



ISPARTA  
UYGULAMALI BİLİMLER  
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN: 2149-3898

# TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ



ISPARTA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Year:  
Yıl: 2025

Volume:  
Cilt: 26

Issue:  
Sayı: 1

# TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

e-ISSN: 2149-3898

A peer-reviewed international journal, published quarterly (March, June, September, December)  
by Faculty of Forestry at Isparta University of Applied Sciences.

Yılda dört sayı olarak (Mart, Haziran, Eylül, Aralık) yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir.  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından yayınlanmaktadır.

Year/Yıl: 2025, Volume/Cilt: 26, Issue/Sayı: 1

## EDITORIAL BOARD / DERGİ YAYIN KURULU

### Editor-in-chief / Baş editör

Ramazan Özçelik Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

### Editors / Editörler

A. Alper Babalık	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Abdullah Emin Akay	Bursa Technical University, Türkiye
Aylin Güney	İzmir Katip Çelebi University
Ayşe Deligöz	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Bart Muys	University of KU Leuven, Belgium
Carlos Gonzalez-Benecke	Oregon State University, USA
Ebubekir Gündoğdu	Bursa Technical University, Türkiye
Ender Makineci	İstanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye
Esra Bayar	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Fernando Castedo-Dorado	University of León, Spain
Hazan Alkan Akıncı	Artvin Çoruh University, Türkiye
İbrahim Özdemir	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
İbrahim Turna	Karadeniz Technical University, Türkiye
İ. Emrah Dönmez	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Kathryn Arano Gazal	West Virginia University, USA
Mehmet Korkmaz	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Mustafa Avcı	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Nicklas Jansson	Linköping University, Sweden
Onur Alkan	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Oytun Emre Sakıcı	Kastamonu University, Türkiye
Serkan Gülsoy	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Stephen Woodward	University of Aberdeen, Scotland (Emeritus)
Şirin Dönmez	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Taner Okan	İstanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye
Tuğba Yılmaz Aydın	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Uzay Karahalil	Karadeniz Technical University, Türkiye
Yusuf Serengil	İstanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye

### Layout editor / Dizgi editörü

Süleyman Uysal Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

### Publisher / Yayıncı kuruluş

Isparta University of Applied Sciences  
Faculty of Forestry

### Contact / İletişim

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Orman Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye  
Phone : +90 246 214 6500  
Fax : +90 246 214 6599  
Web : <http://dergipark.org.tr/tjf>  
E-mail : [turkjfor@isparta.edu.tr](mailto:turkjfor@isparta.edu.tr)

# TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

e-ISSN: 2149-3898

A peer-reviewed international journal, published quarterly (March, June, September, December)  
by Faculty of Forestry at Isparta University of Applied Sciences.

Yılda dört sayı olarak (Mart, Haziran, Eylül, Aralık) yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir.  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından yayınlanmaktadır.

Year/Yıl: 2025, Volume/Cilt: 26, Issue/Sayı: 1

Turkish Journal of Forestry is an online, open access, peer-reviewed, international research journal. Language of the journal is English and Turkish. It publishes four issues a year. It covers subject areas related to forest engineering, forest products engineering, wildlife ecology and management and landscape architecture. Authors should only submit original work, which has not been previously published and is not currently considered for publication elsewhere. Research papers will be given priority for publication while only a limited number of review papers are published in a given issue. It is indexed in ULAKBIM TR Index, CAB Abstracts, DOAJ, Zoological Records, Open Academic Journals Index (OAJI), Cite Factor, Index Copernicus and Cosmos Index. Turkish Journal of Forestry is the official journal of Faculty of Forestry, Isparta University of Applied Sciences. It was previously published under the title "Süleyman Demirel University Faculty of Forestry Journal" between 2000 and 2014.

Turkish Journal of Forestry online ve açık erişimli yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Dergi dili İngilizce ve Türkçe'dir ve yılda dört sayı yayınlanmaktadır. Orman mühendisliği, orman endüstri mühendisliği, peyzaj mimarlığı ve yaban hayatı ekolojisi ve yönetimi çalışma konularında bilimsel makaleler yayınlamaktadır. Dergimize gönderilen makalelerin daha önce yayınlanmamış orijinal çalışmalar olması gerekmektedir. Orijinal araştırmaya dayalı çalışmalara öncelik verilmekte, sınırlı sayıda derleme makale yayınlanmaktadır. Dergimiz ULAKBİM TR Dizin, CAB Abstracts, DOAJ, Zoological Records, Open Academic Journals Index (OAJI), Cite Factor, Index Copernicus, Cosmos Index'te taranmaktadır. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesinin resmi yayını olan Turkish Journal of Forestry, 2000-2014 yılları arasında "Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A" adıyla yayınlanmıştır.

CONTENTS

Research

- A case of non-metric multidimensional scaling of alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) and gamma ( $\gamma$ ) biological diversity across the diverse forest habitats  
*Mehedi Hasan Rakib, Mohd Imran Hossain Chowdhury, Chinmoy Das, Tonima Hossain*..... 1-11
- A new distribution area of the *Ophrys isaura* Renz & Taubenheim in Türkiye and some ecologic characteristics  
*Ebru Hatice Tıǧlı Kaytanlıoğlu, Hüseyin Fakir, Serkan Gülsoy*..... 12-19
- New records for the association between eulophid parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) and gall wasps (Hymenoptera: Cynipoidea: Cynipidae and Diplolepididae)  
*Özlem Mete, Musa Tataroğlu, Yusuf Katılmış* ..... 20-24
- Generation of digital terrain models using different geospatial measurement technologies: A comparative analysis of the terrain data sets  
*Ali Karaca, Ender Buğday*..... 25-35
- Sustainable resin management strategies for Türkiye's *Pinus brutia* Ten. Forests: An A'WOT analysis  
*İnci Çağlayan* ..... 36-44
- Investigation of different fasteners in roof truss elements in the woodworking industry  
*Ramazan Bülbül, Hasan Özgür İmirzi, Nihat Döngel, Musa Kaya, Nurettin Gökbulut, İbrahim Pazarkaya, Emin Berk Kaya, Mert Arslan*..... 45-54
- Investigation of the impact of adjustable workstations on ergonomic performance and worker health in furniture assembly  
*Kadir Özkaya, Abdullah Cemil İlçe, Olcay Polat* ..... 55-64
- Influence of wood grain variations on some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber  
*Elif Duran, Vedat Çavuş*..... 65-76
- Determination of the recreation potential of Kovada Lake National Park  
*Merve Nur Çağlayan* ..... 77-86
- Analyzing green-blue infrastructures using geographical information systems and remote sensing: A case study of Isparta  
*Elif Ela Nur Yavuz, Seda Örücü* ..... 87-96
- Biotope mapping in protected areas in the example of Belemedik Nature Park  
*Gamze Karadaş, Nuriye Say*..... 97-104

Review

- Development of Anatolian cedar forests from the last glacial maximum to the present based on fossil and modern pollen data  
*Mustafa Doğan*..... 105-119

## İÇİNDEKİLER

### Araştırma

- Farklı orman habitatlarında alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ve gama ( $\gamma$ ) biyoçeşitliliği üzerine metrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme analizi örneği  
*Mehedi Hasan Rakib, Mohd Imran Hossain Chowdhury, Chinmoy Das, Tonima Hossain*..... 1-11
- *Ophrys isaura* Renz & Taubenheim'in Türkiye'de yeni bir yayılış alanı ve bazı ekolojik özellikleri  
*Ebru Hatice Tıgılı Kaytanlıoğlu, Hüseyin Fakir, Serkan Gülsoy*..... 12-19
- Eulophid parazitoidler (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) ve gal arıları (Hymenoptera: Cynipoidea: Cynipidae ve Diplolepididae) arasındaki ilişkiye dair yeni kayıtlar  
*Özlem Mete, Musa Tataroğlu, Yusuf Katılmış* ..... 20-24
- Farklı coğrafi ölçüm teknolojilerini kullanarak sayısal arazi modellerinin üretilmesi: Arazi veri setlerinin karşılaştırmalı analizi  
*Ali Karaca, Ender Buğday*..... 25-35
- Türkiye'nin Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ormanları için sürdürülebilir reçine yönetim stratejileri: A'WOT analizi  
*İnci Çağlayan* ..... 36-44
- Ağaç işleri endüstrisindeki çatı makası elemanlarında farklı bağlantı elemanlarının araştırılması  
*Ramazan Bülbül, Hasan Özgür İmirzi, Nihat Döngel, Musa Kaya, Nurettin Gökbulut, İbrahim Pazarkaya, Emin Berk Kaya, Mert Arslan*..... 45-54
- Mobilya montajında ayarlanabilir iş istasyonlarının ergonomik performans ve işçi sağlığı üzerindeki etkisinin araştırılması  
*Kadir Özkaya, Abdullah Cemil İlçe, Olcay Polat*..... 55-64
- Tabakalı kaplama kerestede lif yönü değişkenliğinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi  
*Elif Duran, Vedat Çavuş*..... 65-76
- Kovada Gölü Milli Parkı'nın rekreasyon potansiyelinin belirlenmesi  
*Merve Nur Çağlayan* ..... 77-86
- Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama kullanarak mavi-yeşil altyapıların analizi: Isparta örneği  
*Elif Ela Nur Yavuz, Seda Örücü* ..... 87-96
- Belemelik Tabiat Parkı örneğinde korunan alanlarda biyotop haritalama  
*Gamze Karadaş, Nuriye Say*..... 97-104

### Derleme

- Anadolu sedir ormanlarının son buzul maksimumundan günümüze fosil ve güncel polen verilerine göre gelişimi  
*Mustafa Doğan* ..... 105-119

## A case of non-metric multidimensional scaling of alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) and gamma ( $\gamma$ ) biological diversity across the diverse forest habitats

Mehedi Hasan Rakib<sup>a,\*</sup>, Mohd Imran Hossain Chowdhury<sup>a</sup>, Chinmoy Das<sup>a</sup>, Tonima Hossain<sup>a</sup>

**Abstract:** The ecological intricacies that govern biodiversity is an essential understanding for the effective conservation of natural ecosystems. The study examines the impact of different forest habitats i.e. forests, rivers, and tourist areas on biodiversity across trees, birds, mammals, reptiles, and invertebrates. Field data were collected from 90 plots using various methods, such as quadrat sampling for trees, circular strip transects for aves, and live trapping for mammals and reptiles. Biodiversity indices (alpha, beta, gamma) were analyzed using the R programming environment, employing the vegan and iNEXT packages. Results revealed significant differences in species richness and composition among habitats. Forests exhibited high alpha diversity indices, with values of 86 for trees, 104 for aves, and 46 for mammals. River-associated forests showed increased species richness and evenness, with notable beta diversity, especially for invertebrates. Conversely, tourist areas displayed reduced species richness and slightly lower alpha diversity indices for trees and invertebrates. The Shannon diversity index was highest for trees (3.60) and lowest for invertebrates (1.00), highlighting the negative impact of human activities in tourist areas. Games-Howell tests and NMDS confirmed significant variation in species distributions between habitats, with rarefaction curves indicating the highest richness in forests. The study also linked conservation efforts, such as reforestation and anti-poaching activities, to improvements in biodiversity. Recommendations include prioritizing the protection of high-biodiversity areas, habitat restoration, ongoing monitoring, public education, and strict enforcement of environmental policies. These strategies are essential for enhancing biodiversity conservation and maintaining ecological integrity. The findings provide critical insights into the relationship between habitat types and biodiversity, supporting effective conservation and management practices.

**Keywords:** Biodiversity, iNEXT, Kaptai National Park, Forest ecology, NMDS, Rarefaction

## Farklı orman habitatlarında alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ve gama ( $\gamma$ ) biyoçeşitliliği üzerine metrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme analizi örneği

**Öz:** Doğal ekosistemlerin etkin korunabilmesi için biyoçeşitliliği yöneten ekolojik inceliklerin anlaşılması önem arz etmektedir. Bu çalışma, ormanlar, nehirler ve turistik alanlar gibi farklı orman habitatlarının ağaçlar, kuşlar, memeliler, sürüngenler ve omurgasızlar arasındaki biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkisini incelemektedir. Saha verileri, ağaçlar için kare örneklem, kuşlar için dairesel şerit transektler ve memeliler ve sürüngenler için canlı yakalama gibi çeşitli yöntemler kullanılarak 90 parselden toplanmıştır. Biyoçeşitlilik endeksleri (alfa, beta, gama) R programlama ortamı kullanılarak vegan ve iNEXT paketleri ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, habitatlar arasında tür zenginliği ve kompozisyonunda önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Ormanlar, ağaçlar için 86, kuşlar için 104 ve memeliler için 46 değerleriyle yüksek alfa çeşitlilik endeksleri sergilemiştir. Nehirle ilişkili ormanlar, özellikle omurgasızlar için kayda değer beta çeşitliliği ile birlikte artan tür zenginliği göstermiştir. Buna karşılık, turistik alanlar, ağaçlar ve omurgasızlar için tür zenginliğinde azalma ve biraz daha düşük alfa çeşitliliği endeksleri göstermiştir. Shannon çeşitlilik endeksi ağaçlar için en yüksek (3.60) ve omurgasızlar için en düşük (1.00) değerde olup, turistik bölgelerdeki insan faaliyetlerinin olumsuz etkisini vurgulamaktadır. Habitatlar arasındaki tür dağılımlarında önemli bir varyasyon olduğunu doğrulamış, seyrekleşme eğrileri ise en yüksek zenginliğin ormanlarda olduğunu göstermiştir. Çalışma ayrıca ağaçlandırma ve kaçak avcılıkla mücadele faaliyetleri gibi koruma çabalarını biyoçeşitlilikteki iyileşmelerle ilişkilendirmiştir. Öneriler arasında yüksek biyoçeşitliliğe sahip alanların korunmasına öncelik verilmesi, habitat restorasyonu, sürekli izleme, halk eğitimi ve çevre politikalarının sıkı bir şekilde uygulanması yer almaktadır. Bu stratejiler biyolojik çeşitliliğin korunması ve ekolojik bütünlüğün sürdürülmesi için elzemdir. Bulgular, habitat türleri ve biyoçeşitlilik arasındaki ilişkiye dair kritik bilgiler sunarak etkili koruma ve yönetim uygulamalarını desteklemektedir.

**Anahtar kelimeler:** Biyoçeşitlilik, iNEXT, Kaptai Milli Parkı, Orman ekolojisi, NMDS, Seyreltme

### 1. Introduction

Kaptai National Park (KNP) is a vital protected area in Bangladesh's Kaptai Upazila of the Rangamati Hill District, spanning 5,464.78 hectares. Established in 1999, the park

aims to protect its rich biodiversity (Rahman et al., 2020), which has been threatened by human activities and environmental changes. The transition of the Kaptai forest into a national park brought stricter regulations, causing tension between the local communities, who depend on the forest for their livelihoods, and park managers (Ahsan and Haidar, 2017; Hasan et al., 2023). This situation illustrates

✉ <sup>a</sup> Institute of Forestry and Environmental Sciences, University of Chittagong, Bangladesh

@ <sup>\*</sup> Corresponding author (İletişim yazarı): rakib.ifescu@gmail.com

✓ Received (Geliş tarihi): 29.09.2024, Accepted (Kabul tarihi): 16.12.2024



**Citation (Atıf):** Rakib, M.H., Chowdhury, M.I.H., Das, C., Hossain, T., 2025. A case of non-metric multidimensional scaling of alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), and gamma ( $\gamma$ ) biological diversity across the diverse forest habitats. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 1-11.

DOI: [10.18182/tjf.1558035](https://doi.org/10.18182/tjf.1558035)

the delicate balance between conservation efforts and the needs of local people, emphasizing the importance of collaborative management strategies. Historically, Kaptai National Park was known as the Sitapahar Reserve, covering 14,448 acres (Abdullah et al., 2022; Chowdhury et al., 2018). Local communities used this land for subsistence until the 1960s when the Kaptai hydroelectric dam was built, displacing thousands of people to the forest's outskirts and interior. These communities relied on the forest for agriculture, fishing, bamboo and handloom crafts, and jhum cultivation (a traditional form of shifting agriculture), increasing pressure on forest resources. The situation worsened in 1975 due to armed conflicts between local tribes and the Bangladesh government. In response, the government designated the area as Kaptai National Park in 1999 to protect the forest by limiting human activities. While crucial for conservation, this move restricted local communities' access to forest resources, leading to tensions (Abdullah et al., 2018; Chowdhury et al., 2019). To address these conflicts, Bangladesh adopted a forest co-management system that involves local communities in decision-making, recognizing their essential role in conservation. As of 2016, 17 of Bangladesh's 49 protected areas operate under co-management frameworks, with Kaptai National Park being a key example (Rahman et al., 2017a). This approach aims to balance ecological preservation with the socio-economic needs of forest-dependent populations, fostering cooperation and shared stewardship.

Kaptai National Park features mixed evergreen forests, diverse wildlife, and significant water bodies, including Kaptai Lake and the Karnaphuli River. These natural resources support the park's biodiversity and provide essential services to residents (Reza, 2010; Reza and Perry, 2015). The park's moist tropical climate, characterized by high annual rainfall and a pronounced monsoon season, influences its ecological dynamics and management Challenges. The Park's biodiversity is remarkable, with a variety of plant and animal species. The plant life includes teak (*Tectona grandis*), garjan (*Dipterocarpus turbinatus*), and several bamboo (*Bambusa sp.*) and cane (*Saccharum sp.*) species. The fauna includes numerous bird species like sparrows (*Passer domesticus*), egrets (*Ardea alba*), and kingfishers (*Alcedo atthis*), and mammals such as elephants (*Elephas maximus*), barking deer (*Muntiacus muntjak*), and gibbons (*Hylobatidae sp.*) (Hasan, et al., 2023; Miah et al., 2023; Reza, 2010; Reza and Perry, 2015). The park's aquatic ecosystems, especially Kaptai Lake, support a significant fish population, vital for many local residents' livelihoods. The management of Kaptai National Park has evolved to address both conservation and community needs. The Integrated Protected Area Co-management (IPAC) project, launched in 2009, integrates local communities into the park's stewardship (Chakraborty et al., 2021; Nolan and Callan, 2006; Rahman et al., 2017b; Smith et al., 2020). This project promotes the sustainable use of resources while protecting

the park's ecological integrity, aiming to resolve conflicts and enhance conservation efforts. Kaptai National Park exemplifies the broader challenges and opportunities in conservation management. Its journey from a reserved forest to a contested protected area, and finally to a co-managed park, reflects ongoing efforts to balance human needs with ecological preservation. By involving local communities in management, the park aims to achieve a sustainable balance, ensuring the protection of its invaluable biodiversity while supporting the livelihoods of those who depend on its resources (Alam et al., 2019; Chowdhury et al., 2018; Rahman et al., 2020; Uddin et al., 2020).

This study aims to assess biodiversity across different forest habitats within Kaptai National Park, Bangladesh, employing tailored ecological methods. It focuses on quantifying species richness, abundance, and diversity indices for trees, birds, mammals, reptiles, and invertebrates in the general forest, river-associated, and tourist-associated areas. Utilizing rigorous sampling techniques like quadrat sampling, transect surveys, live trapping, and pitfall traps, the research aims to elucidate biodiversity patterns influenced by habitat types and human activities. Statistical analyses using R programming will evaluate these patterns, correlating biodiversity metrics with conservation efforts. Ultimately, this study seeks to inform habitat-specific conservation strategies crucial for preserving Kaptai National Park's rich biodiversity amidst environmental and anthropogenic pressures.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Study region

Kaptai National Park, established in 1999, is a major national park in Bangladesh, located in the Rangamati district and covering a vast 5,464.78 hectares (Rahman et al., 2020). It is part of the Rangamati Hill Tracts (South) Forest Division, which was formed by splitting the Chittagong Hill Tracts Forest Division. The Park includes six forest reserves and is also part of the Rampahar Reserve Forest of the Chittagong South Forest Division. Geographically, it is situated in the Kaptai Upazila of the Rangamati Hill Tract district, northeast of Chittagong city. The Park is divided into two forest ranges: the Kaptai Range and the Karnaphuli Range. It lies between the geographical coordinates of 20°30'1.3" N and 22°10'18.2" N latitude, and 92°10'11.9" E and 92°17'0" E longitude (Chowdhury et al., 2018; Dutta et al., 2015; Sharashy, 2022).

KNP stands out for its diverse flora and fauna and plays a crucial role in the conservation of the region's rich biodiversity (Das et al., 2016). Its establishment was aimed at protecting this biodiversity from threats posed by human activities and environmental changes, ensuring the park remains a haven for numerous plant and animal species (Sharashy, 2022).

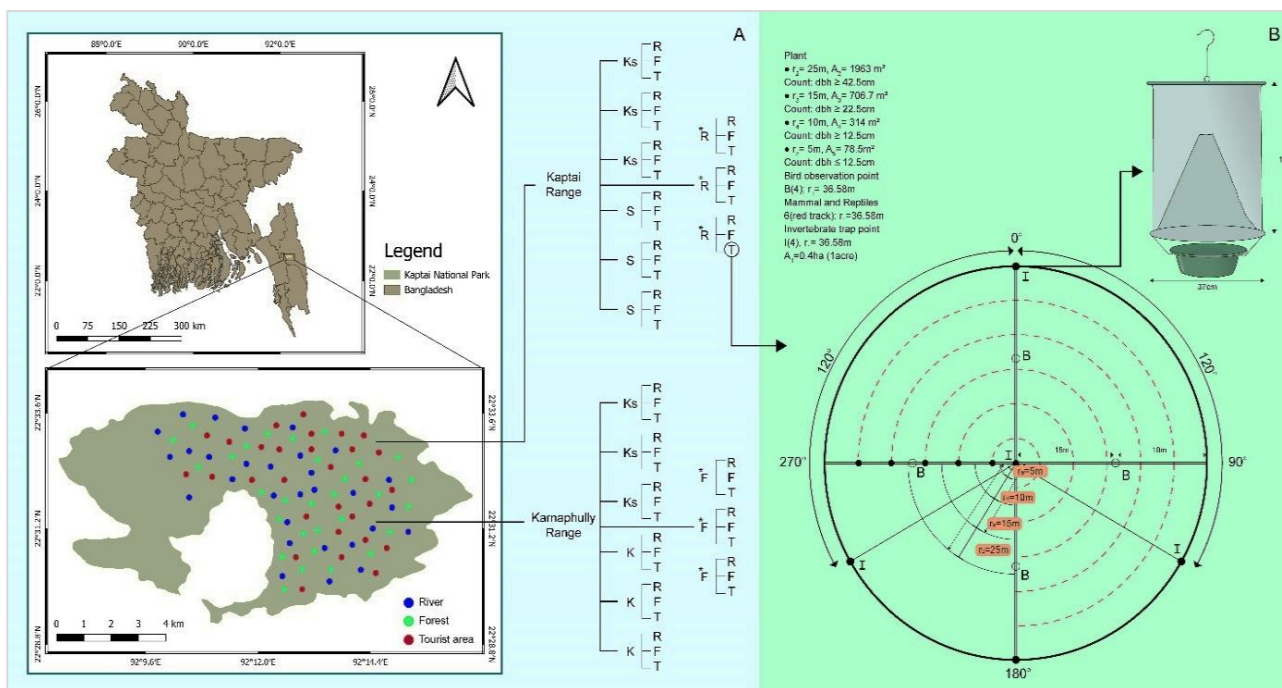


Figure 1. Biodiversity study in Kaptai National Park, Bangladesh: survey locations and methodological overview

### 2.2. Sampling design and biodiversity sampling

In ecological research, various methods are employed to effectively study different species groups. The top-left section of the map (Figure 1) illustrates the geographic location of the park within the country, with an inset showing key ecological features such as forests (green areas), tourist zones (red dots), and rivers (blue dots). Sampling took place in two main ranges: the Kaptai Range and the Karnaphully Range. These areas were further divided into three ecological zones—river-associated (R), forest-associated (F), and tourist-associated (T)—to capture biodiversity variations across different environments (Scherer et al., 2023). The study ensured a comprehensive representation of biodiversity by sampling a variety of ecological niches (Karl et al., 2024).

The research uses a multi-scale sampling strategy to assess biodiversity in Kaptai National Park. Plant sampling is organized into quadrats of varying sizes depending on species and size classes. For trees with a diameter at breast height (DBH) of  $\geq 42.5$  cm, a 25 m radius ( $A = 1963 \text{ m}^2$ ) is used (Scherer et al., 2021). This larger plot size is designed to capture mature, large trees and ensure the sampling area is large enough to account for the spatial distribution of such individuals (Yousefiard et al., 2024). For smaller trees with  $\text{DBH} \geq 22.5$  cm, a 15 m radius ( $A = 706.7 \text{ m}^2$ ) is applied (Mahata et al., 2024), providing a more appropriate scale for mid-sized trees while still encompassing a sufficient number of individuals (Bredemeier et al., 2007). For those with  $\text{DBH} \geq 12.5$  cm, a 10 m radius ( $A = 314 \text{ m}^2$ ) is used, which is suitable for smaller trees and saplings that require less area for accurate representation. Saplings and smaller plants are sampled within a 5 m radius ( $A = 78.5 \text{ m}^2$ ), appropriate for capturing young plants with smaller spatial distributions (Scherer et al., 2021). These nested plot sizes ensure accurate sampling of all plant categories, from mature trees to saplings, and are designed to be flexible enough for different species.

Bird observation points are placed at a radius of 36.58 m, enabling effective surveying of avian species within a standardized area. The larger radius helps to encompass a broader view of the habitat, improving the likelihood of detecting bird species across the varied ecological zones. Mammal and reptile sampling involves tracking (with a radius of 36.58 m) to record signs of their presence, such as footprints or droppings. This radius is sufficient to capture a wide range of mammal and reptile species, which may have larger home ranges. Invertebrates, including insects, are monitored using pitfall traps within the same radius. Each trap point follows a 36.58 m radius as well, ensuring consistent data collection across all species groups.

To maintain consistency, the total sampling area is standardized to 0.4 ha (1 acre) across all ecological zones, ensuring comparability and uniformity of data across plant, bird, mammal, reptile, and invertebrate sampling. This standardization facilitates precise biodiversity and ecological assessments in the study area.

Sampling methods for different species groups were tailored accordingly. Plant sampling, including trees, shrubs, and herbs, used 25 m<sup>2</sup> circular plots to ensure standardized data collection. In each plot, species composition, tree height, DBH, and canopy coverage were recorded. Herbaceous plants were assessed within 1 m<sup>2</sup> subplots within the larger quadrats. This method allows for detailed assessments of herbaceous diversity while minimizing disturbance to larger trees. Bird surveys were conducted using circular strip transects, with observation points at the center of circles with radii of 12.5 m and 25 m, enabling systematic monitoring of bird species across different habitats. The combination of these varied plot sizes ensures a comprehensive approach to biodiversity assessment, covering different plant and animal groups across a range of spatial scales (Figures 1).



2.3. Data analysis

The study focused on assessing biodiversity across three different forest habitats. Forest areas were defined as regions within a meter of the buffer zone, river-associated forest areas as 30 meters from the river's edge, and tourist-associated forest areas included all relevant sections. Data were systematically collected from 90 plots (Brockerhoff et al., 2017; Rahman et al., 2016; Reza, 2010; Reza and Perry, 2015; Scherer et al., 2021), with each habitat containing 6 plots for each group of species (trees, birds, mammals, reptiles, and invertebrates), resulting in a total of 18 plots per group (Figure 1). The data were analyzed using the R programming environment. Biodiversity indices such as abundance, evenness, and the Shannon and Simpson indices (Table 1) were calculated using the vegan package (Miah et al., 2023; Nolan and Callan, 2006). Visualizations were created using the ggplot2 package, and the Games-Howell and Welch tests were applied to generate violin plots that illustrate biodiversity variations across habitats while accounting for variation in plot size. Further statistical analysis was conducted using the iNEXT package, including one-way ANOVA to explore biodiversity differences. The study also examined the impact of conservation efforts by correlating diversity metrics with factors like reforestation projects and anti-poaching patrols (Smith et al., 2020) following methodological framework in Figure 2.

Preliminary results showed significant differences in biodiversity among the habitats, with river-associated forests exhibiting higher species richness and evenness, likely due to their proximity to water bodies. These findings highlight the importance of tailored conservation strategies and emphasize the need for habitat-specific management practices to enhance biodiversity conservation effectively.

3. Results

3.1. Comparison of site alpha, beta, and gamma diversity

In examining the tree communities across forest, river, and tourist areas, the study found that the distribution of tree species was quite uniform. The evenness analysis revealed no significant differences between these habitats, with p-values of 0.319 across the habitats. This means that tree species are spread out similarly in all three habitats. When looking at diversity indices, both forest and river habitats had an alpha diversity index of 86 (Majumdar et al., 2014), while the tourist area was slightly lower at 84. This indicates a consistent number of unique tree species in each habitat, with the tourist area having just a bit less diversity. The beta diversity index, which measures differences in species composition between habitats using Bray-Curtis dissimilarity, showed moderate to significant differences. This means that while the number of species might be similar, the actual types of species vary between the habitats. Overall, the gamma diversity index, which considers unique species across all habitats, was 46. This suggests a moderate level of species uniqueness across the different environments, indicating a fair amount of diversity within the tree populations studied (Figure 3).

Table 1. Equation used in the analysis

No.	Equation
1.	$\alpha_{rft} = \sum \text{Abundance } \alpha_{rft}$
2a.	$\beta_{r-f} = \sum A_r \sim A_f \mid \beta_{r-f} = \sum \mid A_r \sim A_f \mid$
2b.	$\beta_{r-t} = \sum A_r \sim A_t \mid \beta_{r-t} = \sum \mid A_r \sim A_t \mid$
2c.	$\beta_{f-t} = \sum A_f \sim A_t \mid \beta_{f-t} = \sum \mid A_f \sim A_t \mid$
3.	$\gamma = (S_r \cup S_t \cup S_f)$
4.	$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln p_i ; J' = \frac{H}{\ln S}$

Note: Equations used in this analysis of biodiversity. Where, S = species, A = abundance, f = forest area, r = river associated forest area, t = tourist associated with forest, S is the number of species, Shannon-Wiener index  $H'$  (Colwell, 2009; Magurran, 1988; Simpson, 1949),  $J'$  is Pielou's evenness index (Pielou, 1966), and  $p_i$  is the proportion of individuals in the  $i^{th}$  species. 1 to 3 equations are used for data analysis for this study

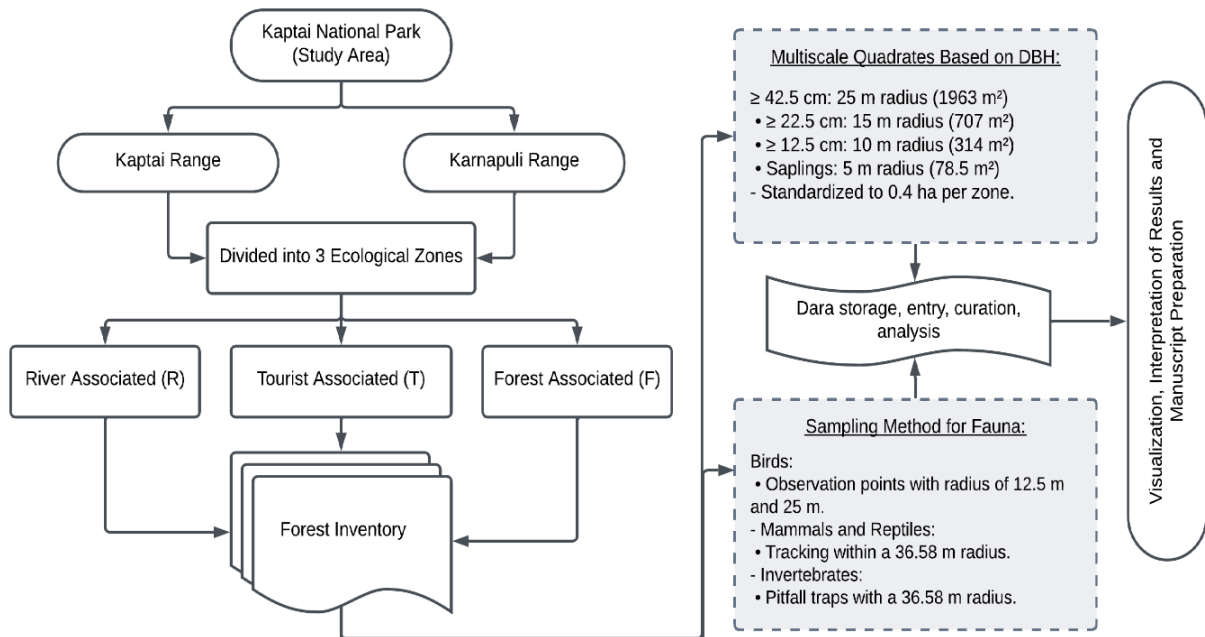


Figure 2. Methodological framework of the study

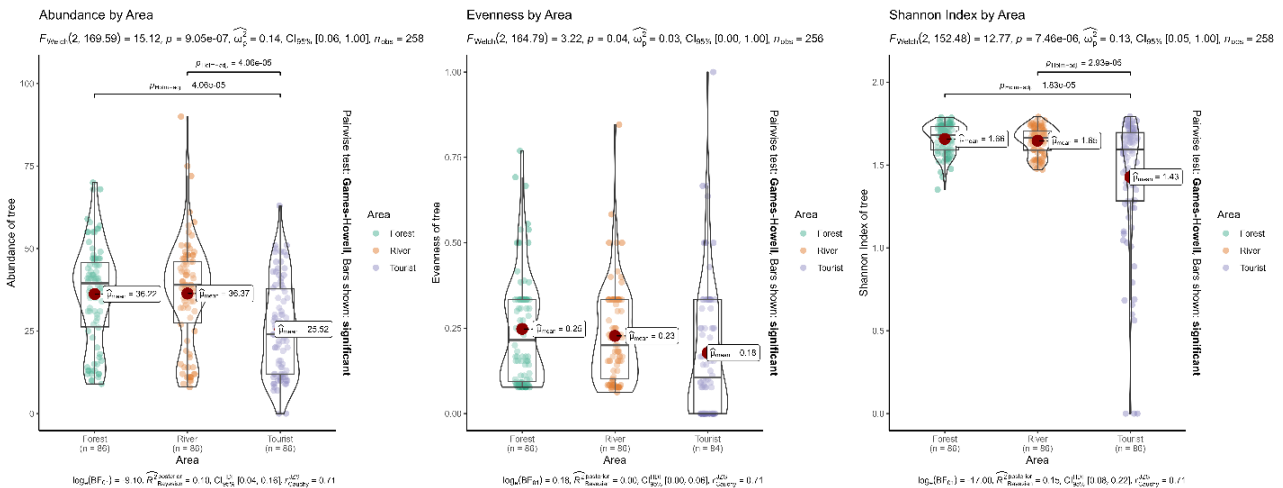


Figure 3. Revealing ecological disparities in tree abundance, evenness, and Shannon Index across Forest, River, and Tourist areas. An F-test ( $F_{Welch}(2, 2)$ ) indicates significant differences among the areas. Pairwise comparisons using the Games-Howell test reveal significant distinctions. Additionally, Bayesian analysis is incorporated, with log Bayes Factors (log (BF)) providing strong evidence for differences between the areas

In the bird section, the evenness of species across river, forest, and tourist areas showed no significant differences, with a p-value of 0.318. This means the variation in evenness within each habitat is much greater than any differences between them. When looking at diversity indices, the forest had an alpha diversity index of 104 for unique species, while both the river and tourist habitats were at 105, indicating a similar number of unique bird species in each habitat. The beta diversity index (Brockerhoff et al., 2017; de Souza Valente et al., 2020; Głowacka and Flis-Olszewska, 2022), using Bray-Curtis dissimilarity, showed moderate to high differences in species composition between the habitats, indicating noticeable differences in the types of species present. Overall, the gamma diversity index for unique species across all habitats was 51, suggesting a rich variety of bird species (Figure 4).

In the mammal section, the evenness of species across different habitats—river, forest, and tourist areas—showed no significant differences ( $P = 0.32$ ). The alpha diversity index for unique species was consistent at 46 for all habitats, indicating a similar number of unique mammal species in each area. The beta diversity index, calculated using Bray-Curtis dissimilarity, showed moderate to high differences in species composition between the habitats, meaning there are noticeable differences in the types of species present in each habitat (Dutta and Hossain, 2016; Kessler et al., 2009). Overall, the gamma diversity index for unique species across all habitats was 9, suggesting a limited number of unique species. These results indicate a relatively uniform distribution of mammal species across the surveyed habitats, with minimal variation in species evenness (Figure 5).

In the reptile section of the study shows that the evenness of species across different habitats—river, forest, and tourist areas—was quite similar, with no significant differences (p-values around 0.32). Both the river and forest habitats hosted 45 species each, reflecting a consistent level of alpha diversity. The tourist habitat was slightly less diverse, with

41 species (Mandl et al., 2010; Roy and Bhattacharya, 2023; Uddin et al., 2020). When we looked at beta diversity, which measures differences in species composition between habitats using the Bray-Curtis dissimilarity index, we noticed distinct patterns in species abundance. This means that while the number of species might be similar, the specific species present varied between habitats. The overall diversity, or gamma diversity index, was 12 (Rahman et al., 2017a; Liu et al., 2019; Reza and Perry, 2015; Uddin et al., 2020), indicating a slightly higher total diversity compared to the bird and mammal sections of the study. These results suggest that while the number of species (evenness) is fairly uniform across the different reptile habitats, there are some differences in which species are found where (Figure 6).

In terms of invertebrates, the assessment examines that the evenness of species across rivers, forests, and tourist habitats was quite similar, with no significant differences (p-values around 0.321). This means that species were distributed evenly across these habitats. Both the river and forest habitats had 35 species each, reflecting their alpha diversity, while the tourist habitat had slightly fewer species, with 33 (Reza, 2010). When we looked at beta diversity using the Bray-Curtis dissimilarity matrix, we observed differences in species composition between the habitats. This analysis highlighted unique patterns in species abundance and showed that the community structures varied among the habitats. The gamma diversity index, which represents the total number of unique species across all habitats was 3 (Majumdar et al., 2014; Rahman et al., 2011). This indicates a relatively low overall diversity compared to other sections of the study. These findings suggest that while species distribution is quite uniform across different invertebrate habitats, the specific species present and their community structures differ (Figure 7). Overall, these findings suggest that while there are no significant differences in evenness among habitats, there are notable differences in species composition, indicating varied community structures across the studied invertebrate habitats.

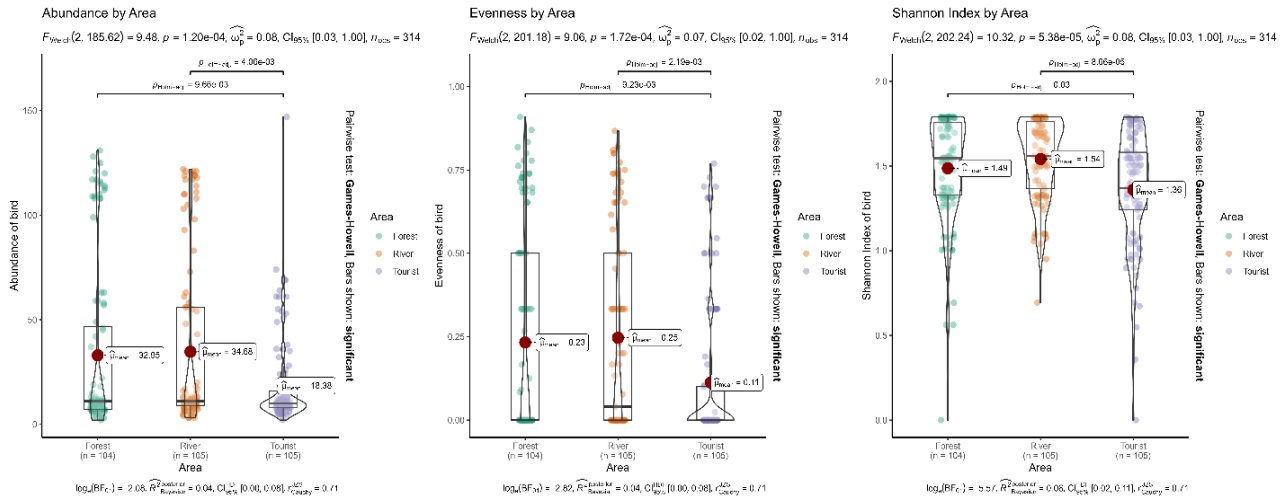


Figure 4. Revealing ecological disparities in bird abundance, evenness, and Shannon index across Forest, River, and Tourist areas. An F-test ( $F_{Welch}(2,2)$ ) indicates significant differences among the areas. Pairwise comparisons using the Games-Howell test reveal significant distinctions. Additionally, Bayesian analysis is incorporated, with log Bayes Factors ( $\log(BF)$ ) providing strong evidence for differences between the areas.

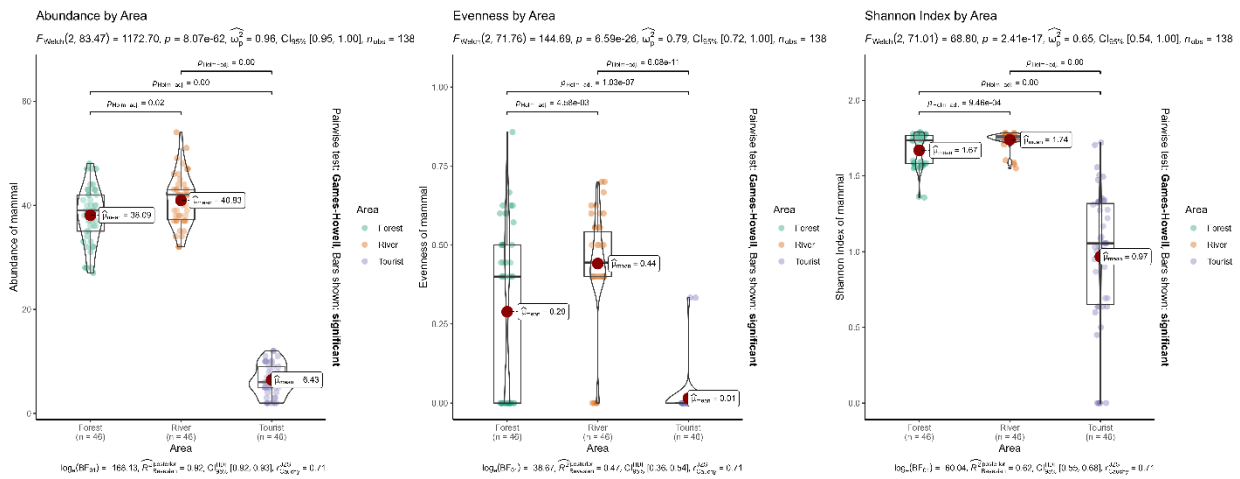


Figure 5. Uncovering ecological variations in mammal abundance, evenness, and Shannon index across Forest, River, and Tourist areas. An F-test demonstrates significant disparities among these areas. The Games-Howell test further identifies significant differences through pairwise comparisons. Moreover, Bayesian analysis is used, with log Bayes factors ( $\log(bf)$ ) offering robust evidence of these differences.

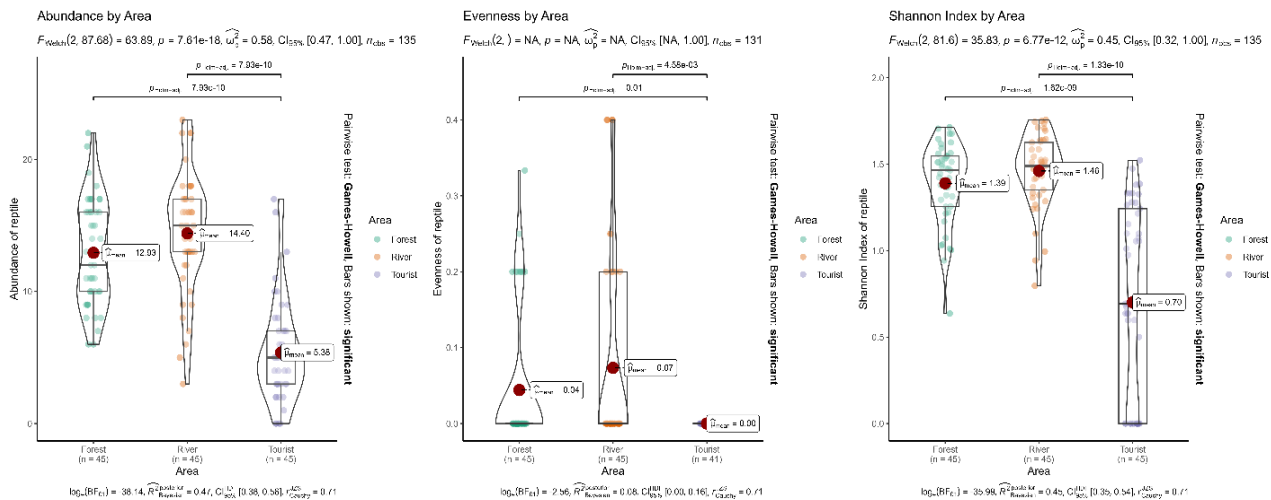


Figure 6. Highlighting ecological differences in reptile abundance, evenness, and Shannon index across Forest, River, and Tourist Areas. An F-test shows significant variations among the areas. The Games-Howell test conducts pairwise comparisons that identify clear differences. Additionally, Bayesian analysis is employed, with log Bayes Factors ( $\log(BF)$ ) indicating substantial evidence of these differences.

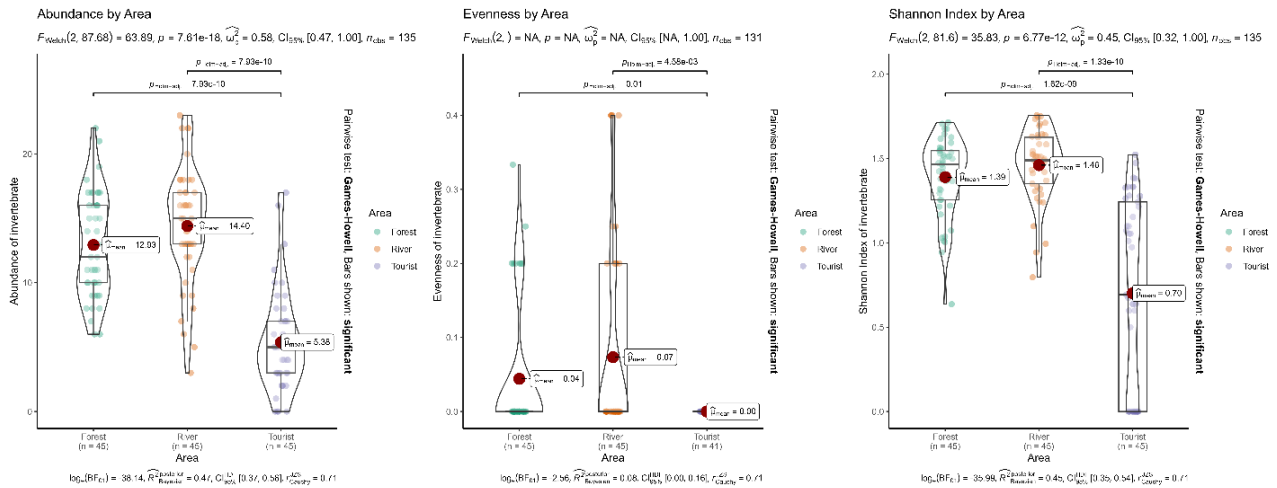


Figure 7. Exploring differences in invertebrate abundance, evenness, and diversity in forest, river, and tourist areas. An F-test shows significant differences between these areas. The Games-Howell test identifies important distinctions through pairwise comparisons. Also, Bayesian analysis with log Bayes factors strongly supports these differences.

3.2. Comparative analysis across habitats

The tree forests in our study show the highest levels of species abundance, evenness, and Shannon index, indicating a well-balanced distribution of species. On the other hand, the tourist area has the lowest scores in these metrics, which might be due to environmental stress or human impact. The forests near rivers have lower evenness compared to the main forest area, suggesting a less uniform distribution of trees in these regions (Mohd-Taib et al., 2020; Pozo and Säumel, 2018). For birds, mammals, and reptiles, the Games-Howell test revealed significant differences between the areas. Specifically, pairwise comparisons showed that the tourist-associated forest area is markedly different from both the river-associated forest area and the tourist area itself. These differences are marked on the plot with brackets and p-values (Rahman et al., 2017a). Furthermore, Bayesian analysis provided log Bayes Factors, offering strong evidence for these differences. The Games-Howell test for invertebrates also indicated significant differences between the habitats. Pairwise comparisons showed that the tourist-associated forest areas are significantly different from the main forest area ( $p = 0.01$ ) and the tourist area ( $p < 0.05$ ). Bayesian analysis reinforced these findings, with log Bayes Factors showing strong evidence for differences:  $-2.56$  for the comparison between forest within river habitats and  $-35.96$  for forest within tourist areas.

Table 2. Shannon and evenness indices of several forest taxonomy groups under biodiversity study.

Biological classes	Diversity indices	
	Shannon Diversity	Evenness
Tree	3.60	0.94
Birds	2.44	0.62
Mammals	1.92	0.87
Reptiles	2.39	0.96
Invertebrates	1.00	0.91

\*This table displays Shannon and evenness indices for different taxonomic groups within forest ecosystems, providing insights into species diversity and the evenness of species distribution—key indicators in ongoing biodiversity assessments. Species abundance and evenness are crucial biodiversity metrics. Abundance counts individuals per species, while evenness assesses their distribution. To calculate evenness, use Pielou's index: first, determine each species' proportion  $P_i$  of the total population. Compute the Shannon-Wiener index  $H'$  by summing the products of each  $P_i$  and its natural logarithm. Then, divide  $H'$  by the natural logarithm of the total species count  $S$ . This index reveals how evenly individuals are spread across species.

3.3. Rarefaction of taxonomic groups within habitats

The experiment assessed species richness across trees, birds, mammals, reptiles, and invertebrates in forest, river, and tourist areas using rarefaction curves. The forest habitat boasted the highest species richness, especially among trees, which showed a steep initial increase in the curve, indicating a high diversity even with small sample sizes. Mammals and reptiles also exhibited significant richness, with invertebrates slightly lower (Das et al., 2016). In contrast, the river habitat had notably low invertebrate diversity, evidenced by a steep rarefaction curve. The tourist area showed the highest tree diversity but plateaued quickly (Dutta et al., 2015), suggesting fewer overall species. Birds and invertebrates in tourist areas had comparable but significantly lower richness than in forests, reflecting the negative impact of human disturbance on these habitats.

The rarefaction curves reveal significant differences in species richness among various taxonomic groups and habitats. Forest habitats are highly diverse, especially for trees, and have moderate diversity for mammals and reptiles. River habitats, on the other hand, are particularly rich in mammals, reptiles, and invertebrates (Chowdhury et al., 2019; Das et al., 2016; Rahman et al., 2013). Tourist areas, likely impacted by human activity, generally show reduced species richness across most groups, though trees still maintain considerable diversity. These findings highlight the crucial role of habitat type in determining species diversity and offer valuable insights for conservation efforts aimed at preserving biodiversity (Brockerhoff et al., 2017; de Souza Valente et al., 2020; Rahman et al., 2017b), particularly in forest areas affected by tourism (Figure 8).

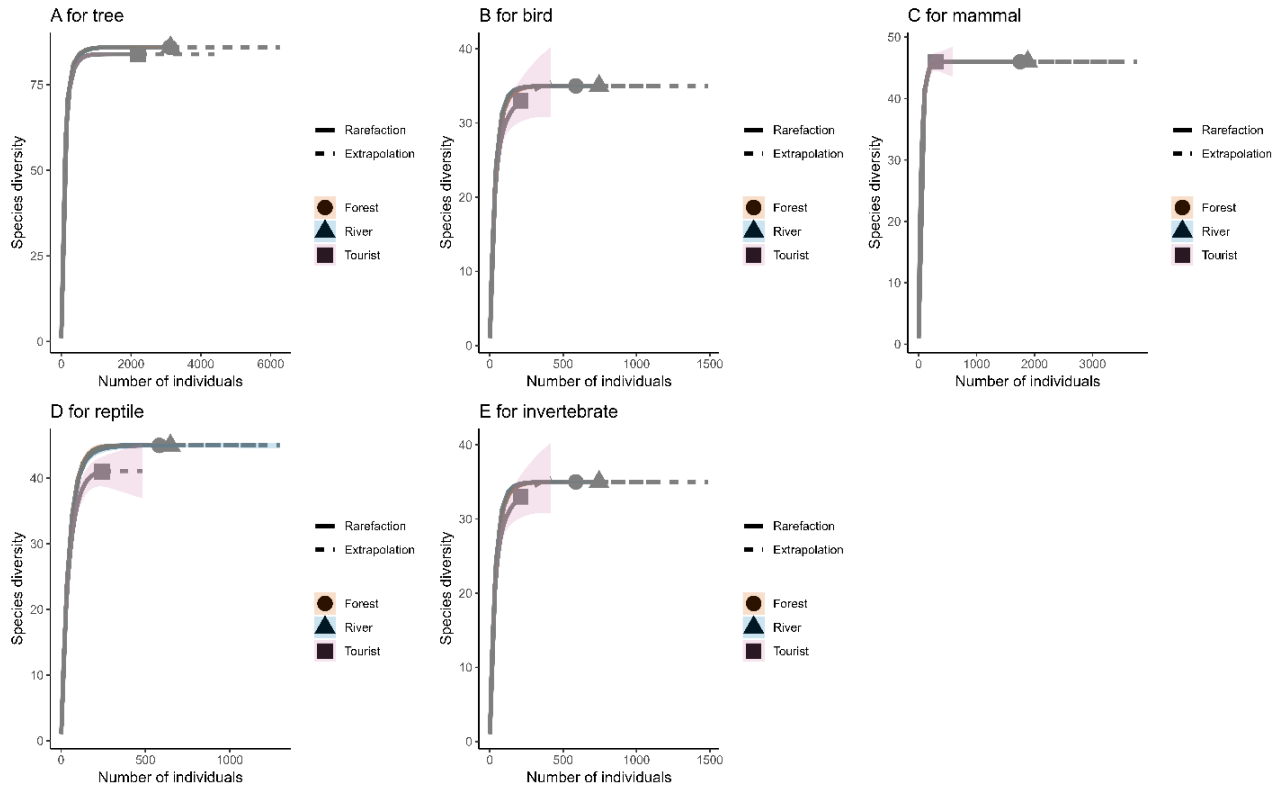


Figure 8. Rarefaction curves for five taxonomic groups (a) trees, b) birds, c) mammals, d) reptiles, and e) invertebrates) across forest, river, and tourist area habitats. The shaded areas represent the 95% confidence intervals. The X-axis shows the number of sequencing strips randomly extracted from a sample, while the Y-axis indicates the number of Shannon indexes constructed, reflecting sequencing depth. Different habitats are represented by different colored curves.

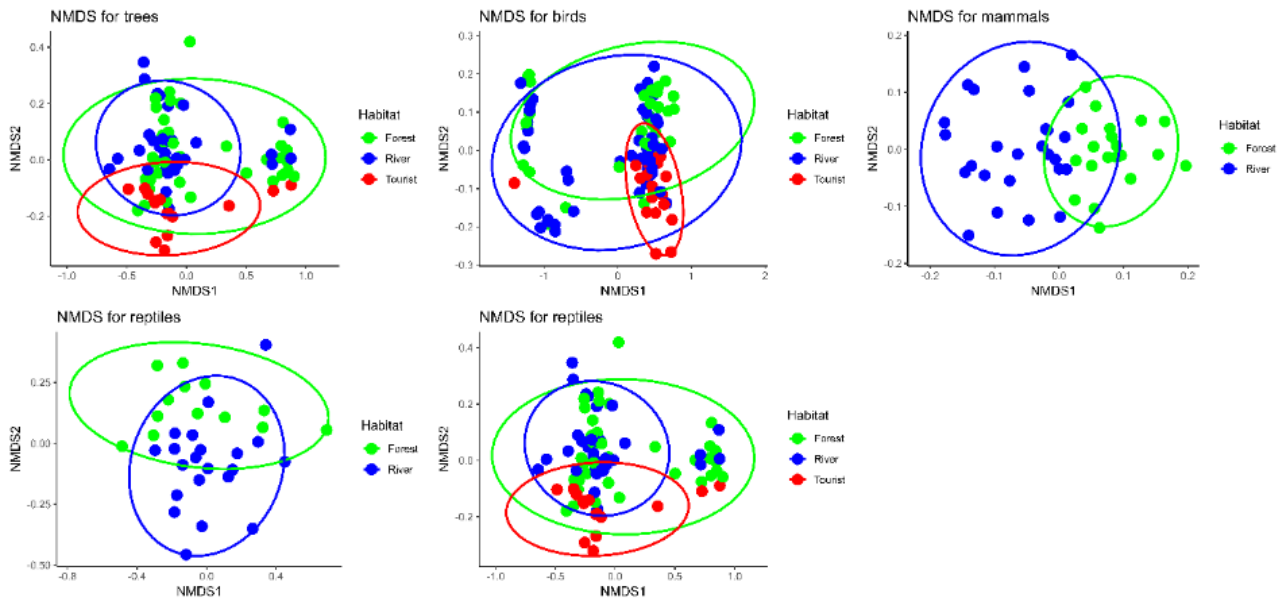


Figure 9. Multidimensional Scaling (NMDS) analysis: comparing three habitats with loss of maximum dimension habitat.

### 3.4. Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) Analysis

To visualize the differences in species composition among five taxonomic groups (trees, birds, mammals, reptiles, and invertebrates) across three distinct habitats (forest, river, and tourist area), we performed an NMDS analysis. In the forest habitat, the NMDS plot (Figure 9) showed a distinct clustering of tree species, indicating a unique composition separate from other habitats, highlighting the specialized nature of forest tree communities (Głowacka and Flis-Olszewska, 2022; Rahman et al., 2017b; Scherer et al., 2023). Mammals and reptiles also formed noticeable clusters, reflecting their adaptation to the forest environment. Birds and invertebrates were more dispersed, suggesting they are more broadly distributed across different habitats. In the river habitat, invertebrates exhibited a unique clustering pattern, indicating their specialization in aquatic environments (Reza, 2010; Reza and Perry, 2015; Roy and Bhattacharya, 2023; Xu et al., 2014), while birds showed moderate clustering, reflecting the diversity of avian species in riverine areas. Trees and mammals were more scattered, showing less distinct species composition than in forests, and reptiles were the least distinct, with a widespread distribution. In the tourist area, species composition differed from forest and river habitats, likely due to human disturbance. Birds and invertebrates showed moderate clustering but were less distinct, and mammals and reptiles had the most dispersed distribution (Uddin et al., 2020), indicating less specialized communities. These findings highlight significant differences in species composition among taxonomic groups and habitats, emphasizing the importance of forest habitats for unique tree and mammal communities, river habitats for invertebrate diversity, and the impact of human activity on species composition in tourist areas. This information is valuable for developing conservation strategies to preserve the unique species compositions across different habitats.

## 4. Discussion

The study sets out to explore how different habitats—forests, rivers, and tourist areas—affect the diversity and species composition of trees, birds, mammals, reptiles, and invertebrates. Using alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), and gamma ( $\gamma$ ) diversity indices, along with rarefaction curves and NMDS analysis, we gained insights into how habitat types influence species diversity and composition. Comparing our findings with existing research, we found both similarities and contrasts. Our  $\alpha$ -diversity indices revealed rich species diversity across habitats, with forests and rivers supporting diverse tree populations (86 species each), consistent with stable environments. In contrast, bird diversity was unexpectedly high across all habitats (104–105 species), differing from Hayat et al., (2010), who observed declines in human-affected areas.  $\beta$ -Diversity assessments highlighted distinct species compositions influenced by habitat types, resonating with Hayat et al., (2010) for mammals and extended to reptiles and invertebrates in our study. Evenness metrics indicated relatively balanced species distributions within taxonomic groups across habitats (p-value around 0.32), contrasting with findings by (Roy and Bhattacharya, 2023) in impacted areas.

The rarefaction curves echoed patterns seen in disturbed habitats reported by Tripathi et al., (2004), particularly evident in tourist areas where species richness plateaued

quicker due to likely habitat degradation. NMDS analysis confirmed significant differences in species composition among habitats, and illustrating habitat-specific clustering for reptiles and birds, while also revealing similar patterns for invertebrates and trees. Lower Shannon-Wiener index values (1.10–1.35) in our study (Table 2) indicated reduced species diversity compared to global tropical forests, highlighting regional biodiversity disparities noted in studies across the India and Malaysia. Factors like habitat fragmentation and human activities likely contribute to this lower diversity, underscoring the need for targeted conservation efforts and further research to address underlying causes.

The findings highlight the critical role of habitat type in shaping species diversity and composition, consistent with broader ecological studies. Protecting forest and river habitats is crucial for biodiversity conservation, especially given the vulnerability of invertebrate populations in the river ecosystems. Similarly, mitigating human impacts in tourist areas is essential to preserve species richness and composition, aligning with conservation priorities emphasized for sustaining diverse reptile communities through effective habitat preservation strategies.

## 5. Conclusion

The ecological study across forest, river, and tourist area habitats reveals intriguing differences in biodiversity among trees, birds, mammals, reptiles, and invertebrates. While evenness levels and alpha diversity indices indicate consistent species distributions within each group across habitats, beta diversity indices unveil significant variations in species composition and community structures unique to each habitat type. Forests emerge as biodiversity hotspots with well-balanced ecosystems, likely due to minimal human disturbance. In contrast, tourist areas show less distinct species compositions, likely influenced by higher human activity and environmental stress. River habitats stand out for their specialized invertebrate communities adapted to aquatic life, highlighting the ecological specialization fostered by diverse environments.

The Games-Howell test underscores these differences in species distributions, particularly between natural and human-impacted areas, underscoring the profound impact of human activity on biodiversity. Rarefaction curves further emphasize these disparities, with forests exhibiting the highest species richness, especially among trees, while tourist areas demonstrate reduced richness across most taxonomic groups. NMDS analysis visually confirms these patterns, illustrating distinct clustering of species groups according to habitat type, aligning with our quantitative findings and showcasing the unique ecological niches and adaptive strategies of species.

To address these ecological insights effectively, we propose several recommendations. Conservation efforts should prioritize the protection of high-biodiversity habitats like forests and rivers. Restoration initiatives are critical in tourist areas to enhance biodiversity and restore ecosystem balance. Continuous ecological monitoring and research will facilitate adaptive management strategies in response to evolving conditions and challenges. Public education plays a crucial role in promoting awareness and responsible behavior towards natural habitats, supporting broader conservation objectives. Finally, stringent enforcement of environmental policies is essential to mitigate the negative impacts of

tourism and urban development, ensuring the preservation of ecological integrity and promoting sustainable interactions with nature.

## References

- Abdullah, M. R., Rahman, M., Sarwar, A. K. M. G., 2018. Threatened plants in Kaptai National Park in Rangamati, Bangladesh. 5<sup>th</sup> European Congress of Conservation Biology, 5(2018). doi: 10.17011/conference/eccb2018/108150
- Abdullah, M. R., Sarwar, A. G., Rahman, M. M., 2022. Threatened vascular plants of Karnaphuli Range under Kaptai Reserve Forest of Rangamati, Bangladesh. *Plant Physiology and Soil Chemistry*, 2(2), 97–101.
- Ahsan, M. F., Al Haidar, I. K., 2017. A comparative study of avian diversity in Teknaf Wildlife Sanctuary, Inani Reserve Forest and Chittagong University campus in Bangladesh. *Journal of Threatened Taxa*, 9(5), 10158–10170.
- Alam, M., Rahman, M. R., Chowdhury, M. A., Alam, M. S., 2019. Community dependency and conservation practices in Khagrachari, Bangladesh: A study on management of Village Common Forests (VCFs). *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, September, 1–13.
- Bredemeier, M., Dennis, P., Sauberer, N., Petriccione, B., Török, K., Cocciufa, C., Morabito, G., Pugnetti, A., 2007. Biodiversity assessment and change - The challenge of appropriate methods. In *Issues in Environmental Science and Technology* (Vol. 25, Issue July).
- Brockerhoff, E. G., Barbaro, L., Castagneyrol, B., Forrester, D. I., Gardiner, B., González-Olabarria, J. R., Lyver, P. O. B., Meurisse, N., Oxbrough, A., Taki, H., Thompson, I. D., van der Plas, F., Jactel, H., 2017. Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 26(13), 3005–3035.
- Chakraborty, A., Barman, H., Saha, G. K., Aditya, G., 2021. Wintering waterbird assemblage in an emerging wetland of West Bengal, India: Characterization for conservation management. *Ornis Hungarica*, 29(1), 1–19.
- Chowdhury, B., Hossain, M. K., Hossain, M. A., Khan, B. M., 2018. Native tree species diversity of Rampahar Natural Forest Reserve in Rangamati South Forest Division, Bangladesh. *Ceylon Journal of Science*, 47(2), 129.
- Chowdhury, M. A., Islam, K. N., Hafiz, N., Islam, K., 2019. Diversity of trees in a community managed forest: the case of Komolchori VCF, Khagrachari, Bangladesh. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 3(2), 95–103.
- Colwell, R. K., 2009. Biodiversity: Concepts, Patterns, and Measurement. In *Princeton University Press eBooks* (pp. 257–263).
- Das, A., Sharma, P., Surendran, H., Nath, A., Ghosh, S., Dutta, D., Mondol, J., Wangdi, Y., 2016. Additions to the herpetofauna of Royal Manas National Park, Bhutan, with six new country records. *Herpetology Notes*, 9 (November), 261–278.
- de Souza Valente, C., Rodiles, A., Freire Marques, M. R., Merrifield, D. L., 2020. White spot syndrome virus (WSSV) disturbs the intestinal microbiota of shrimp (*Penaeus vannamei*) reared in biofloc and clear seawater. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(18), 8007–8023.
- Dutta, S., Hossain, M. K., 2016. Infestation of *Imperata cylindrica* L. and its impacts on local communities in secondary forests of sitakunda botanical garden and eco-park, chittagong, Bangladesh. *International Journal of Conservation Science*, 7(1), 167–180.
- Dutta, S., Mk, H., M, A. H., Chowdhury, P., 2015. Exotic plants and their usage by local communities in the Sitakunda. *Forest Research*, 4(1), 1–9.
- Głowacka, A., Flis-Olszewska, E., 2022. The biodiversity of weed communities of dent maize, narrow-leaved lupin and oat in relation to cropping system and weed control. *Agronomy Science*, 77(3), 123–137.
- Hasan, M., Jorin, T., Sayok, A. K., 2023. Biodiversity information systems in geospatial applications for protected area management. *American Journal of Geographic Information System* 12(1), 1-27.
- Hasan, M., Kabi, J., Nazrul, K., Miah, M. R., Parisha, J. T., Alam, S.-E., Sayok, A. K., Sarok, A., Uddin, M. B., 2023. Enhancing National Park information knowledge to improve biodiversity conservation in Bangladesh: A Study on Policy Perspectives. *International Journal of Plant Research*, 2023(1), 1–23.
- Karl, H. V., Safi, A., Tichy, G., 2024. Review of fossil records of prehistoric reptiles, their distribution, and paleobiogeographic evolution in Pakistan, *Scientific Reports in Life Sciences* 5(3), 1-23.
- Kessler, M., Abrahamczyk, S., Bos, M., Buchori, D., Putra, D. D., Gradstein, S. R., Höhn, P., Kluge, J., Orend, F., Pitopang, R., Saleh, S., Schulze, C. H., Sporn, S. G., Steffan-Dewenter, I., Tjitrosoedirdjo, S. S., Tschamtko, T. 2009. Alpha and beta diversity of plants and animals along a tropical land-use gradient. *Ecological Applications*, 19(8), 2142–2156.
- Liu, G., Bou, G., Su, S., Xing, J., Qu, H., Zhang, X., Wang, X., Zhao, Y., Dugarjaviin, M., 2019. Microbial diversity within the digestive tract contents of Dezhou donkeys. *PLoS ONE*, 14(12), 1–14.
- Majumdar, K., Shankar, U., Datta, B. K., 2014. Trends in Tree Diversity and Stand Structure during Restoration: A Case Study in Fragmented Moist Deciduous Forest Ecosystems of Northeast India. *Journal of Ecosystems*, 2014, 1–10.
- Magurran, A. E., 1988. *Ecological diversity and its measurements*. Princeton University Press, Princeton, NJ. doi: 10.1007/978-94-015-7358-0
- Mandl, N., Lehnert, M., Kessler, M., Gradstein, S. R., 2010. A comparison of alpha and beta diversity patterns of ferns, bryophytes and macrolichens in tropical montane forests of southern Ecuador. *Biodiversity and Conservation*, 19(8), 2359–2369.
- Miah, R., Hasan, M., Parisha, J. T., Sayok, A. K., 2023. A framework on biodiversity conservation related policy analysis. January.
- Mohd-Taib, F. S., Mohd-Saleh, W., Asyikha, R., Mansor, M. S., Ahmad-Mustapha, M., Mustafa-Bakray, N. A., Mod-Husin, S., Md-Shukor, A., Amat-Darbis, N. D., Sulaiman, N., 2020. Effects of anthropogenic disturbance on the species assemblages of birds in the back mangrove forests. *Wetlands Ecology and Management*, 28(3), 479–494.
- Mahata, R., Panta, M., Ghimire, S., 2024. Assessing the impact of climate change on *Ophiocaryceps sinensis*, *Agaricus bisporu*, *Fruittillaria cirrhosu*, and *Paris polyphylla* in Nepal. *Scientific Reports in Life Sciences*, 5(2), 18–37.
- Nolan, K., Callan, J., 2006. Beachcomber Biology: The Shannon-Weiner Species Diversity Index. *ABLE 2005 Proceedings*, 27, 334–338.
- Pozo, P., Säumel, I., 2018. How to bloom the green desert: Eucalyptus plantations and native forests in Uruguay beyond black and white perspectives. *Forests*, 9(10), 614.
- Pielou, E. C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131-144.
- Rahman, M. H., Khan, M. A. S. A., Roy, B., Fardusi, M. J., 2011. Assessment of natural regeneration status and diversity of tree species in the biodiversity conservation areas of Northeastern Bangladesh. *Journal of Forestry Research*, 22(4), 551–559.
- Rahman, M. H., Roy, B., Anik, S. I., Fardusi, M. J., 2013. Ecotourism and protected area conservation in Bangladesh: a case study on understanding the visitors views on prospects and development. *Journal of Forest and Environmental Science*, 29(1), 15–28.
- Rahman, M. M., Mahmud, M. A. Al, Shahidullah, M., Nath, T. K., Jashimuddin, M., 2016. The competitiveness of the phytosociological attributes of the protected areas in Bangladesh with that in the other tropical countries. *Journal of Sustainable Forestry*, 35(6), 431–450.

- Rahman, M. M., Al Mahmud, M. A., Ahmed, F. U., Deb, R., 2017a. Developing alternative income generation activities reduces forest dependency of the poor and enhances their livelihoods: The case of the chunati wildlife sanctuary, Bangladesh. *Forests Trees and Livelihoods*, 26(4), 256–270.
- Rahman, M. M., Mahmud, M. A. A., Shahidullah, M., 2017b. Socioeconomics of biodiversity conservation in the protected areas: a case study in Bangladesh. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 24(1), 65–72.
- Rahman, M. M., Rahman, M. M., Huda, M. K., 2020. Tree species diversity of the Kaptai National Park in Rangamati district, Bangladesh. *Jahangirnagar University Journal of Biological Sciences*, 8(2), 71–79.
- Reza, A., 2010. Colubrid Snake *Lycodon zawi* (Serpentes: Colubridae) from Lawachara National Park in Bangladesh. *Russian Journal of Herpetology*, 17(1), 75–77.
- Reza, A. H. M. A., Perry, G., 2015. Herpetofaunal species richness in the tropical forests of Bangladesh. *Asian Journal of Conservation Biology*, 4(2), 59.
- Roy, S., Bhattacharya, K. R., 2023. A New Biodiversity Index and the Corresponding Index of Evenness: A Simple Theoretical Analysis. 4(3), 445–453.
- Scherer, L., De Laurentiis, V., Marques, A., Michelsen, O., Alexandre, E. M., Pfister, S., Rosa, F., Rugani, B., 2021. Linking land use inventories to biodiversity impact assessment methods. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(12), 2315–2320.
- Scherer, L., Rosa, F., Sun, Z., Michelsen, O., De Laurentiis, V., Marques, A., Pfister, S., Verones, F., Kuipers, K. J. J. 2023. Biodiversity impact assessment considering land use intensities and fragmentation. *Environmental Science and Technology*, 57(48), 19612–19623.
- Sharashy, O. S., 2022. Plant biodiversity on coastal rocky ridges habitats with reference to census data in Ras El-Hekma and Omayed Area, Egypt. *Sebha University Journal of Pure & Applied Sciences*, 21(1), 41–45.
- Simpson, E., 1949. Measurement of Diversity. *Nature* 163, 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Smith, J., Bass, S., Roe, D., 2020. Biodiversity mainstreaming: a review of current theory and practice. IIED, London, December, 1–56.
- Uddin, M., Chowdhury, F. I., Hossain, M. K. 2020a. Assessment of tree species diversity, composition and structure of Medha Kachhapia National Park, Cox's Bazar, Bangladesh. *Asian Journal of Forestry*, 4(1), 15–21.
- Uddin, M. N., Hossain, M. M., Karim, M. S., Siriwong, W., Boonyanuphap, J., 2020b. The phytosociological attributes of village common forests in Chittagong hill tracts, Bangladesh. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 42(4), 819–829.
- Xu, Z., Hansen, M. A., Hansen, L. H., Jacquiod, S., Sørensen, S. J., 2014. Bioinformatic approaches reveal metagenomic characterization of soil microbial community. *PLoS ONE*, 9(4).
- Yousefiard, K., Naderi, M., Ansari, A., Kazemi, A., 2024. Evaluation of the effects of oak forest changes on Persian Squirrel (*Sciurus anomalus*) habitat selection. *Scientific Reports in Life Sciences*, 5(3), 37–47.



## A new distribution area of the *Ophrys isaura* Renz & Taubenheim in Türkiye and some ecologic characteristics

Ebru Hatice Tıgılı Kaytanlıoğlu<sup>a,\*</sup> , Hüseyin Fakir<sup>a</sup> , Serkan Gülsoy<sup>a</sup> 

**Abstract:** *Ophrys isaura* Renz & Taubenheim., is one of the rarest endemic species in Türkiye and belongs to the Orchidaceae family. According to a literature survey, the species at risk of extinction in nature is distributed in the C3 and C4 squares of the Turkish flora. In this study, it was observed that the plant has also distribution within a narrow range of between 1100 and 1200 meters in the *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* forest clearing near Akdoğan village in the Eğirdir district in Isparta from southern Türkiye. *O. isaura* was identified for the first time at this locality and represents the southwestern most record of this species in Türkiye. Some morphological, phenological and ecological characteristics of the species were revealed by examinations of the newly detected population. The morphological characteristics of the new population were compared with the descriptions of *O. isaura* in Flora of Türkiye and Illustrated Flora of Türkiye. Some morphological characteristics exhibit minor differences compared to the information available in the early studies. In the study, some ecological characteristics of the new distribution area of the species were identified. The dominant rock formation in the area is fractured and cracked limestone. The radiation index was calculated to be 0.46, while the temperature index was determined to be 0.89. These measurements indicate that the area generally receives sunlight in the early morning and has moderate illumination throughout the day. Soils up to 10 cm depth within areas characterized by humid and wet soil conditions are of clay type and exhibit very low skeletal content. The high levels of lime (30.65%), organic matter (6.12%), and weakly alkaline conditions (pH: 7.11) in the habitat of the species provide a favorable environment for water, air, and nutrient economy within this soil depth layer. Overall, the plant species diversity in the open forest area where *O. isaura* was sampled was found to be higher compared to that in the understorey of the surrounding black pine forest areas.

**Keywords:** *Ophrys isaura*, Endemic, IUCN, New distribution area, Morphological and ecological characteristics, Türkiye

## *Ophrys isaura* Renz & Taubenheim'in Türkiye'de yeni bir yayılış alanı ve bazı ekolojik özellikleri

**Öz:** *Ophrys isaura* Renz & Taubenheim, Orchidaceae familyasına ait Türkiye'nin en nadir endemik türlerinden biridir. Literatür araştırmasına göre doğada nesli tükenme riski altında olan tür, Türkiye florasının C3 ve C4 karelerinde yayılış göstermektedir. Bu çalışmada, *O. isaura*'nın Türkiye'nin güneyinde yer alan Isparta'nın Eğirdir ilçesine bağlı Akdoğan köyü yakınlarındaki *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* orman açıklığında 1100-1200 metreler arasında dar bir alanda yayılış gösterdiği gözlemlenmiştir. *O. isaura* bu lokalitede ilk kez tanımlanmıştır ve bu türün Türkiye'deki en güney batı kaydını temsil etmektedir. Yeni tespit edilen popülasyon üzerinde yapılan incelemeler ile türün bazı morfolojik, fenolojik ve ekolojik özellikleri ortaya konmuştur. Yeni popülasyonun morfolojik özellikleri, *O. isaura*'nın Flora of Turkey'deki tanımları ve ayrıca Resimli Flora of Turkey ile karşılaştırılmıştır. Bazı morfolojik özellikler, ilk çalışmalarda mevcut olan bilgilere kıyasla küçük farklılıklar göstermektedir. Çalışmada, türün yeni yayılış alanının bazı ekolojik özellikleri belirlenmiştir. Alandaki baskın kaya formasyonu kırıklı ve çatlaklı kireçtaşıdır. Radyasyon indeksi 0,46 olarak hesaplanırken, sıcaklık indeksi 0,89 olarak belirlenmiştir. Bu ölçümler, alanın genellikle sabahın erken saatlerinde güneş ışığı aldığı ve gün boyunca orta derecede aydınlığa sahip olduğunu göstermektedir. Nemli ve ıslak toprak koşullarıyla karakterize edilen alanlardaki 10 cm derinlik katmanına kadar olan topraklar kil türündendir ve iskelet içeriği çok düşüktür. Türün yaşam alanındaki yüksek kireç (%30,65), organik madde (%6,12) ve zayıf alkali koşullar (pH: 7.11) bu toprak derinliği katmanında su, hava ve besin ekonomisi için elverişli bir ortam sağlamaktadır. Genel olarak, *O. isaura*'nın örneklediği açık orman alanındaki bitki türü çeşitliliği, çevredeki karaçam orman alanlarının alt tabakasına kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** *Ophrys isaura*, Endemik, IUCN, Yeni yayılış alanı, Morfolojik ve ekolojik özellikler, Türkiye

### 1. Introductions

There are 11466 plant taxa of 3649 naturally growing in Türkiye and are endemic (Güner et al., 2012). Türkiye is a rich country for endemic species, and the Orchidaceae (Salepgiller) family has an important place in this richness. Endemic orchid species risk extinction due to the rapidly

increasing population, the uprooting of their tubers for salep production, intensive agricultural practices and overgrazing (Kreutz, 2000; Kreutz and Krüger 2014; Sezik, 1984). The *Ophrys* genus, generally known as Salep in Türkiye, is one of the essential genera containing the most common species of this family. The *Ophrys* genus is represented by approximately 200 species distributed in the European

✉ <sup>a</sup> Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forestry Engineering, Isparta, Türkiye

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): ebrukaytanlioglu@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 10.10.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 31.01.2025



**Citation** (Atf): Tıgılı Kaytanlıoğlu, E.H., Fakir, H., Gülsoy, S., 2025. A new distribution area of the *Ophrys isaura* Renz & Taubenheim in Türkiye and some ecologic characteristics. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 12-19. DOI: [10.18182/tjf.1562781](https://doi.org/10.18182/tjf.1562781)

continent, North Africa, Anatolia, the Middle East and the Caucasus (Deniz, 2012; Sezik, 2002). In Türkiye, the *Ophrys* genus is characterized by 65 taxa 14, which are endemic (Güner et al., 2022). *Ophrys* sp. tubers, as are other orchid species, are used in medicine, beverages, and ice cream production. Therefore, they are threatened by collection from nature (Sezik, 2002).

*Ophrys isaura* Renz & Taubenheim species belonging to the *Ophrys* genus is an endemic plant for Türkiye. The species was described by Renz and Taubenheim (1980) from the region between Gülnar and Bozağaç (Mersin). The species' distribution areas are C3 Antalya: Akseki, C4 Mersin: Gülnar in Türkiye. The species is found in pine forests, maquis areas, seasonal waterfronts, oak groves and clearings, and calcareous places between 495 and 1200 m. (Güner et al., 2022). *O. isaura* is one of the rarest orchid species in Europe and neighboring regions due to its low number of individuals and small distribution area. It is, therefore, classified as highly endangered (Kreutz and Krüger 2014).

A new distribution area of *O. isaura* was determined during the field studies. In our research, it was determined that the plant is distributed within a narrow range of between 1100 and 1200 meters in the C3 square, specifically in a forest clearing of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe near Akdoğan village in the Eğirdir (Isparta) district of Türkiye. Compared with the literature, some similarities and differences were found in the morphological characteristics of *O. isaura*. In addition, some ecological characteristics (climate, soil, biodiversity, etc.) of the area where *O. isaura* species is found were determined. This study aimed to add a new distribution area of the species and examine some ecological characteristics of the species.

## 2. Material and Methods

The study's material was samples of the species *O. isaura*. The samples were collected in May 2024 from the *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* forest clearing (1100-1200 m) near C3 Isparta: Eğirdir, Akdoğan Village, the natural distribution area of *O. isaura*. Flora of Turkey (Davis, 1984) and Illustrated Flora of Turkey (Güner et al., 2022) have been used to identify plant samples. Plant samples of *O. isaura* were examined, and various morphological features (such as stem, tuber, leaf, flower, fruit, and seed) were identified. A

stereo microscope, digital caliper and digital camera were used to determine the features. The morphological and phenological characteristics obtained in the study were compared with the literature.

In May of 2024, sampling was conducted to determine the ecological characteristics of the area where the *O. isaura* species was found. The geographical coordinates of the area where the plant is distributed were recorded according to the WGS 84 / UTM zone 36N system. The area is within the C3 square according to Davis's grid system (1984) (Figure 1).

In the sampling area, altitude (m) with GPS, slope (°) with a clinometer, and aspect (°) with a compass were measured. Based on the slope (°) and aspect (°) values, radiation index and temperature index values were calculated in the sampling area (Moisen and Frescino, 2002). The area's slope position and landform characteristics were determined through field observations. In the sampling area, stoniness (%) and soil depth (m) were determined at 10 random points using the iron rod penetration method (Eriksson and Holmgren, 1996).

Bedrock samples from the field were identified at the Rock and Mineral Analysis Laboratory of the Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Süleyman Demirel University. Thus, local-scale determinations were made regarding the rock formation of the sampling area and the general geology of the region. The skeleton content (%) and moisture status in the soils around the plant's roots were determined through field observations. Additionally, soil samples were taken from the 0-10 cm depth layer. Soil samples from three different plant root environments were transported to the Isparta Soil and Plant Analysis Laboratory under appropriate conditions. The samples, free from inorganic materials (e.g., stones, gravel larger than 2 mm) and various organic materials (e.g., leaves, branches, roots), were left to air dry in the laboratory. Once air-dried, the samples were sieved (2 mm or 0.5 mm), mixed, and prepared for various soil analyses. In the laboratory, texture analysis was performed using the Bouyoucos hydrometer method (Bouyoucos, 1962), total lime content (%) was determined using the Shiebler calcimeter method (Allison and Moodie, 1965), and total organic matter content (%) was determined using the Walkley-Black wet oxidation method (Allison, 1965). Finally, soil acidity (pH) and Electrical Conductivity (dS/m) measurements were carried out in the filtrate of a soil-water mixture prepared at a 1:2.5 ratio (Soil Survey Staff, 1992).



Figure 1. The location of the sampling area of the *O. isaura* species in the grid system of Davis (1984)

To determine the climatic characteristics of the sampling area, data from the CHELSA version 2.1 database were used. According to the coordinates of the sampling area, 19 bioclimatic variables were obtained from the CHELSA database (Karger et al., 2017).

Finally, a plant inventory was conducted in two separate 400 m<sup>2</sup> sample areas, one in a forest opening and the other under a black pine forest, where the species was sampled. Species richness (S) (Formula 1) calculations were initially performed in the sample areas (Peet, 1974).

$$S = \sum_i^S S_i \quad 1$$

In the formula,  $S_i$  represents the number of different species in the sampling area.

Additionally, the plant species identified in the sample areas were recorded according to the Braun-Blanquet (1932) abundance scale and then converted into numerical values suitable for biological diversity calculations, as suggested by Fontaine et al. (2007). Using the numerical values of each plant species, within-area (alpha) diversity values were calculated according to the Shannon-Wiener ( $H'$ ) index (Formula 2) (Shannon, 1948).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad 2$$

In the formula,  $S$  represents species richness, and  $p_i$  represents the proportional values of the species.

For determining the dissimilarity (beta) values between the forest opening and the black pine forest areas, the Bray-Curtis distance ( $D$ ) formula (Formula 3) was used (Bray and Curtis, 1957).

$$D = 1 - 2 \frac{\sum_{i=1}^S \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^S (a_i + b_i)} \quad 3$$

In the formula,  $S$  represents species richness in the sampling areas, and  $a_i$  and  $b_i$  represent the abundance values of the  $i$ -th species in the sampling areas.

The Biological Diversity Components (BİÇEB) Calculation Software was used for diversity calculations (Özkan et al., 2020).

### 3. Results and discussion

The field studies determined a new distribution area of *O. isaura*. In this study, it was revealed that the species also spread in a narrow area in Isparta. It was determined that there were approximately 77 natural individuals in this newly identified locality (Figure 2). New field studies have been ongoing to determine whether this area's population distribution is limited. When the samples of the newly identified *O. isaura* population were compared with the literature regarding morphological characteristics, some similarities and differences were determined. The results of the examination of the morphological characteristics of the species and comparison with the literature data (Davis, 1984; Güner et al., 2022) are given in Table 1.

According to the literature survey, *O. isaura* is reportedly distributed in the Mediterranean phytogeographic region and is an Eastern Mediterranean element (Davis, 1984; Güner et al., 2022). The presence of *O. isaura* has been determined to be between Gülnar and Aydıncık (Mersin) in Southern Anatolia and also in a wider area in Cevizli (Akseki) and Alanya (Antalya) (Kreutz 2000, Kreutz and Krüger 2014; Güner et al. 2022). The locality of the newly identified population is quite far from the localities given in the literature, and the bird flight distances between the localities given in the literature are 108-271 km. Interestingly, the literature has long distances between the new locality and the localities.

In this study, plant individuals of the *O. isaura* population in the newly identified distribution area were compared with the literature regarding morphological characteristics. Some morphological characteristics show minor differences from the information in the literature. These minor morphological differences can be thought to be due to ecological conditions.

Although some morphological features of the new population may differ slightly from the literature, the taxonomic status of the population can be re-evaluated based on the results obtained by conducting anatomical, palynological, molecular, etc. studies on the species.

Table 1. Comparison of the morphological properties

<i>O. isaura</i>			
	Flora of Turkey (Davis, 1984)	Illustrated Flora of Türkiye (Güner et al., 2022)	Newly detected population
Stem	To 40 cm	17-45 cm	15-36 cm
Leaves	Leaves ± basal, broadly lanceolate	4-7 leaves oblong to broadly lanceolate, pointed 5,5-11 x 0,9-3 cm	4-7 leaves broadly lanceolate 5,1-10,3 x 0,8-2,6 cm
Flowering Time	-	April-May	May-June
Inflorescence	To 12 flowered	4-12 flowered, sparse	4-10 flowered
Bracts	Bracts exceeding flowers	Lanceolate, 11-32 (50) x3-10 mm, equal to or longer than the ovary	10,6-28,7 mm Equal to or longer than the ovary
Sepals	strongly reflexed, green, sometimes suffused greyish-violet, 12 x 5 mm.	Ovate to oblong, 9-13 x 5-8 mm, yellowish green, sometimes tinged with violet, usually strongly recurved.	7-13 x 3-8 mm yellowish green, sometimes tinged with violet, sometimes recurved
Petals	ligulate, 4 x 2,5 mm, whitish-green, ± suffused with rose, minutely hairy.	triangular-ligulate, 3-5 x 2-2,7 mm, yellowish green, sometimes whitish to violet, backward, sometimes slightly auricated at the base, whitish gray short hairs.	Triangular-ligulate, 2,7-4 x 1,8-2,4 mm, yellowish green
Labellum	Labellum horizontally spreading, middle lobe narrow-based, margins recurved, maroon or dark brown, velvety, with yellowish subglabrous margins towards the apex, and with yellowish-green, glabrous appendix upturned; lateral lobes small, with short, outward-directed horns, densely villous outside, whitish and glabrous inside; speculum on the inner half of labellum, of white ribbons encircling brownish spots.	Labellum pattern basically H-shaped, sometimes with scattered lines and spots, usually round false eyes bright, greenish to black in the center. The labellum is fragmented, three-lobed, narrowly ovoid to rectangular, dark reddish brown to blackish purplish near the base, usually yellowish towards the tip, velvety hairy, curved back. The middle lobe is rectangular to ovoid, narrow at the base; the lateral lobes are small, straight to slightly triangular protrusions near the base of the lip, yellowish.	The labellum features detected in the Flora of Turkey and the Illustrated Flora of Turkey are similar. In the newly identified population, it was determined that the labellum pattern with the spaces inside the letter H was more similar to <i>O. phrygia</i> in some individuals.
Tuber	-	2 tubers 1-3 x 0,8-3 cm	2 tubers 1-2,5 x 0,7-2,6 cm
Fruit	-	Cylindrical, 18-30 x 4,5-6 mm.	Cylindrical, 18-24 x 3,5-5 mm

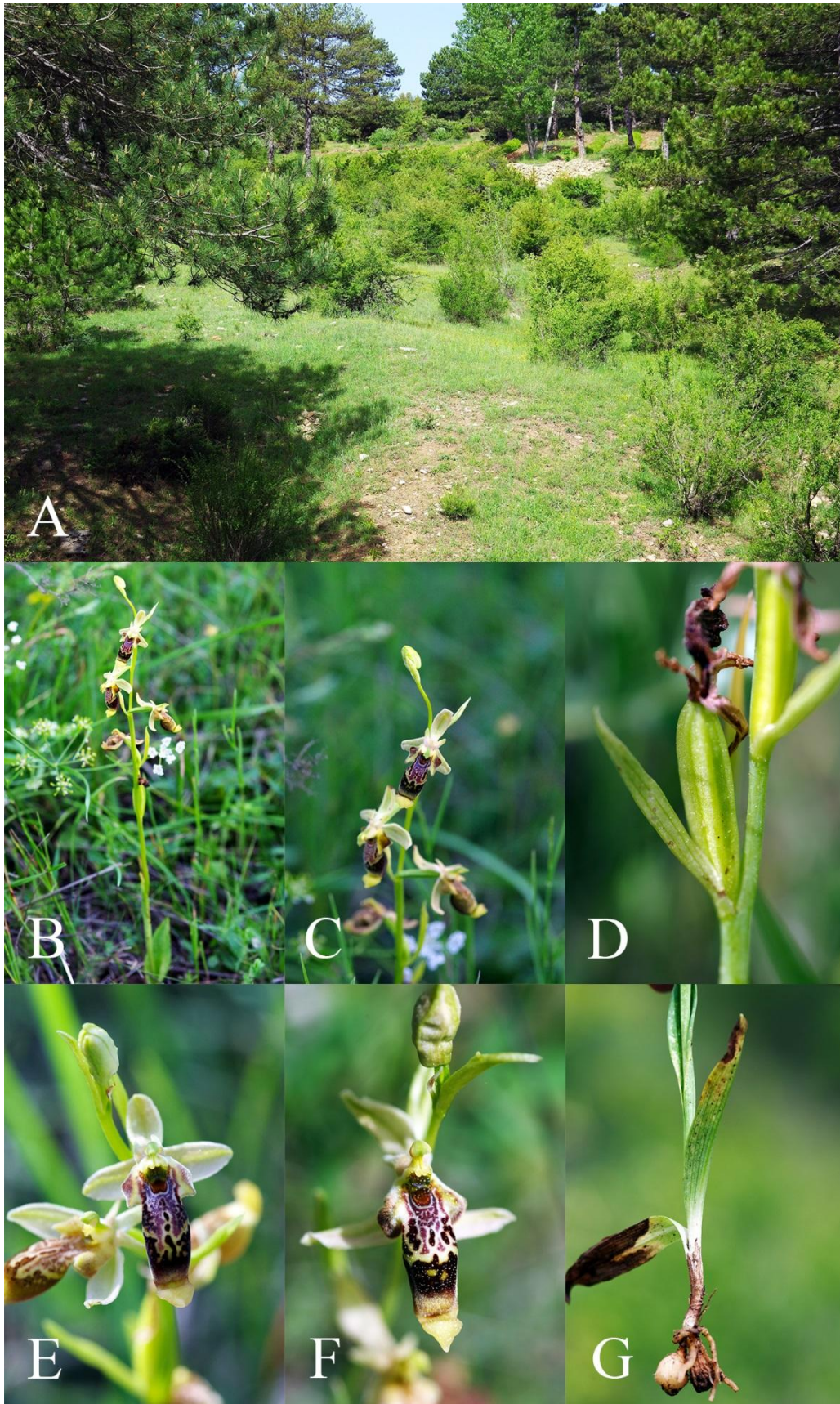


Figure 2. A) New distribution area, B and C) General appearance D) Fruit E) Front and side view of the flower G) Tuber

The elevation of the forest opening area where the species was sampled ranges approximately between 1100 and 1200 meters. The location is surrounded by black pine stands of varying ages and canopies. The average slope of the area is 17°, and the aspect is 115°, facing between east and southeast. According to the aspect degree, the radiation index value was calculated as 0.46, and the temperature index value was calculated as 0.89 based on the aspect and slope degree values. These measurements indicate that the sampling area receives early morning sunlight and has moderate illumination during the day. The high-temperature index is a vital forest site affecting the length of the vegetation period, especially in spring and summer.

The dominant rock formation in the area is fractured and cracked limestone. The fractures and cracks are generally filled with secondary calcite, with variable thicknesses (up to 1 cm). The rock surface appears smeared with silt and clay-sized detrital material, likely due to the area encountering a limestone band within the detrital rocks. Besides the locally described limestone rock formation, considering the general geology, it is possible to say that sandstone, siltstone, shale, and chert rock formations form the dominant lithology in the region.

The forest opening area, with a valley bottom and mid-slope position, contains brown forest soils of moderate or deep class. In the area with concave landform characteristics, the skeleton content of the soils was found to be very low (less than 1%). The area, with moist soil conditions, provides a rich water environment, with sand, silt, and clay proportions in the soils of the 0-10 cm depth layer being 23.9%, 34.0%,

and 42.1%, respectively. According to these proportions, the forest site, dominated by "clay" texture soils, has an oxygen content just sufficient for the plant species distributed in the area. Additionally, in this depth layer, the lime content of the soil was determined to be 30.65%, and the organic matter content was 6.12%. According to these proportions, the soils in the 0-10 cm depth layer are classified as "very high lime" and "very rich" in organic matter content. The high lime and organic matter ratios in the upper clay soil layer help the soil reach a granular structure, providing a favorable water and air economy environment for the distribution of *O. isaura* and associated species in this soil depth layer. Indeed, in the samples taken from the specified depth layer, the density of fine roots is very high. This situation relates to the plant finding an optimal forest site in the 0-10 cm upper soil layer for utilizing nutrients and water. The Electrical Conductivity (EC) value in the specified soil depth layer was also 0.182 dS/m, indicating low salinity suitable for plant growth. The measured pH value (7.11) shows the soils are weakly alkaline. These values have provided optimal conditions in the soil for the presence of the plant. A blocky and platy structure prevails in soil conditions deeper than 10 cm due to the high clay content.

Analyzing the climatic data obtained from the 19 bioclimatic maps downloaded from the CHELSA database with a 30 arc-sec resolution in ESRI Grid format, the mean annual air temperature (Bio1) was determined as 11.4 °C, and the annual precipitation amount (Bio12) was 792.3 kg/m<sup>2</sup> (Figure 3).

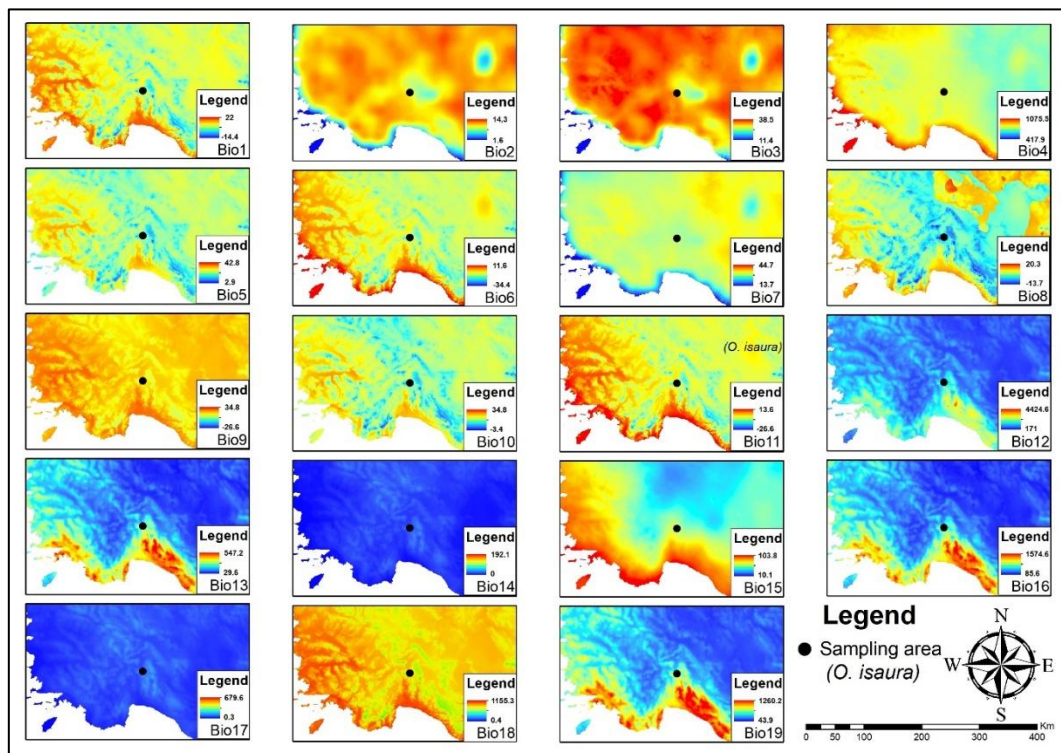


Figure 3. Bioclimatic maps

Bio1: mean annual air temperature (11.4 °C), Bio2: mean diurnal air temperature range (10.3 °C), Bio3: isothermality (32.6 °C), Bio4: temperature seasonality (770.0 °C/100), Bio5: mean daily maximum air temperature of the warmest month (27.7 °C), Bio6: mean daily minimum air temperature of the coldest month (-3.8 °C), Bio7: annual range of air temperature (31.5 °C), Bio8: mean daily mean air temperatures of the wettest quarter (1.7 °C), Bio9: mean daily mean air temperatures of the driest quarter (21.0 °C), Bio10: mean daily mean air temperatures of the warmest quarter (21.3 °C), Bio11: mean daily mean air temperatures of the coldest quarter (1.7 °C), Bio12: annual precipitation amount (792.3 kg m<sup>-2</sup>), Bio13: precipitation amount of the wettest month (136.5 kg m<sup>-2</sup>), Bio14: precipitation amount of the driest month (12.4 kg m<sup>-2</sup>), Bio15: precipitation seasonality (58.3 kg m<sup>-2</sup>), Bio16: mean monthly precipitation amount of the wettest quarter (342.2 kg m<sup>-2</sup>), Bio17: mean monthly precipitation amount of the driest quarter (52.1 kg m<sup>-2</sup>), Bio18: mean monthly precipitation amount of the warmest quarter (59.4 kg m<sup>-2</sup>), Bio19: mean monthly precipitation amount of the coldest quarter (342.2 kg m<sup>-2</sup>) (Karger et.al., 2017).

In the inventory conducted in the forest opening area where the species was sampled, species richness ( $S$ ) was recorded as 48 taxa, while under the black pine forest, it was recorded as 33 taxa (Table 2). The Shannon-Wiener ( $H'$ ) diversity value was determined as 3.575 in the forest opening area and 2.667 under the black pine forest. According to these values, plant species diversity in the forest opening area

where the plant was sampled is higher than under the black pine forest. The beta dissimilarity value calculated using the Bray-Curtis distance ( $D$ ) formula for these two habitats was 0.495. Species like *O. isaura*, which do not enter the forest and only distribute in the forest opening environment, increase the community dissimilarity value (beta diversity) due to their preference for similar local forest site conditions.

Table 2. Plant species found in the sample area taken from the new distribution area of *O. isaura*

No	Family	Taxa	Endemic status	IUCN category
1	Acanthaceae	<i>Acanthus hirsutus</i> Boiss.		
2	Asteraceae	<i>Anthemis cretica</i> subsp. <i>absinthifolia</i> (Boiss.) Grierson		
3		<i>Pilosella piloselloides</i> subsp. <i>piloselloides</i> (Vill.) Soják		
4	Berberidaceae	<i>Berberis crataegina</i> DC.		
5	Boraginaceae	<i>Myosotis lithospermifolia</i> Hornem.		
6		<i>Onosma aucheriana</i> DC.		
7	Brassicaceae	<i>Erysimum smyrnaeum</i> Boiss. & Balansa		
8	Campanulaceae	<i>Asyneuma virgatum</i> subsp. <i>cichoriiforme</i> (Boiss.) Damboldt		
9	Caryophyllaceae	<i>Silene dichotoma</i> subsp. <i>dichotoma</i> Ehrh.		
10	Cistaceae	<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill.		
11		<i>Cistus laurifolius</i> L.		
12	Cupressaceae	<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i>		
13	Cyperaceae	<i>Carex flacca</i> subsp. <i>erythrosthachys</i> (Hoppe) Holub		
14	Fabaceae	<i>Lathyrus laxiflorus</i> subsp. <i>laxiflorus</i> (Desf.) O.Kuntze		
15		<i>Medicago sativa</i> subsp. <i>sativa</i> L.		
16		<i>Onobrychis oxydonta</i> var. <i>oxydonta</i> Boiss.		
17		<i>Trifolium hirtum</i> All.		
18		<i>Vicia lutea</i> var. <i>hirta</i> (Balbis) Loisel.		
19	Fagaceae	<i>Quercus cerris</i> L.		
20		<i>Quercus coccifera</i> L.		
21	Iridaceae	<i>Gladiolus italicus</i> Mill.		
22	Junaceae	<i>Juncus articulatus</i> L.		
23	Lamiaceae	<i>Ajuga chamaepitys</i> subsp. <i>chia</i> (Schreb.) Arcang.		
24		<i>Salvia tomentosa</i> Mill.		
25		<i>Stachys cretica</i> subsp. <i>anatolica</i> Rech.f.	Endemic	LR (nt)
26		<i>Scutellaria salviifolia</i> Benth.	Endemic	LR (lc)
27	Liliaceae	<i>Fritillaria acmopetala</i> Boiss.		
28		<i>Ornithogalum sphaerocarpon</i> A.Kern.		
29	Oleaceae	<i>Fontanesia phillyreoides</i> Labill.		
30	Onagraceae	<i>Epilobium lanceolatum</i> Sebast. & Mauri		
31	Orchidaceae	<i>Anacamptis pyramidalis</i> (L.) Rich.		
32		<i>Ophrys phrygia</i> H.Fleischm. & Bornm.	Endemic	LR (lc)
33		<i>Ophrys reinholdii</i> Spruner ex Fleischm. subsp. <i>straussi</i> var. <i>leucotaenia</i> (Renz & Taubenheim) Deniz		
34	Pinaceae	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe		
35	Poaceae	<i>Avena barbata</i> subsp. <i>barbata</i> Pott ex Link		
36		<i>Bromus tectorum</i> L.		
37		<i>Dactylis glomerata</i> subsp. <i>hispanica</i> (Roth) Nyman		
38	Polygalaceae	<i>Polygala anatolica</i> Boiss. & Heldr.		
39	Primulaceae	<i>Lysimachia atropurpurea</i> L.		
40	Ranunculaceae	<i>Ranunculus repens</i> L.		
41	Rosaceae	<i>Fragaria vesca</i> L.		
42		<i>Crataegus monogyna</i> var. <i>monogyna</i>		
43		<i>Crataegus orientalis</i> Pall. ex M.Bieb.		
44		<i>Pyrus elaeagnifolia</i> Pall.		
45		<i>Rosa canina</i> L.		
46	Salicaceae	<i>Salix alba</i> subsp. <i>alba</i> L.		
47	Styracaceae	<i>Styrax officinalis</i> L.		
48	Thymelaeaceae	<i>Daphne sericea</i> subsp. <i>sericea</i> Vahl.		

LR (nt): Lower risk (near threatened); LR (lc): Lower risk (Least concern)

*O. isaura* is an orchid species endemic to Turkey and has two main distribution areas: Cevizli (Antalya-Alanya) and Gülnar (Mersin). The habitat of the Cevizli location is found in damp areas, along streamsides and meadows, and rarely in pine forests. The habitat of the Gülnar location, on the other hand, is located on a slope with a water source, on limestone cliffs, under oak, and rarely pine forests. The habitat of the Eğirdir (Isparta) location has been found on a slope with a water source, in meadows and rarely under pine forests, in an area with limestone. Despite the similarity of their habitats in these 3 locations, a hot and arid climate has been observed in Gülnar, a cold and humid climate in Cevizli, and a temperate and rainy climate in Eğirdir. Although their ecological environments are similar, their climate types are different. Furthermore, discovering a new distribution area for this species, previously known to occur in only two regions, is highly significant. While the westernmost distribution area was previously known as Cevizli, this study has identified Eğirdir as the westernmost distribution area and has contributed this finding to the literature.

In the Red Data Book of Turkish Plants, *O. isaura* is listed in the EN category, which means that the existence of this species in nature is endangered (Ekim et al., 2000). This threat level is even higher for species with narrow distribution areas and small populations. *O. isaura* is in danger of extinction due to grazing pressure and the uprooting of tubers for salep production. In particular, the presence of an endemic species in more natural regions is essential for the continuation of that species' generation and for biodiversity. In this context, finding a new distribution area for *O. isaura*, an endemic species, is significant.

#### 4. Conclusions

The danger category of *O. isaura* was re-evaluated by considering the population size, distribution areas and anthropogenic threat situations. Accordingly, *O. isaura*, which is in the 4th EN category, was collected by us from Akdoğan village, Eğirdir (Isparta) region, and we concluded that it is under high threat in the future. The EN category of this taxon should continue. It should be protected, especially against animal grazing and other biotic pressures. In this context, the new distribution area of *O. isaura* is located within the borders of the Isparta Eğirdir Forest Management Directorate. It has been determined that the people in the region do not have sufficient knowledge and awareness about the importance of *O. isaura*. They overgraze it and collect it to be used in salep production. Eğirdir Forest Management Directorate officials have been informed about this issue to protect the species.

Considering the location of the habitat where the species is located, its accessibility and the usage status of its immediate surroundings, the species should be protected in situ. Protecting biodiversity, especially endemic and rare taxa, is a national and international obligation. Türkiye is making the necessary legal arrangements and studies on this issue. However, it is seen that some problems have emerged in practice. These problems arise from implementing the laws and regulations rather than their existence. In conservation efforts, convincing the local people to internalize this issue and turn it into behavior is very important. In addition, conservation efforts should be carried out using a habitat protection approach rather than species protection.

#### References

- Allison, L. E., and Moodie, C. D., 1965. Carbonate: volumetric calcimeter method. *Agronomy Monographs*, 9(2): 1389-1392.
- Allison, L., 1965. Organic carbon. *Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9: 1367-1378.
- Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.
- Braun-Blanquet, J., 1932. *Plant sociology: the study of plant communities* (1st ed.).
- Bray, J. R., and Curtis, J. T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4), 326-349.
- Davis, P.H. (Ed.), 1984. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 8). Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Deniz, İ.G., 2012. *Ophrys L.* In: Güner A., Aslan S., Ekim T., Vural M., Babaç MT., editors. *List of Turkish Plants (Vascular Plants)*. Istanbul: Nezahat Gökyiğit Botanical Garden and Flora Research Association Publication. pp. 638-645.
- Ekim T. M., Koyuncu M., Vural H., Duman Z., Aytaç N., Adıgüzel., 2000. *Red Data Book of Turkish Plants*. Turkish Nature Conservation Association, 246 s, Ankara.
- Eriksson, C.P., and Holmgren, P., 1996. Estimating stone and boulder content in forest soils evaluating the potential of surface penetration methods. *Catena*, 28(1-2), 121-134.
- Fontaine, M., Aerts, R., Özkan, K., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., Waelkens, M., and Muys, B., 2007. Elevation and exposition rather than soil types determine communities and site suitability in Mediterranean mountain forests of southern Anatolia, Turkey. *Forest Ecology and Management*, 247(1-2), 18-25.
- Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT. 2012. *List of Turkish plants (Vascular Plants)*. Nezahat Gökyiğit Botanical Garden and Flora Research Association Publication, Istanbul.
- Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Çimen, A.Ö., Güner, I., Ekşi, Bona, G., and Şen Gökmen, F., 2022. *Illustrated Flora of Turkey, Volume 3a., ANG foundation Nezahat Gökyiğit Botanical Garden Publications*, Istanbul.
- Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N.E., Linder, P., and Kessler, M., 2017. *Climatologies at high resolution for the Earth's land surface areas*. *Scientific Data*, 4, 170122.
- Kreutz C. A. J., 2000. *Orchids of Turkey, botanical properties, ecological requirements, natural spreading sites, vital threats, precautions for protection* (Trans. and Cont.: A. Colak). Rota Publications, pp. 55-848.
- Kreutz C.A.J., and Krüger B., 2014. *Über Ophrys isaura und Ophrys kreutzii in der Türkei*. *Journal Europäischer Orchideen*, 46 (1).
- Moisen, G. G., and Frescino, T. S., 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157(2-3), 209-225.
- Özkan, K., Küçüksille, E.U., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., and Başar, M., 2020. *Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (BİÇEB) hesaplama yazılımı*. *Turkish Journal of Forestry*, 21, 344-348.
- Peet, R. K., 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), 285-307.
- Renz, J. and Taubenheim G., 1980: *Neue Ophrys-Taxa aus der Türkei.- Die Orchidee (Hamburg)* 31 (6): 235-243.
- Sezik, E., 1984. *Our Orchids: Orchids of Turkey*. Sandoz Culture Publications, Istanbul.
- Sezik, E., 2002. *Turkish orchids and salep*. *Acta Pharmaceutica Turcica*, 44:151-157.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.
- Soil Survey Staff., 1992. *Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey*. *Soil Survey Invest. Rep. I*. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C., USA.



## New records for the association between eulophid parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) and gall wasps (Hymenoptera: Cynipoidea: Cynipidae and Diplolepididae)

Özlem Mete<sup>a,\*</sup>, Musa Tataroğlu<sup>b</sup>, Yusuf Katılmış<sup>c</sup>

**Abstract:** To expand knowledge on gall communities, we identified 10 species from 6 genera within the family Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) found in oak and rose galls (formed by Cynipidae and Diplolepididae) collected in northeastern Anatolia. The eulophid parasitoids identified in this study represent new associate records for the gall wasp species examined. Additionally, *Euderus albitarsis* (Zetterstedt, 1838), *Stepanovia rosae* Boyadzhiev and Todorov, 2013, and *Aprostocetus levadiensis* Graham, 1987 are recorded for the first time in the fauna of Türkiye.

**Keywords:** Parasitoid wasps, Chalcidoidea, Eulophidae, Oak galls, Rose galls, New records

## Eulophid parazitoitler (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) ve gal arıları (Hymenoptera: Cynipoidea: Cynipidae ve Diplolepididae) arasındaki ilişkiye dair yeni kayıtlar

**Öz:** Gal komüniteleri hakkındaki bilgilere katkı sağlamak amacıyla, Kuzeydoğu Anadolu'da Cynipidae ve Diplolepididae tarafından oluşturulan meşe ve gül galleri toplanmış ve bu gallerde Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) familyasından 6 cinse ait 10 tür tespit edilmiştir. Bu çalışmada tespit edilen eulophid parazitoitler, incelenen gal arısı türleri ile ilişkili olmaları bakımından yeni kayıtlardır. Ayrıca, *Euderus albitarsis* (Zetterstedt, 1838), *Stepanovia rosae* Boyadzhiev and Todorov, 2013 ve *Aprostocetus levadiensis* Graham, 1987 Türkiye faunasında ilk kez kaydedilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Parazitoit yaban arıları, Chalcidoidea, Eulophidae, Meşe galleri, Gül galleri, Yeni kayıtlar

### 1. Introduction

Galls formed by gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae and Diplolepididae) host diverse communities, including primary and secondary parasitoids, phytophagous inquilines, various predators, and the gall maker itself. Most parasitoids associated with cynipid galls belong to the superfamily Chalcidoidea (Hymenoptera). This superfamily includes several families with species that attack inhabitants of cynipid galls (such as gall wasps, inquilines, and other parasitoids), including Eurytomidae, Torymidae, Eulophidae, Eupelmidae, Pteromalidae, and Ormyridae. Within Chalcidoidea, the family Eulophidae alone contains over 5.000 described species worldwide, distributed among 328 genera (Noyes, 2019). Among them, 221 species have been recorded in Türkiye (Doğanlar, 1982; 1985; 1993a; 1993b; 1993c; Graham, 1987; Öncüer, 1991; Yaşarakıncı and Hıncal, 1997; 2000; Bulut and Göçmen, 2000; Ülgentürk, 2001; Gençer, 2003a; 2003b; 2004a; 2004b; 2005; Civelek and Lasalle, 2005; Elekçioğlu and Uygun, 2006; Doğanlar and Triapitsyn, 2007; Doğanlar et al., 2009; Yefremova et al.,

2010; Cebeci et al., 2011; Karaca et al., 2015; Sakaltaş Arıyak and Tüzün, 2016; Boyadzhiev et al., 2017; Doğanlar et al., 2020).

Eulophids are small-bodied insects and are predominantly parasitoids, although secondary phytophagy is occasionally observed (Graham, 1987; Yefremova et al., 2010; Talebi et al., 2011; Gadallah et al., 2015). In the Western Palearctic region, 42 eulophid species across 9 genera (*Aulogymnus* Foerster, 1851, *Cirrospilus* Westwood, 1832, *Aprostocetus* Westwood, 1833, *Baryscapus* Foerster, 1856, *Minotetrastichus* Kostjukov, 1977, *Pediobius* Walker, 1846, *Dichatomus* Foerster, 1878, *Stepanovia* Kostjukov, 2004, and *Sigmophora* Rondani, 1867) have been reported in association with gall wasps (Askew et al., 2006; Lotfalizadeh et al., 2006; Hesami et al., 2010; Askew et al., 2013; Boyadzhiev and Todorov, 2013; Boyadzhiev et al., 2017).

The primary aim of this study is to expand knowledge on eulophid species within gall wasp communities. A deeper understanding of these species will help clarify their ecological roles, host relationships, and distribution patterns. Additionally, this knowledge may offer valuable insights for

<sup>a</sup> Department of Biology, Faculty of Science, Hacettepe University, Ankara, Türkiye

<sup>b</sup> Department of Veterinary, Acıpayam Vocational School of Higher Education, Pamukkale University, Denizli, Türkiye

<sup>c</sup> Department of Biology, Faculty of Science, Pamukkale University, Denizli, Türkiye

\* Corresponding author (İletişim yazarı): ozlmmete@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 10.12.2024, Accepted (Kabul tarihi): 25.02.2025



**Citation** (Atıf): Mete, Ö., Tataroğlu, M., Katılmış, Y., 2025. New records for the association between eulophid parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) and gall wasps (Hymenoptera: Cynipoidea: Cynipidae and Diplolepididae). Turkish Journal of Forestry, 26(1): 20-24.  
DOI: [10.18182/tjf.1595809](https://doi.org/10.18182/tjf.1595809)

biological control applications and contribute to future studies on gall wasp-associated ecosystems.

## 2. Materials and method

Field studies were conducted in northeastern Anatolia (in other words the Eastern Black Sea Region of Türkiye) from 2017 to 2019, during which gall samples from oak and rose gall wasps were collected. Each sample was meticulously inspected to remove any insects, spiders, or other organisms not associated with the gall community but incidentally present in the collected plant material. Gall samples were then individually stored in jars and kept at room temperature until the parasitoid wasps emerged. Adult parasitoids were preserved in 96% ethanol. Eulophid specimens reared from the samples were identified using the following taxonomic references: Graham (1959; 1987), Askew (1959), Bouček (1963; 1965), Boyadzhiev and Todorov (2013), and Li et al. (2017). All specimens are deposited in the insect collection of the Zoology Section, Department of Biology, Faculty of Science, Hacettepe University, Ankara, Türkiye. New records for the Turkish eulophid fauna are marked with an asterisk (\*).

## 3. Results and discussion

Here, 10 eulophid species from 6 genera were identified.

### 3.1. Genus *Aulogymnus* Foerster, 1851

#### 3.1.1. *Aulogymnus gallarum* (Linnaeus, 1761)

Distribution: Widely distributed in the Western Palaearctic region (Noyes, 2019).

Material examined: Rize — Fındıklı, Sultandağı, 41°12' N, 41°16' E, 1300 m, 16 Nov. 2017, ex. gall of *Andricus mammadovi* Azmaz & Katılmış, 2021, 1♂; Fındıklı, Sultandağı, 41°12' N, 41°16' E, 1150 m, 17 May. 2018, ex. gall of *A. mammadovi*, 54♀♀, 63♂♂; Fındıklı, Sultandağı, 41°12' N, 41°16' E, 1150 m, 22 Jun. 2018, ex. gall of *A. mammadovi*, 16♀♀, 13♂♂.

Diagnosis: Female — Antennal formula 11232, first funicle segment about twice as long as pedicel; metathorax plus propodeum more than half as long as scutellum; scutellum with two longitudinal bluish-grey lines; forewings with two definite fuscous marks, one at proximal end of marginal vein, the other beneath stigma, speculum open beneath, marginal vein more than twice as long as stigmal vein; tibiae pale yellow, with a fuscous streak on ventral aspect of front tibiae; length 1.5-1.8 mm. Male — Antenna with five undifferentiated funicle segments, last flagellar segment as long as penultimate segment, antennal hairs short and recumbent; wings hyaline, forewing stigma oblong, marginal vein less than 0.5 times as long as stigmal vein, speculum open beneath; tibiae pale yellow; length 1.2-1.7 mm.

Note: This species is a parasitoid of several oak gall wasps from the genera *Andricus* Hartig, 1840, *Biorhiza* Westwood, 1840, *Callirhytis* Förster 1869, *Cynips* Linnaeus, 1758, *Neuroterus* Hartig, 1840, and *Trigonaspis* Hartig, 1840 (Noyes, 2019). This study represents the first record of this parasitoid as an associate of *A. mammadovi*.

#### 3.1.2. *Aulogymnus trilineatus* (Mayr, 1877)

Distribution: Widely distributed in the Western Palaearctic region (Noyes, 2019).

Material examined: Giresun — Şebinkarahisar, Çamlıbel, 40°20' N, 38°31' E, 1170 m, 20 Feb. 2018, ex. gall of *Cynips quercus* (Fourcroy, 1785), 1♂; Gümüşhane — Kelkit, Çağlar, 40°05' N, 39°17' E, 1650 m, 21 Feb. 2018, ex. gall of *Cynips baskalei* Azmaz & Katılmış, 2020, 3♀♀; Kelkit, Çağlar, 40°05' N, 39°17' E, 1500 m, 24 Sep. 2019, ex. gall of *C. baskalei*, 15♀♀, 14♂♂; Şiran, Ardıçlı, 40°07' N, 39°12' E, 1620 m, 21 Feb. 2018, ex. gall of *C. baskalei*, 1♀; Ordu — Akkuş, Yolbaşı, 40°42' N, 36°59' E, 1050 m, 13 Mar. 2018, ex. gall of *Andricus mitratus* (Mayr, 1870), 1♂; Mesudiye, Mahmudiye, 40°35' N, 37°39' E, 1370 m, 13 Mar. 2018, ex. gall of *Andricus assarehi* Melika & Sadeghi, 2008, 1♀.

Diagnosis: Female — Antennal formula 11232, first funicle segment 2.2 times as long as pedicel, scape with a fuscous line above; metathorax plus propodeum more than half as long as scutellum; scutellum with two longitudinal bluish-green lines, and with a less defined median line in darker colour; forewings with a small fuscous mark at proximal end of marginal vein, and the stigma darkened, speculum open beneath, marginal vein more than twice as long as stigmal vein; gaster ovate, about as long as thorax, 1.5 times as long as wide; tibiae pale yellow, with a fuscous streak on ventral aspect of front tibiae; length 3.0-3.6 mm. Male — Funicle with short, recumbent, white hairs, fuscous above, paler below, first segment longer and larger than other segments, flagellum with last segment not longer than penultimate segment; speculum open beneath; wings hyaline but proximal end of marginal vein darkened; tibiae pale yellow; length 2.8-3.0 mm.

Note: This species is known to parasitize several oak gall wasp species from the genera *Andricus*, *Biorhiza*, *Cynips*, *Trigonaspis*, as well as some inquiline cynipid species (Noyes, 2019). This study provides the first record of this species as an associate of *A. assarehi* and *C. baskalei*.

#### 3.1.3. *Aulogymnus* sp.

Material examined: Gümüşhane — Karamustafa, Tersun, 40°19' N, 39°18' E, 1660 m, 24 Feb. 2018, ex. gall of *Biorhiza pallida* (Olivier, 1791), 1♀, 1♂; Torul, Zigana, 40°36' N, 39°20' E, 1115 m, 21 Oct. 2017, ex. gall of *B. pallida*, 1♀.

Note: Further examination is required due to the poor condition of the specimens.

## 3.2. Genus *Euderus* Haliday, 1844

#### 3.2.1. *Euderus albitarsis* (Zetterstedt, 1838)\*

Distribution: Widely distributed in the Palaearctic and Nearctic regions (Bouček, 1963; Noyes, 2019). This is a new record for Türkiye.

Material examined: Bayburt — Ortaçimağıl, 40°05' N, 40°35' E, 2190 m, 14 Nov. 2017, ex. gall of *Diplolepis fructuum* (Rübsaamen, 1895), 2♀♀.

Diagnosis: Female — Antennal formula 11143, funicle segments 1 to 3 obviously longer than broad; forewing hyaline, its distal part with some of the hairs arranged in 5 lines, 3 of which radiate from the stigma, submarginal vein with 5 dorsal bristles; gaster at least slightly longer than head

plus thorax; body dark metallic, blue and purple; legs dark brown except tarsi; length 2.3-2.5 mm.

Note: This species parasitizes various species across the orders Coleoptera, Lepidoptera (particularly Lepidoptera), Orthoptera, Homoptera, Diptera, Hemiptera, and Hymenoptera (Bouček, 1963; Noyes, 2019), as well as an unspecified cynipid species (Bouček and Askew, 1968). This study represents the first record of this parasitoid as an associate of *D. fructuum*.

### 3.3. Genus *Pnigalio* Schrank, 1802

#### 3.3.1. *Pnigalio agraulis* (Walker, 1839)

Distribution: Widely distributed in Palaearctic (Noyes, 2019).

Material examined: Bayburt — Bayburt-Erzurum 10. km, 40°10' N, 40°20' E, 1680 m, 18 Sep. 2018, ex. gall of *Cynips divisa* Hartig, 1840, 1♀.

Diagnosis: Female — Antennal formula 11242, antenna inserted near of lower edge of eyes, scape almost reaching the vertex; anterior margin of clypeus entire; notaulices present in front only; mesoscutum with conspicuous bristles; scutellum without sublateral longitudinal grooves; median carina of propodeum complete, plicae complete, costula present and reaching median carina; gaster 1.8 times as long as broad; hind tarsus with three basal segments whitish; inner face of midcoxa without setae; length 2.0 mm.

Note: This species is a parasitoid of several species within the orders Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, and Hymenoptera (Noyes, 2019). It has been reported to attack the sexual form of the oak gall wasp *Neuroterus numismalis* (Geoffroy in Fourcroy, 1785) (Bouček and Askew, 1968; Askew and Shaw, 1974). This study provides the first record of this parasitoid as an associate of *C. divisa*.

### 3.4. Genus *Stepanovia* Kostjukov, 2004

#### 3.4.1. *Stepanovia rosae* Boyadzhiev & Todorov, 2013\*

Distribution: Bulgaria (Boyadzhiev and Todorov, 2013). This is a new record for Türkiye.

Material examined: Artvin — Ardanuç, Yolüstü, 41°10' N, 42°03' E, 1250 m, 13 Mar. 2019, ex. gall of *Diplolepis rosae* (Linnaeus, 1758), 8♀♀; Bayburt — Bayburt-Uluçayır 4. km, 40°14' N, 40°16' E, 1645 m, 21 Feb. 2018, ex. gall of *D. fructuum*, 3♀♀, 2♂♂; Çakırbağ, 40°23.645' N, 40°30.539' E, 1440 m, 23 Feb. 2018, ex. gall of *D. fructuum*, 8♀♀, 2♂♂; Ortaçimağıl, 40°05.322' N, 40°35.279' E, 2190 m, 14 Nov. 2017, ex. gall of *Diplolepis eglanteriae* (Hartig, 1840), 5♀♀; Gümüşhane — Olukdere, 40°22' N, 39°34' E, 1315 m, 18 Oct. 2017, ex. gall of *D. fructuum*, 1♀; Ordu — Akkuş, Yukarıdügencili, 40°44' N, 37°01' E, 1275 m, 17 Mar. 2018, ex. gall of *Diplolepis mayri* (Schlechtendal, 1876), 10♀♀, 2♂♂; Mesudiye, Güvenli, 40°25' N, 37°53' E, 1600 m, 17 Oct. 2018, ex. gall of *D. mayri*, 2♀♀, 1♂.

Diagnosis: Female — Antennal formula 11433; scape not quite reaching level of median ocellus; pedicellus 1.8 times as long as broad, 0.8 times as long as F1, clava 2.3-2.4 times as long as broad, POL about 1.2-1.3 OOL, OOL 2.0-2.2 OD; head brownish with U-shaped yellow stripe on lower face, and mouth edge pale, gaster entirely brownish, tibiae and distal parts of femora pale, femora broadly brownish proximally; scutellum 1.1-1.2 as long as broad; forewing 2.1-2.3 times as

long as broad; gaster 2.0-2.5 times as long as broad, acuminate; ovipositor sheaths plus postcercalae 0.6 times as long as hind tibiae, sheaths 0.9-1.0 length of postcercalae; length 2.2-2.5 mm. Male — Antenna with ventral plaque situated about in the middle third of scape; length 1.3-1.6 mm.

Note: This species is an associate of *D. rosae* (Boyadzhiev and Todorov, 2013). This study provides the first record of this parasitoid as an associate of *D. eglanteriae*, *D. fructuum*, and *D. mayri*.

#### 3.4.2. *Stepanovia* sp.

Material examined: Bayburt — Alapelit, 40°19' N, 40°30' E, 1585 m, 19 Oct. 2017, ex. gall of *D. fructuum*, 4♀♀, 1♂; Aydıntepe, Salmankaş, 40°28' N, 40°01' E, 1835 m, 20 Apr. 2018, ex. gall of *D. fructuum*, 6♀♀, 2♂♂; Giresun — Şebinkarahisar, Ocaktaşı, 40°12' N, 38°33' E, 1600 m, 18 Oct. 2018, ex. gall of *D. fructuum*, 1♂.

Note: Further identification was not possible because of the poor condition of the specimens.

### 3.5. Genus *Aprostocetus* Westwood, 1833

#### 3.5.1. *Aprostocetus levadiensis* Graham, 1987\*

Distribution: Greece (Graham, 1987). This is the first record of this species in Türkiye; however, the diagnosis requires confirmation with additional samples.

Material examined: Rize — Fındıklı, Sultandağı, 41°12' N, 41°16' E, 1330 m, 22 Jun. 2018, ex. gall of *A. mammadovi*, 3♀♀, 1♂.

Diagnosis: Female — Antennal funicle 3-segmented; head not broader than mesoscutum; apical margin of forewing ciliate throughout; thorax distinctly arched dorsally; body nonmetallic; midlobe of mesoscutum with a single row of adnotaular setae on each side; propodeum medially as long as dorsellum; gaster lanceolate, as long as head plus thorax, with the two longest setae of each cercus subequal in length; the midlobe of the mesoscutum has some trace of a median line; ovipositor sheaths plus postcercalae less than length of hind tibia; ovipositor sheaths plus postcercalae about 0.7 length of hind tibia; ovipositor sheaths at least 2.5 times as long as postcercalae; body extensively yellow; propodeal callus with 2 setae; length 2.1-2.3 mm. Male — length 2.0 mm.

Note: Host unknown (Graham, 1987). This study provides the first record of this species as an associate of *A. mammadovi*; however, due to the poor condition of the specimens, additional samples are needed to verify the diagnosis.

#### 3.5.2. *Aprostocetus* sp.

Material examined: Artvin — Ormanlı, 41°16' N, 41°45' E, 575 m, 17 May. 2018, ex. gall of *B. pallida*, 1♀, 2♂♂; Bayburt — Dövmekaya-Alapelit 3. km, 40°17' N, 40°29' E, 2020 m, 19 Oct. 2017, ex. gall of *Cynips korsakovi* Belizin, 1961, 1♀; Gümüşhane — Kürtün, Demirciler, 40°38' N, 39°06' E, 640 m, 17 Apr. 2018, ex. gall of *B. pallida*, 1♀, 1♂; Rize — Fındıklı, Sultandağı, 41°12' N, 41°16' E, 1180 m, 22 Jun. 2018, ex. gall of *A. mammadovi*, 4♀♀, 2♂♂; Fındıklı, Sultandağı, 41°12' N, 41°16' E, 1150 m, 22 Jun. 2018, ex. gall of *A. mammadovi*, 3♂♂; Güneysu, 40°52' N, 40°39' E, 1875 m, 15 Nov. 2017, ex. gall of *A. mammadovi*, 1♀.

Note: Due to the poor condition of the specimens, further identification was not possible.

### 3.6. Genus *Pediobius* Walker, 1846

#### 3.6.1. *Pediobius rotundatus* (Fonscolombe, 1832)

Distribution: Southern Europe, North Africa (Noyes, 2019).

Material examined: Ordu — Akkuş, Gökçebayır, 40°42' N, 37°01' E, 940 m, 17 Mar. 2018, ex. gall of *Pseudoneuroterus macropterus* (Hartig, 1843), 8♀♀; Akkuş, Gökçebayır, 40°43' N, 37°01' E, 920 m, 14 Mar. 2019, ex. gall of *P. macropterus*, 3♀♀, 1♂.

Diagnosis: Female — Antennal formula 11223; F1 1.2-1.3 times as long as F2, F2 nearly as long as broad; scrobal grooves meeting just below the fork; scapus, femora and tibiae metallic; notauli shallow, their flat bottom reticulate; mesoscutum all over reticulate; scutellum reticulate; speculum in the forewing closed; postmarginal vein developed, about as long as stigmal vein; intercarinal stripe of propodeum fused into one anteriorly; length 1.9-2.0 mm. Male — length 1.8 mm.

Note: This species is known to associate with several oak gall wasp species from the genera *Andricus*, *Chilaspsis* Mayr, 1881, *Neuroterus*, *Plagiotrochus* Mayr, 1881, and *Pseudoneuroterus* Kinsey, 1923, as well as *Tortrix viridana* (Linnaeus, 1758) from the order Lepidoptera (Noyes, 2019). This is the first record of this parasitoid associating with *P. macropterus*.

During the study, oak and rose galls were collected from the northeastern part of Anatolia, and associated eulophid species were identified. There are no previous records of parasitoid species associated with oak galls belonging to *C. baskalei* (Azmaz and Katılmış, 2020), *A. assarehi* (Tavakoli et al., 2008), and *A. mammadovi* (Azmaz and Katılmış, 2021) in previous studies. Therefore, our discovery of species associated with these galls marks significant new additions to the gall community records. Furthermore, the inclusion of a new parasitoid species (*E. albitarsis*) enriches our understanding of the well-documented community dynamics involving *D. fructuum* galls (Diplolepididae). However, despite inspecting the gall samples to remove insects, spiders, and other organisms that were incidentally found in the collected plant material, further sampling is necessary to determine whether the occurrences of *P. agraulis* and *E. albitarsis* are incidental.

## 4. Conclusion

*Euderus albitarsis* and *S. rosae* are new records for the fauna of Türkiye, expanding the known distribution of these species. Additionally, *A. levadiensis* is recorded for the first time in this region; however, its identification needs further confirmation due to the poor condition of the examined material. These findings contribute to the understanding of gall-associated eulophid diversity, but more studies with additional specimens and molecular analyses would help to confirm species identities.

Moreover, none of the eulophid species found in this study were detected in both oak and rose galls, suggesting distinct ecological preferences among these communities. This result highlights the role of host plant specificity in shaping parasitoid assemblages and indicates that gall wasp

communities may host specialized eulophid species. Further research on host-parasitoid relationships and habitat preferences would be useful to better understand the ecological patterns of these species.

## Acknowledgement

The gall samples were collected as part of a TÜBİTAK (Scientific and Technological Research Council of Türkiye) project (Project No: 117Z096).

## References

- Askew, R. R., 1959. A revision of the British species of the genus *Olynx* Förster (Hym., Eulophidae). The Entomologist's Monthly Magazine, 95: 49-57.
- Askew, R. R., Melika, G., Pujade-Villar, J., Schönrogge, K., Stone, G. N., Nieves-Aldrey, J. L., 2013. Catalogue of parasitoids and inquilines in cynipid oak galls in the West Palaearctic. Zootaxa, 3643(1): 1-133.
- Askew, R. R., Plantard, O., Gómez, J. F., Nieves, M. F., Nieves-Aldrey, J. L., 2006. Catalogue of parasitoids in galls of Aylacini, Diplolepidini, and Pediaspidini (Cynipidae) in the West Palaearctic. Zootaxa, 1301: 1-60.
- Askew, R. R., Shaw, M. R., 1974. An account of the Chalcidoidea (Hymenoptera) parasitizing leaf-mining insects of deciduous trees in Britain. Biological Journal of the Linnean Society, 6(4): 329.
- Azmaz, M., Katılmış, Y., 2020. A new species of *Cynips* (Cynipidae: Cynipini) from Turkey. Zoology in the Middle East, 66: 232-239.
- Azmaz, M., Katılmış, Y., 2021. Two new oak gall wasp species (Hymenoptera: Cynipidae, Cynipini) from *Quercus pontica* (Fagaceae) in Turkey. Zootaxa, 5016(3): 382-394.
- Bouček, Z., 1963. Studien über europäische Eulophidae, III: Euderinae (Hymenoptera: Chalcidoidea). Beiträge zur Entomologie, 13(3-4): 257-281.
- Bouček, Z., 1965. Studies of European Eulophidae, IV: *Pediobius* Walk. and two allied genera (Hymenoptera). Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae, 36: 5-90.
- Bouček, Z., Askew, R. R., 1968. Hym. Chalcidoidea. Palaearctic Eulophidae (excl. Tetrastichinae). In: Index of Entomophagous Insects (Ed: Delucchi, V., Remaudière, G.), Paris, France, Le François, pp. 191-222.
- Boyadzhiev, P.S., Todorov, I. A., 2013. Description of a new species of *Stepanovia* Kostjukov (Hymenoptera: Eulophidae) from Bulgaria. Revue Suisse de Zoologie, 120(3): 348.
- Boyadzhiev, P. S., Yefremova, Z. A., Tozlu, G., Mergen, Y.O., Mete, O., 2017. Description of *Stepanovia fructirosae* sp. n. (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) from Turkey. Acta Zoologica Bulgarica Supplement, 8: 113-117.
- Bulut, E., Göçmen, H., 2000. Pests and their natural enemies on greenhouse vegetables in Antalya. Section Regionale Ouest Palaearctique, Organisation Internationale de Lutte Biologique Bulletin, 23(1): 33-37.
- Cebeci, H. H., Grabenweger, G., Ayberk, H., 2011. Eulophid parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), from İstanbul, Turkey. Turkish Journal of Zoology, 35(5): 777-780.
- Civelek, H. S., Lasalle, J., 2005. Checklist of leafminer (Diptera: Agromyzidae) parasitoids in Turkey, with two new records. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte, 30(1-2): 21-28.
- Doğanlar, M., 1982. A new species of *Diglyphus* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) from Eastern Anatolia. Türkiye Bitki Koruma Dergisi, 6: 75-78.
- Doğanlar, M., 1985. A new cotton pest of Turkey from Iğdir Plain, *Pexicopia malvella* (Hb.) (Lepidoptera; Gelechiidae) and its parasites. Türkiye Bitki Koruma Dergisi, 9(3): 165-172.

- Doğanlar, M., 1993a. Notes on *Baryscapus* Förster, 1856, with description of four new species (Hymenoptera, Eulophidae, Tetrastichinae). *Zeitschrift für Entomologie*, 14(23): 382-384.
- Doğanlar, M., 1993b. Two new species of *Puklina* Graham, 1991 (Hymenoptera, Eulophidae, Tetrastichinae). *Zeitschrift für Entomologie*, 14(23): 392-393.
- Doğanlar, M., 1993c. Notes on *Pronotalia* Gradwell, 1957, with description of two new species from Turkey (Hymenoptera, Eulophidae, Tetrastichinae). *Zeitschrift für Entomologie*, 14(23): 362-364.
- Doğanlar, M., Lasalle, J., Sertkaya, E., Doğanlar, O., 2009. A new species of *Quadrastichus* Girault, 1913, (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae) from Hatay, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 33: 309-314.
- Doğanlar, M., Triapitsyn, S. V., 2007. Review of *Ceraninus* (Hymenoptera: Eulophidae) of Turkey, with description of a new species. *European Journal of Entomology*, 104: 105-110.
- Doğanlar, M., Vatansver Sakin, G., Laz, B., 2020. Four new species of *Zeytinus* Doğanlar, 2011 (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae) from Turkey and a redescription of the type species, *Zeytinus hatayensis* Doğanlar, 2011. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11(1): 101-117.
- Elekçioğlu, N. Z., Uygun, N., 2006. The parasitoid complex of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) in the East Mediterranean region of Turkey and their role in biological control. *Turkish Journal of Zoology*, 30: 155-160.
- Gadallah, N., Yefremova, Z., Yegorenkova, E.N., Soliman, A. M., Abu El-Ghiet, U. M., Edmardash, Y., 2015. A review of the family Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of Egypt, with thirty-three new records. *Zootaxa*, 4058(1): 66-80.
- Gençer, L., 2003a. Sivas'ta Kuşburnu (*Rosa canina*)'nda zarar yapan *Diplolepis mayri* Schld. (Hymenoptera: Cynipidae)'nin Chalcidoid parasitoidleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 27(2): 107-111.
- Gençer, L., 2003b. The parasitoids of *Yponomeuta malinellus* Zeller (Lepidoptera: Yponomeutidae) in Sivas. *Turkish Journal of Zoology*, 27: 43-46.
- Gençer, L., 2004a. Contribution of the knowledge of the family Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) from Turkey, with some new records. *Phytoparasitica*, 32(3): 264-273.
- Gençer, L., 2004b. A study on the chalcidoid (Hymenoptera: Chalcidoidea) parasitoids of leafminers (Diptera: Agromyzidae) in Ankara province. *Turkish Journal of Zoology*, 28: 119-122.
- Gençer, L., 2005. Chalcidoid parasitoids of *Micrurapteryx sophorivora* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Kuluncak, Turkey. *Phytoprotection*, 86(2): 133-134.
- Graham, M.W.R. de V., 1959. Keys to the British genera and species of Elachertinae, Eulophinae, Entedontinae, and Euderinae (Hym., Chalcidoidea). *Transactions of the Society for British Entomology*, 13: 169-204.
- Graham, M. W. R. de V., 1987. A reclassification of the European Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae), with a revision of certain genera. *Bulletin of the British Museum Natural History Entomology*, 55(1): 1-392.
- Hesami, S., Ebrahimi, E., Ostovan, H., Shojai, M., Kamali, K., Yefremova, Z., Yegorenkova, E., 2010. Contribution to the study of Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of Fars province of Iran: I- subfamilies Entedontinae and Tetrastichinae. *Munis Entomology and Zoology*, 5(1): 155.
- Karaca, İ., Kayahan, A., Şimşek, B., Avcı, M., 2015. Türkiye faunası için yeni bir kayıt: *Chrysocharis gemma* Walker (Hymenoptera: Eulophidae). *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 5(4): 217-221.
- Li, T., Yang, Z.-Q., Sun, S.P., Wang, R., 2017. A new species of *Pnigalio* (Hymenoptera, Eulophidae) parasitizing *Eriocrania semipurpurella alpina* (Lepidoptera, Eriocraniidae) in China, with its biology and a key to Chinese known species. *ZooKeys*, 687: 149-159.
- Lotfalizadeh, H., Delvare, G., Rasplus, J.-Y., 2006. Rose gall wasps and their associated fauna (Hymenoptera) in Iran. *Redia*, 89: 73-85.
- Noyes, J.S., 2019. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/chalcidooids>. Accessed: 06.07.2024.
- Öncüer, C., 1991. Türkiye Bitki Zararlısı Böceklerinin Parazit ve Predatör Kataloğu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 505, İzmir.
- Sakaltaş Arıyak, E., Tüzün, A., 2016. Contribution to the knowledge of the Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from Kırıkkale and Çankırı, Turkey, with some new records. *Turkish Journal of Zoology*, 40: 806-813.
- Talebi, A.A., Khoramabadi, A.M., Rakhshani, E., 2011. Checklist of eulophid wasps (Insecta: Hymenoptera: Eulophidae) of Iran. *Check List*, 7(6): 708-719.
- Tavakoli, M., Melika, G., Sadeghi, S., Péntzes, Z., Assareh, M., Atkinson, R., Bechtold, M., Mikó, I., Zargaran, M.R., Aligolizade, D., Barimani, H., Bihari, P., Pirozi, F., Fülöp, D., Somogyi, K., Challis, R., Preuss, S., Nicholls, J., Stone, G.N., 2008. New species of oak gallwasps from Iran (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini). *Zootaxa*, 1699(1): 1-64.
- Ülgentürk, S., 2001. Parasitoids and predators of Coccidae (Homoptera: Coccoidea) species on ornamental plants in Ankara, Turkey. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 36(3-4): 369-375.
- Yaşarakıncı, N., Hıncal, P., 1997. İzmir'de örtüaltında yetiştirilen domates, hıyar, biber ve marulda bulunan zararlı ve yararlı türler ile bunların popülasyon yoğunlukları üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 37(1-2): 79- 89.
- Yaşarakıncı, N., Hıncal, P., 2000. Studies on the pests, their natural enemies and population developments on protected eggplant in İzmir province. *Bitki Koruma Bülteni*, 40(1-2): 29-48.
- Yefremova, Z. A., Civelek, H. S., Boyadzhiev, P. S., Dursun, O., Eskin, A., 2010. Contributions to the Turkish Eulophidae (Hymenoptera, Chalcidoidea) with new records. *Turkish Journal of Entomology*, 34(4): 447-463.

# Generation of digital terrain models using different geospatial measurement technologies: A comparative analysis of the terrain data sets

Ali Karaca<sup>a</sup> , Ender Buğday<sup>b,\*</sup> 

**Abstract:** Since early civilizations, the growing need for information has driven continuous advancements in surveying and photogrammetry, particularly with modern technologies enhancing measurement techniques and the integration of global positioning systems across terrestrial, aerial, and satellite platforms. Since the early twenty-first century, technologies such as GPS, mobile phones, GNSS-CORS, and UAVs have rapidly become integral to practical measurements across various sectors, including construction, mining, aviation, agriculture, and forestry. In this study, topographic measurement devices with different measurement sensitivities, such as GPS, GNSS-CORS, mobile phones and UAVs, were measured in the same size area and compared in terms of measurement time, precision and mapping. In addition, digital elevation values were calculated for the same area and mapped in the Google Earth software environment from satellite data, a widely referenced remote sensing dataset. These different measurement data obtained were compared on the same plane and as a result, it was determined that GNSS-CORS and RTK-UAV devices with RTK provided high precision data, followed by UAV without RTK device, Google Earth data set, mobile phone and GPS device. Upon examination of the results of this study, it was determined that UAV technology is particularly compatible with research endeavors demanding high precision and rapid data acquisition. Conversely, for studies where high sensitivity is not a primary consideration, measurements derived from GPS and mobile phone data may offer a suitable alternative.

**Keywords:** Unmanned aerial vehicle, GNSS-CORS, GPS, Terrain measurement

## Farklı coğrafi ölçüm teknolojilerini kullanarak sayısal arazi modellerinin üretilmesi: Arazi veri setlerinin karşılaştırmalı analizi

**Öz:** Eski medeniyetlerden bu yana, artan bilgi ihtiyacı, özellikle ölçüm tekniklerini ve küresel konumlandırma sistemlerinin karasal, hava ve uydu platformları arasında entegrasyonunu geliştiren modern teknolojilerle birlikte, arazi ölçümü ve fotogrametri alanında sürekli ilerlemelere yol açmıştır. Yirmi birinci yüzyılın başlarından bu yana, GPS, cep telefonları, GNSS-CORS ve İHA'lar gibi teknolojiler, inşaat, madencilik, havacılık, tarım ve ormancılık dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde pratik ölçümlerin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bu çalışmada, GPS, GNSS-CORS, cep telefonları ve İHA'lar gibi farklı ölçüm hassasiyetlerine sahip topoğrafik ölçüm cihazları aynı büyüklükteki alanda ölçülmüş ve ölçüm süresi, hassasiyet ve haritalama açısından karşılaştırılmıştır. Ayrıca, aynı alan için sayısal yükseklik değerleri hesaplanmış ve yaygın olarak referans alınan bir uzaktan algılama veri kümesi olan uydu verilerinden Google Earth yazılım ortamında haritalanmıştır. Elde edilen bu farklı ölçüm verileri aynı düzlemde karşılaştırılmış ve sonuç olarak RTK özellikli GNSS-CORS ve RTK-İHA cihazlarının yüksek hassasiyetli veri sağladığı, bunu RTK cihazı olmayan İHA, Google Earth veri seti, cep telefonu ve GPS cihazının izlediği belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yüksek hassasiyet ve kısa süreli ölçüm gerektiren çalışmalarda İHA kullanımının daha etkili olduğu, yüksek hassasiyet istenmeyen çalışmalarda ise GPS ve cep telefonu ile yapılan ölçümlerin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** İnsansız hava aracı, GNSS-CORS, GPS, Arazi ölçümü

### 1. Introduction

In response to the rapid surge in global population, there has been a concurrent escalation in demands across virtually every sector. As the world evolves at an unprecedented pace, there is an increasing imperative for more meticulous planning activities. In this regard, advancements in measurement technologies and devices within the engineering domain are progressing and improving gradually (Eryılmaz, 2019). The measurement techniques and

instruments prevalent in engineering research are continually undergoing enhancements, with updated products being introduced to the market over time. Notable examples of measurement devices utilized within the engineering sector include the Global Positioning System (GPS) (Karaali and Yıldırım, 1996; Huggins et al., 2020), the Global Navigation Satellite Systems-Continuously Operating Reference Stations (GNSS-CORS) (Kahveci, 2009; Fan et al., 2024), total stations (Karagöz et al., 2020; Putra et al., 2023), and

✉ <sup>a</sup> Governorship of Çankırı, Special Provincial Administration, Çankırı, Türkiye

<sup>b</sup> Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Çankırı, Türkiye

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): ebugday@karatekin.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 17.08.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 22.01.2025



**Citation** (Atıf): Karaca, A., Buğday, E., 2025. Generation of digital terrain models using different geospatial measurement technologies: A comparative analysis of the terrain data sets. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 25-35. DOI: [10.18182/tjf.1534998](https://doi.org/10.18182/tjf.1534998)

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) (Buğday, 2019; Śledź et al., 2021).

As technology continues to advance, handheld GPS units, GNSS-CORS devices, and total stations have become widely used in land surveying research. Recently, UAVs have also been incorporated into this suite of tools. While the capabilities of these devices vary depending on the specific measurement objectives and required data accuracy, they remain effective within the constraints of their technical specifications and the desired measurement sensitivity (Bülbül et al., 2015). The operational boundaries of each device are explicitly defined by the manufacturers, based on their design parameters and performance characteristics. The operational limits of each measurement device are delineated by the manufacturers.

In the context of forested areas and their adjacent environments, it is well-documented that measurements are inherently challenging, necessitating considerable labor and time compared to measurements in flat terrains. Given that the majority of forested regions in Türkiye are situated on mountainous and sloping landscapes, measurement activities are generally perceived as arduous and protracted. The sensitivity and accuracy of measurement instruments employed in engineering studies are contingent upon the technological capabilities of the devices utilized. Beyond the complexities introduced by rugged terrain and adverse weather conditions, it is crucial to assess the performance of these instruments, evaluate their operational durations, and determine their efficiency and costs to enhance the effectiveness and rationality of measurement practices. Therefore, identifying the appropriate devices for specific applications and contexts, and elucidating their efficiency and cost implications, is of paramount importance.

UAVs have become indispensable across a wide range of sectors due to their reliability and practical utility. Their applications are notably prevalent in fields such as aviation (Grindley et al., 2024), energy (Boukoberine et al., 2019), security and emergency response (Robakowska et al., 2022), logistics (Gupta et al., 2021), mining (Şanlıyüksel Yücel and Yücel, 2017) (Ren et al., 2019), construction (Martinez et al., 2020; Park et al., 2022), and environmental sciences (Fascista, 2022). In particular, the forestry sector has witnessed a significant integration of UAV technology, where these devices are employed for a multitude of specialized tasks. These include detailed land analysis and mapping (Schiefer et al., 2020), precise excavation and fill calculations (Tercan, 2017; Buğday, 2018), comprehensive road project evaluations (Akgül et al., 2016; Julge et al., 2019), and the measurement of various parameters related to tree and stand characteristics (Durgun et al., 2022; Durgun et al., 2023). The deployment of UAVs in these activities not only enhances operational efficiency but also provides valuable data that supports informed decision-making and resource management within the forestry.

In this study, a land area of same size (1 hectare) was surveyed using GPS, mobile phone, GNSS-CORS, and

UAVs, and a benefit/cost analysis was conducted based on various resolution levels. Currently, these technologies are extensively employed in land surveying as well as in calculations for excavation and earthmoving projects. Given that the forestry sector is an engineering discipline requiring such measurements and evaluations, these devices are periodically utilized within this field. In forestry terrain measurement studies, the selection of measurement tools is influenced by several factors, including the size of the area to be surveyed, the required measurement precision, the availability of trained personnel, the timeframe allocated for the measurement, and the budget constraints. It is essential to evaluate these factors within a benefit/cost framework, presenting numerical data to inform decision-making. In this context, various measurement devices with differing technical specifications were employed simultaneously at the same location, allowing for comparative analysis. Consequently, recommendations were made concerning the optimal tool for the area size, measurement duration, and cost considerations (both renting and purchasing).

## 2. Material and method

### 2.1. Study area

This study was carried out within the forest area border of Akbaş Village, a forest village located in Çerkeş district of Çankırı province. The study area is shown in Figure 1. The size of the study area was limited to 1 ha for the purpose of using unit calculations. Within the scope of this study, measurement times were calculated using Garmin Oregon 550 brand handheld GPS device, CHC-X91 brand GNSS-CORS device, DJI Phantom 4 and DJI Phantom 4 RTK UAV-drone devices and iPhone 13 Pro mobile phone. The location accuracies of these devices are Garmin 3-5 m., CHC-X91 device 1-2 cm., Phantom drone 4 1-2 m., Phantom 4 RTK drone (1-3 cm), and iPhone 13 Pro 5 meters.

In this study, devices characterized by different technological attributes and varying levels of measurement precision, all employing global positioning systems, were utilized. The devices in question included a handheld GPS unit (Garmin, 2024), a GNSS-CORS device (CHC, 2024), DJI Phantom 4 and DJI Phantom 4 RTK drones, as well as a mobile phone (Apple, 2024).

In this study, calculations were made considering the technical specifications and technological capabilities of all measurement devices used, and the results were presented in the results section by comparing the data of the Digital Elevation Model (DEM) and Digital Terrain Model (DTM) and by presenting them in tables and graphics. Within the scope of this study, Phantom 4 (DJI, 2024a) and Phantom 4 RTK (DJI, 2024b) devices, which are increasingly used in photogrammetric measurement studies, were preferred. Technical information about these devices is given in Table 1.

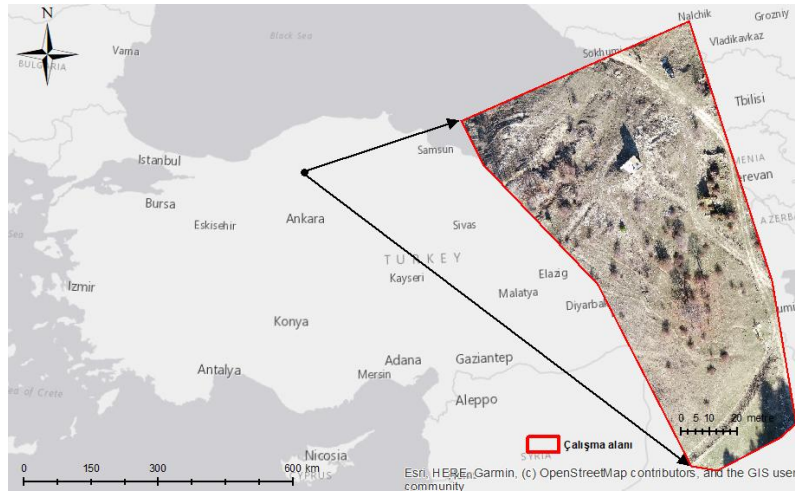


Figure 1. Location of the study area

2.2. Method

Measurements were conducted across the same geographic area using each of these devices. Additionally, satellite-derived height data from Google Earth was employed for comparative analysis. Specifically, GNSS-CORS, GPS, and mobile phone devices (utilizing GPS tracks software for terrestrial measurement) were employed to record data while traversing the area in parallel, with data points collected at five-meter intervals (Figure 2). Subsequently, the Phantom 4 and Phantom 4 RTK drones were operated autonomously to capture aerial imagery of the terrain. The resulting data are systematically presented in tabular and graphical formats within the results section.

The performance of all measuring devices in this study is evaluated using the Root Mean Square Error (RMSE), as described by Equation (1), a method commonly employed in the international literature (Famiglietti et al., 2021).

$$RMSE = \sqrt{[\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 / n]} \quad (1)$$

In this equation,  $P_i$ : the estimated value for the  $i$ -th observation in the data set,  $O_i$ : the observed value for the  $i$ -th observation in the data set, and  $n$ : the number of samples. The Root Mean Square Error (RMSE) can range from zero to infinity. A model exhibiting an RMSE value close to zero indicates minimal error, signifying that the model's predictions are highly accurate. Specifically, an RMSE of zero denotes a complete absence of error (Famiglietti et al., 2021). Given that this study incorporates GIS-based data, the evaluation of spatial resolution and sensitivity also emerges as a crucial criterion. In this context, data exhibiting minimal error rates, and the highest precision were assessed concurrently. Consequently, datasets characterized by low error rates and reduced sensitivity were employed for optimization, whereas datasets with higher error rates and increased sensitivity were systematically catalogued and tabulated. Additionally, digital elevation data, frequently utilized in remote sensing, was obtained from the internet ([www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)) and restricted to the study area, with sensitivity values incorporated into the corresponding tables. The study further investigated the duration required to measure land data using various tools and assessed their sensitivity rates. Moreover, cost information was provided detailing the procurement expenses of the devices used in the

study and the overall cost of the measurement activities, expressed in dollars. The cost calculation was conducted by considering only the purchasing costs, without taking into account any additional factors such as transportation, installation, maintenance, or operational expenses. The coordinate and altitude data collected from multiple devices deployed in the study area were evaluated for their accuracy, with the GNSS-CORS device serving as the reference standard for comparison. This evaluation aimed to assess the reliability and precision of the data obtained from each device in relation to the high-accuracy measurements provided by the GNSS-CORS system.

Table 1. Some technical specifications of the UAV devices

Specification	Phantom 4	Phantom 4 RTK
Takeoff weight	1380 g	1391 g
Battery	5870 mAh LiPo	6000 mAh LiPo
Camera sensor	1/2.3" CMOS, 4K	1" CMOS, 4K
Maximum speed	40 kmph-50 kmph	50 kmph-70 kmph
Flight distance	5000 m-6000 m	6500 m-7000 m
Maximum flight time	28 minutes	30 minutes

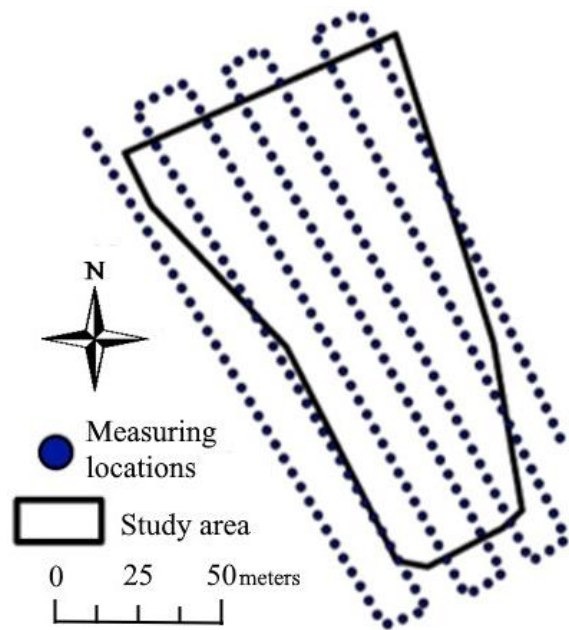


Figure 2. Study area measurement locations



### 2.3. Measurements using survey devices and their generation process of DEM data sets

In this study, devices including the CHC-X91 GNSS-CORS, the Garmin Oregon 550 handheld GPS, and the iPhone 13 Pro were employed. In the GPS devices used in this study, WGS84 UTM Projection Zone 36N was used as the geodetic reference system. Data points collected from these GPS, GNSS-CORS, and mobile phone devices within the study area were initially transferred to a computer system. Subsequently, the data obtained from the GNSS-CORS device were processed utilizing NetCAD GIS 8 software. In contrast, data from the GPS, mobile phone, and Google Earth sources were analyzed using ArcGIS 10.3 software. Individual DEMs were generated for each data source. The elevation data was employed to generate raster datasets of the measured terrain surfaces through the application of the “IDW” (Inverse Distance Weighting) (ESRI, 2023), interpolation method within the “Spatial Analysis – Interpolation” module of ArcGIS software.

### 2.4. Measurement and Data Generation Process for DTM data sets with UAV Devices

The UAV data is generated by transferring images from the UAV devices to a computer system, where they are processed using various photogrammetric software applications, such as Pix4D and Agisoft. For this study Pix4D, a widely utilized software in the field of photogrammetry, was selected. The images acquired from the study area are incorporated into the software after defining the coordinate system. To generate three-dimensional terrain data within the Pix4D interface, the 3D maps feature was employed to activate the point cloud data and the Raster DTM section was utilized to delineate the terrain surface. Following these procedures, the Ground Control Point (GCP) coordinates were input into the system (10 GCPs in total),

initiating the surface creation process. In this study, Phantom 4 and Phantom 4 RTK drones were employed. Utilizing these devices, a flight (flying at 80 m above ground) was conducted over Akbaş village, ensuring coverage of the entire area. Prior to the UAV operations, the locations of the GCPs were delineated on the ground using spray paint, and their coordinates were accurately recorded with the assistance of a GNSS-CORS device (Figure 3). The flights were conducted at a speed of 11 km/h from a height of 80 m with 80% frontal and 70% side overlap.

The images captured during the aerial surveys conducted over the study area underwent calibration utilizing GCPs data to ensure spatial accuracy. Following this calibration process, the images were processed and converted into a detailed point cloud and a three-dimensional terrain model. This transformation was achieved through the superimposition of an orthomosaic onto the point cloud, leveraging the capabilities of Pix4D software to integrate and render the data comprehensively. The resulting models provide an accurate and visually coherent representation of the terrain, facilitating advanced analysis and interpretation. In this study, to ascertain and compare the latitude, longitude, and altitude values for identical locations across all generated land surfaces, random points were generated using the “Random Points” function (ESRI, 2022) within the ArcGIS software environment. The terrain surface models, specifically DEMs and DTMs, created for this study served as the foundational reference. Elevation values for these random points (total 100 points) were subsequently computed using ArcGIS 10.3. Following this calculation, the altitude values derived from all DEM and DTM datasets were consolidated into a single table. The GNSS-CORS measurement data were then subtracted from these values to determine the altitude discrepancies.



Figure 3. GCP marking and GNSS-CORS device measurement pictures on the study area

**3. Results and discussion**

*3.1. Generation process results of DEM data sets obtained from GNSS-CORS, GPS, Mobile phone, Google Earth*

The data acquired from the GNSS-CORS device was imported into the NetCAD GIS 8 software, where triangulation was executed utilizing elevation data derived from point measurements. In this process, the surface elevation data served as a reference, while unmeasured areas were interpolated and aligned accordingly. Subsequently, the elevation data was computed within the software environment. In the subsequent phase, contour lines with a 1-meter interval were generated based on the triangulated surface (Figure 4).

This data was utilized to construct a digital terrain model using elevation information derived from point measurements. The elevation data served as the reference for the terrain, with unmeasured terrain sections being interpolated and integrated within the software to accurately represent the terrain surface. Subsequently, the elevation data was employed to generate raster datasets of the measured terrain surfaces through the application of the IDW interpolation method within the “Spatial Analysis – Interpolation” module of ArcGIS (Figure 5).

In the context of this study, Figure 6 presents elevation raster data generated from DEMs that were derived using datasets obtained from GNSS-CORS, GPS technology, mobile phone measurements, and Google Earth platform within the study area. The results of minimum and maximum elevation data provided from DEM data were given Figure 7.

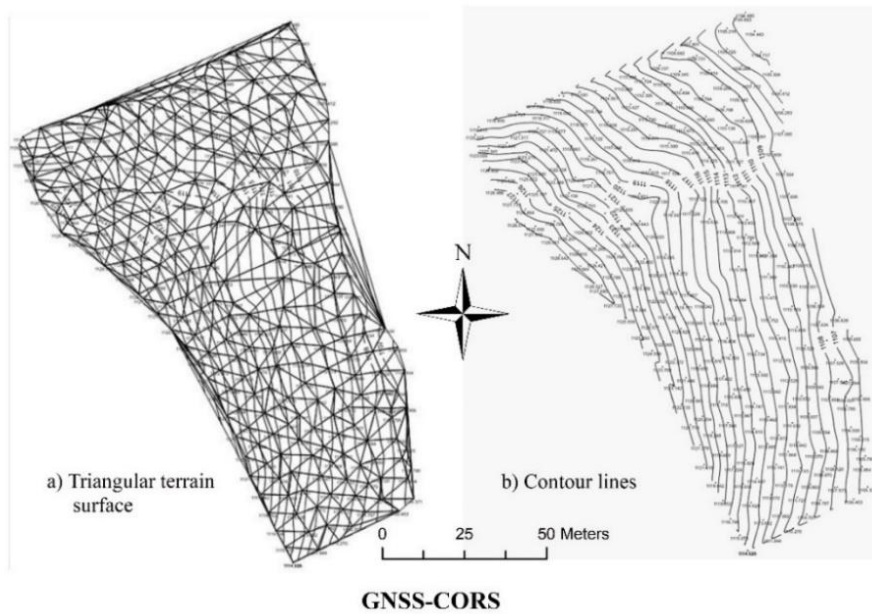


Figure 4. GNSS-CORS data: a) Triangular terrain surface, b) Contour lines

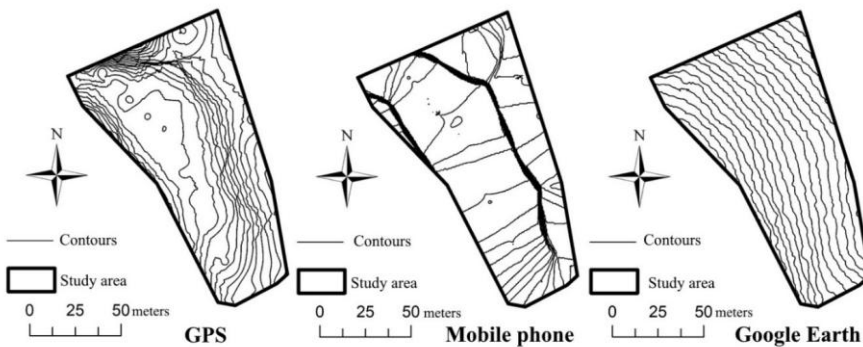


Figure 5. Contours obtained a) GPS b) Mobile phone and c) Google Earth

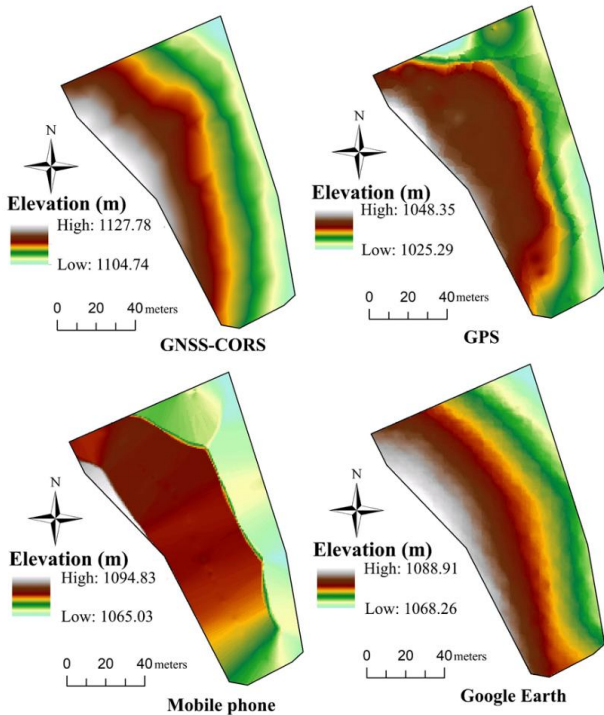


Figure 6. DEM data generated from GNSS-CORS, GPS, mobile phone devices and Google Earth

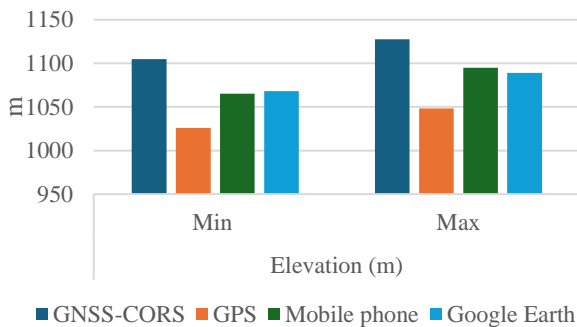


Figure 7. Elevations (m) of DEMs generated from GNSS-CORS, GPS, Mobile phone, Google Earth

The GNSS-CORS exhibits the highest minimum elevation at 1104.74 meters and the highest maximum elevation at 1127.78 meters, thereby encompassing an elevation range of 23.04 meters when the graph given in Figure 7 is examined. In contrast, the GPS device records the lowest minimum elevation at 1025.29 meters and the lowest maximum elevation at 1048.35 meters, resulting in an elevation range of 23.06 meters. The Mobile phone system provides the most extensive range, measuring 29.80 meters, with minimum and maximum elevations of 1065.03 meters and 1094.83 meters, respectively. Google Earth software displays the smallest range at 20.65 meters, with minimum and maximum elevations of 1068.26 meters and 1088.91 meters. In summary, the GNSS-CORS device provides the highest elevation values with a moderate range, while the GPS device records the lowest elevation value, exhibiting a range comparable to that of the GNSS-CORS device. The mobile phone demonstrates the widest range of elevation

values, with intermediate elevation measurements, whereas Google Earth software presents the smallest range, yielding elevation values closely aligned with those obtained from the mobile phone.

### 3.2. Generation process results of DTM data from UAV Devices

In this study, the data acquired from UAVs were generated through a systematic process involving the transfer of photographic images captured by UAVs to a computer system. Once transferred, these images were subjected to detailed processing using the Pix4D photogrammetric software application. The processing workflow included tasks such as image alignment (Figure 8), point cloud generation, and orthophoto creation, which collectively contributed to the comprehensive analysis and interpretation of the UAV-collected data.

The data collected through the deployment of DJI Phantom 4 and Phantom 4 RTK UAVs in the context of this research were processed using Pix4D software. This process consisted in the creation and storage of DTM datasets. The elevation raster data, derived from these DTM datasets, were then analyzed and are visually represented in Figure 9. This figure illustrates the spatial distribution of elevation across the surveyed area, providing a detailed and comprehensive depiction of the terrain's topographical variations as obtained from the UAV-based measurements.

The DJI Phantom 4 exhibits the highest minimum elevation at 1140.18 meters and the highest maximum elevation at 1103.17 meters, thereby encompassing an elevation range of 37.01 meters (Figure 9). In contrast, the DJI Phantom 4 RTK device records the lowest minimum elevation at 1127.49 meters and the lowest maximum elevation at 1104.48 meters, resulting in an elevation range of 23.01 meters.

### 3.3. Comparison of DEM and DTM data

DEM and DTM data were generated utilizing data sourced from all relevant sources within the scope of this study. Consequently, the results of the computations conducted within the delineated study area are represented as elevations above sea level in the columns labeled elevation "Min", "Max", "Difference", and "Average" in Table 2.

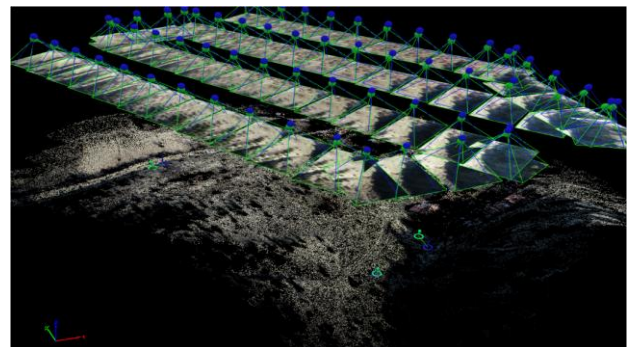


Figure 8. Image alignment from the study area

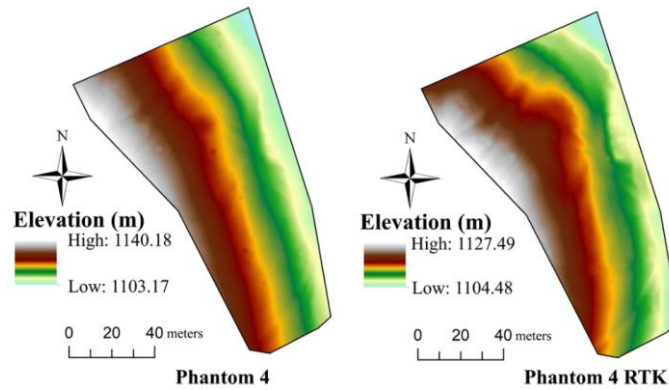


Figure 9. DTM data generated from DJI Phantom 4 and DJI Phantom 4 RTK

Table 2. Some statistics calculated for DEM and DTM data

	Elevation (m)				
	Min.	Max.	Difference	Average	
GNSS-CORS	1104.74	1127.78	23.04	1115.14	
GPS	1025.29	1048.35	23.06	1037.03	
Mobile phone	1065.03	1094.83	29.8	1076.13	
Google Earth	1068.26	1088.91	20.65	1079.36	
Phantom 4	1103.17	1140.18	37.01	1120.02	
Phantom 4 RTK	1104.48	1127.49	23.01	1115.14	

In analyzing the measurement data acquired from the Phantom 4 RTK and Phantom 4 drones, GNSS-CORS, GPS devices, and mobile phones employed in this study, a comparative assessment with the Google Earth DEM data reveals notable discrepancies. This comparison, illustrated in Table 2, highlights variances in the lowest and highest elevation values, as well as in the average height measurements of the terrain. These discrepancies can be attributed to the inherent technological differences among the measurement instruments, despite their simultaneous operation. The diverse methodologies and technological frameworks underlying each device contribute to these variations.

As detailed in Table 2 and depicted in Figure 10, the ranking of "Elevation" differences from lowest to highest reveals that the DJI Phantom 4 RTK demonstrates a performance closely followed by the GNSS-CORS device, which presents a very similar value. However, it is noteworthy that the DJI Phantom 4 exhibits the highest elevation difference among all the devices evaluated. This ranking indicates that while the DJI Phantom 4 RTK and the GNSS-CORS device perform comparably, the DJI Phantom 4 distinctly exceeds the others in terms of elevation discrepancy, highlighting its relative positional deviation in the dataset. It was observed that the GPS device employed in this study exhibited inaccuracies in height measurement when compared to the GNSS-CORS device, which was utilized for control purposes. However, the GPS device was able to detect the variations in terrain heights with a degree of accuracy that was nearly equivalent to that of the GNSS-CORS device. The Google Earth dataset, created by combining elevation data from satellite measurements, works well for flat terrain but becomes less accurate when applied to sloped areas. While the satellite data provides a good overall view of the landscape, it doesn't always capture the finer details of the terrain, especially on slopes, which can lead to discrepancies between the virtual model and the actual topography (Hoffmann and Winde 2010). As a result, while

Google Earth is a reliable tool for many uses, its effectiveness in representing complex, uneven surfaces is somewhat limited.

In this study, the calculation of latitude, longitude, and altitude values for identical locations across all generated land surfaces, random points were created utilizing the "Random Points" command within the ArcGIS software environment. The altitude values for these points were then computed based on the DEMs and DTMs that were produced as part of this research. Following the computation, the altitude values obtained from all DEM and DTM datasets were systematically consolidated into a comprehensive table. This consolidation enabled a detailed comparison of altitude values across different datasets. In this study, the discrepancies between the values obtained from the DEM and DTM datasets were systematically assessed. Following the identification of these discrepancies, their squared values were computed, allowing for the determination of the squared errors for each randomly selected point, as detailed below. The table of elevation values, which highlights the differences between the computed elevation values and the reference measurements GNSS-CORS, is presented in Appendix 1.

To ascertain the cumulative RMSE value, deviations from each DEM and DTM data set were collected (Figure 10). An analysis of Appendix 1 reveals that the Phantom 4 RTK device yields values closest to those of the GNSS-CORS device, with a deviation of merely 0.00001 meters. This is succeeded by the Phantom 4 with a deviation of 0.00336 meters, Google Earth with 0.12664 meters, mobile phones with 0.15230 meters, and, lastly, the GPS device, which exhibits the highest deviation of 0.61070 meters. Although all devices generally show the study area with the same accuracy in terms of latitude and longitude, it has been determined that there are serious differences in terms of elevation. These differences are thought to be of a type that will create serious calculation errors, especially in cut-fill volume calculation.

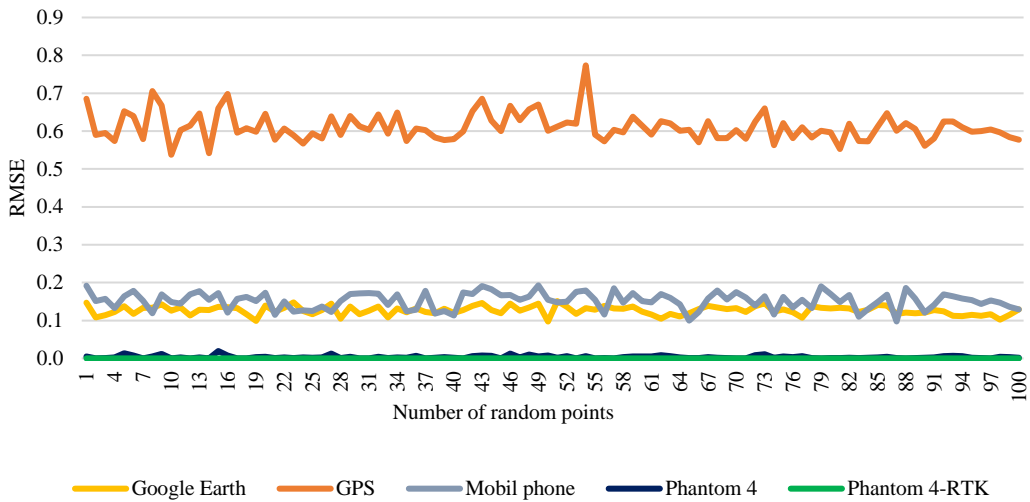


Figure 10. Comparison of RMSE values of random points

The RMSE value ranges from 0 to infinity, with its interpretative significance largely determined by its proximity to zero. The RMSE values recorded for the Phantom 4 RTK and Phantom 4 devices are 0.00001 meters and 0.00336 meters, respectively, highlighting the superior precision of the former. These results suggest that GNSS-CORS and UAV technologies are capable of capturing data with exceptional accuracy and are highly advantageous due to their relatively brief operational times. Conversely, for measurement studies where broader data sensitivity is acceptable, alternatives such as GPS, mobile phone, or Google Earth datasets may be preferred. In this regard, Table 3 provides a comprehensive summary of the measurement durations (in minutes) and costs (in US dollar) associated with the devices used in this study, conducted on a medium-sloped, one-hectare area.

Upon analysis of Table 3, it becomes evident that the Phantom 4 RTK, priced at \$6500, offers the highest cost-to-measurement time efficiency, surpassing other devices. This is followed in descending order by the GNSS-CORS device at \$4300, the Phantom 4 at \$2700, a mobile phone at \$2250, a GPS device at \$30, and the alternative approach utilizing Google Earth datasets. Additionally, when considering the spatial resolution of the generated DEMs and DTMs, it is apparent that the GNSS-CORS and UAV devices generally exhibit superior performance compared to the other datasets. These results are consistent with the results from Seki (2017), Çetin (2019), and Bozkurt (2019), as well as the research conducted by Yılmaz et al. (2013), Özçelik and Buğday (2022), and Kinali and Çalişkan (2022).

Table 3. Measurement operation times and costs made with the devices used in the study

	Measuring period (minute/ha)	Spatial resolution (m*m)	Cost (USD)	Daily rental cost (USD)
Phantom 4 RTK	7	0.15x0.15	6500	60
Phantom 4	8	0.16x0.16	2700	40
GNSS-CORS	32	0.16x0.16	4300	30
GPS	17	0.77x0.77	30	10
Google Earth	20	0.76x0.76	Free	Free
Mobil phone	15	0.71x0.71	2250	Free

Investigations into the utilization of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) within the realms of photogrammetry and mapping consistently highlight the significant advantages these technologies offer in terms of both precision and cost-efficiency. Empirical evidence from various studies underscores the efficacy of UAVs in achieving high levels of accuracy in mapping applications. Similar to this study, research conducted by Akgul et al. (2018), Aykut (2019), and Akar et al. (2021) provides a comparative analysis of the accuracy metrics of UAVs, specifically evaluating their performance in the vertical plane against their remarkable precision in the horizontal plane. Their results indicate that UAVs can achieve exceptional accuracy levels in both dimensions. Similar to our study, further reinforcing these conclusions, Akgül et al. (2016), Türk and Öcalan (2020), Zhang et al. (2022), and Güngör et al. (2022) contribute additional evidence supporting the capability of UAVs to deliver high accuracy in photogrammetric applications. These studies collectively affirm that UAV technology is capable of producing highly accurate results, thereby enhancing the effectiveness and reliability of mapping practices. The convergence of these results across multiple research efforts highlights the robust potential of UAVs to revolutionize the field of photogrammetry through their precision and cost-effective benefits.

In this study, measurements were conducted over a 1-hectare area. The deviations along the horizontal axis were negligible and thus were disregarded within the scope of the study. Conversely, the vertical deviations exhibited considerable variation contingent upon the technology employed by the measurement devices. The error rates associated with UAV, GNSS-CORS, GPS, and mobile phone devices discussed herein are anticipated to escalate with an increase in area. To mitigate these deviations, it is crucial to incorporate the GNSS-CORS device in all measurement-related studies.

#### 4. Conclusion

This study provides a comparative analysis of the measurement performances of various devices, each characterized by distinct technical specifications and

measurement sensitivities. In addition to evaluating these devices, which are extensively utilized and increasingly incorporated into contemporary measurement studies, the spatial sensitivity of each device has been considered as a criterion in the assessments. In this study, measurements were conducted on a one-hectare area with an average slope. Various measurement devices were employed, including UAV, GNSS-CORS, GPS, and mobile phones, each possessing distinct features. Additionally, elevation data for the same area was obtained using Google Earth software and subsequently transferred to a GIS environment. Based on the results of this study, it was established that the GNSS-CORS and RTK-enabled UAV demonstrated exceptional measurement precision. In contrast, the UAV operating without RTK capabilities exhibited standard measurement accuracy, while other devices delivered measurements with significantly lower precision. The results underscore the critical importance of utilizing RTK-enabled devices in applications demanding high precision, such as excavation and fill calculations, road construction assessments, and mass estimations. Conversely, for studies constrained by lower budgets and precision requirements, GPS, mobile phone data, and Google Earth can be considered viable alternatives for measurements that prioritize latitude and longitude accuracy over altitude precision.

When evaluating forested regions and their immediate environments, it is well-known that the requisite measurements are both complex and time-intensive compared to those in areas with gentler gradients. Given that the forested expanses in our country are predominantly situated in mountainous and inclined terrains, measurement

activities essential for the ongoing management of forestry operations are typically characterized as challenging and protracted. The sensitivity of measurements and associated error rates are contingent upon the technological specifications of the devices employed, which can vary considerably based on the technology in use. Therefore, it is imperative to delineate the specific applications and optimal contexts for different devices, alongside assessing their efficiency and cost-effectiveness. Expanding the scope of this and similar research endeavors is anticipated to enhance clarity and precision regarding the suitability of various devices or datasets for specific measurement objectives.

Future research should involve a comprehensive reassessment of time-cost values, taking into account the prevailing temporal conditions and the advancements in rapidly evolving technologies, as well as the emergence of novel computer algorithms pertinent to land surveying and data set generation. Such studies are inherently subject to iterative refinement and enhancement. Moreover, augmenting the workforce engaged in engineering surveying, particularly those proficient in utilizing accessible technologies, is crucial for ensuring data reliability and fostering a more informed decision-making process.

#### **Acknowledgement**

This research, titled “*Calculation of Digital Land Surface Using Different Measuring Devices in Forestry and Comparison of Device Performances (Çerkeş Sample)*” by Ali KARACA, was carried out in the Department of Forest Engineering, Graduate School of Natural and Applied Sciences at Çankırı Karatekin University, is derived from master’s thesis completed in 2023.



- Bülbül, S., İnal, C., Yıldırım, Ö., 2015. Comparison of RTK, network RTK and total station data in determination of point positions. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(2): 27-35.
- CHC, 2024. CHC-X91 GNSS-CORS. CHC Navigation. <https://chnav.es/products/x91-gnss/chc-Manual-Gps-Centimetrico-X91-en.pdf>, Erişim: 15.01.2023.
- Çetin, O., 2019. Hava fotoğrafları ve insansız hava aracı görüntülerinden arazi topoğrafyası ölçümü, sonuçların analizi ve karşılaştırması (Haymana Yeşilyurt köyü uygulaması) Yüksek lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- DJI, 2024a. DJI Phantom 4. Support for Phantom 4. <https://www.dji.com/support/product/phantom-4>, Erişim: 15.01.2023.
- DJI, 2024b. DJI Phantom 4 RTK. Support for Phantom 4 RTK Enterprise. <https://enterprise.dji.com/phantom-4-rtk/specs>, Erişim: 15.01.2023.
- Durgun, H., Çoban, H.O., Eker, M., 2022. İnsansız hava aracıyla elde edilen hava fotoğraflarından kızılçam ağaçlarının çap ve boylarının ölçümü ve gövde hacminin tahmini. *Turkish Journal of Forestry*, 23(4):255-267.
- Durgun, H., Yılmaz İnce, E., İnce, M., Çoban, H.O., Eker, M., 2023. Evaluation of tree diameter and height measurements in UAV data by integrating Remote Sensing and Machine Learning Methods. *Gazi Journal of Engineering Sciences*, 9(4): 113-125.
- Eryılmaz, E., 2019. Karayolu projelerinde bilgisayar programları kullanılarak proje aşamalarının mühendislik açısından değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- ESRI, 2022. Random Points. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/idw.htm>, Erişim: 03.03.2023.
- ESRI, 2023. IDW (Inverse Distance Weighting). <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/idw.htm>, Erişim: 03.03.2023.
- Famiglietti, N. A., Cecere, G., Grasso, C., Memmolo, A., Vicari, A., 2021. A Test on the Potential of a low cost unmanned aerial vehicle RTK/PPK solution for precision positioning. *Sensors*, 21(11): 3882.
- Fascista, A., 2022. Toward integrated large-scale environmental monitoring using WSN/UAV/Crowdsensing: A Review of applications, signal processing, and future perspectives. *Sensors*, 22(5): 1824.
- Garmin, 2024. Garmin Oregon 550 GPS. <https://www.garmin.com/en-US/p/26875>, Erişim: 15.01.2023.
- Grindley, B., Phillips, K., Parnell, K. J., Cherrett, T., Scanlan, J., Plant, K. L., 2024. Over a decade of UAV incidents: A human factors analysis of causal factors. *Applied Ergonomics*, 121: 104355.
- Gupta, A., Afrin, T., Scully, E., Yodo, N., 2021. Advances of UAVs toward Future Transportation: The State-of-the-Art, Challenges, and Opportunities. *Future Transportation*, 1(2): 326-350.
- Güngör, R., Uzar, M., Atak, B., Yılmaz, O. S., Gümüş, E., 2022. Orthophoto production and accuracy analysis with UAV photogrammetry. *Mersin Photogrammetry Journal*, 4(1): 1-6.
- Fan, S., Bose, N., Liang, Z., 2024. Polar AUV Challenges and Applications: A Review. *Drones*, 8(8): 413.
- Hoffmann, E., Winde, F., 2010. Generating high-resolution digital elevation models for wetland research using Google EarthTM imagery: an example from South Africa. *Water SA*, 36(1): 53-68.
- Huggins, R. A., Giersch, G. E. W., Belval, L. N., Benjamin, C. L., Curtis, R. M., Sekiguchi, Y., Peltonen, J., Casa, D. J., 2020. The validity and reliability of global positioning system units for measuring distance and velocity during linear and team sport simulated movements. *Journal of Strength and Conditioning Research* 34(11):3070-3077.
- Julge, K., Ellmann, A., Köök, R., 2019. Unmanned aerial vehicle surveying for monitoring road construction earthworks. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 14(1): 1-17.
- Kahveci, M., 2009. Gerçek zamanlı ulusal sabit GNSS CORS Ağları ve düşündürdükleri. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 100: 13-20.
- Karaali, C., Yıldırım, Ö., 1996. Global konum belirleme sistemi (GPS). *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2): 103-108.
- Karagöz, S. D., Kincal, C., Koca, M.Y., 2020. Menderes Masifi'nde Açılmış açık ocak albit madenindeki bir duraysızlığın nedenlerinin araştırılması ve robotic total station cihazı kullanılarak yenilme öncesinde şev hareketlerinin izlenmesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 44(1): 41-66.
- Kinali, M., Çalişkan, E., 2022. Use of unmanned aerial vehicles in forest road projects. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(3):530-541.
- Martinez, J.G., Gheisari, M., Alarcón, L.F., 2020. UAV integration in current construction safety planning and monitoring processes: Case study of a high-rise building construction project in Chile. *Journal of Management in Engineering*, 36(3), 05020005.
- Özçelik, A., Buğday, E., 2022. Generating Landslide susceptibility maps using mathematical models and UAV data: The Case of Çankırı region in Türkiye. *European Journal of Forest Engineering*, 8(1): 1-10.
- Park, H. C., Rachmawati, T.S.N., Kim, S., 2022. UAV-Based high-rise Buildings earthwork monitoring—A case study. *Sustainability*, 14(16):10179.
- Putra, A. B., Arumsari, P., Cahyono, C., Sarigih, J.F.B., Kosalim, V., 2023. Building infrastructure analysis using total station and unmanned aerial vehicle drone for surveying and modelling. *Proceedings of the 6th International Conference on Eco Engineering Development 2022 16-17 September 2022 (published online 2 May 2023)*, Jakarta, Indonesia, pp. 1-8.
- Ren, H., Zhao, Y., Xiao, W., Hu, Z., 2019. A review of UAV monitoring in mining areas: Current status and future perspectives. *International Journal of Coal Science and Technology*, 6(3): 320-333.
- Robakowska, M., Ślęzak, D., Żuratyński, P., Tyrańska-Fobke, A., Robakowski, P., Prędkiewicz, P., Zorena, K., 2022. Possibilities of using UAVs in pre-hospital care for medical emergencies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17): 10754.
- Schiefer, F., Kattenborn, T., Frick, A., Frey, J., Schall, P., Koch, B., Schmidlein, S., 2020. Mapping forest tree species in high resolution UAV-based RGB-imagery by means of convolutional neural networks. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 170: 205-215.
- Seki, M., 2017. İnsansız hava araçlarının hacim hesaplarında kullanılabilirliği. Yüksek lisans tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Śledź, S., Ewertowski, M.W., Piekarczyk, J., 2021. Applications of unmanned aerial vehicle (UAV) surveys and Structure from Motion photogrammetry in glacial and periglacial geomorphology. *Geomorphology*, 378: 107620.
- Şanlıyüksel Yücel, D., Yücel, M.A., 2017. Terk edilmiş kömür ocaklarında oluşan maden göllerinin hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve insansız hava aracı ile üç boyutlu modellenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(6): 780-791.
- Tercan, E., 2017. Karayolu projelerinde insansız hava aracı ile üretilen sayısal arazi modelinin değerlendirilmesi: Bucak-Kocaaaliler yolu örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2): 172-183.
- Türk, T., Öcalan, T., 2020. PPK GNSS Sistemine sahip insansız hava araçları ile elde edilen fotogrametrik ürünlerin doğruluğunun farklı yaklaşımlarla irdelenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(1): 22-28.
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karşlı, F., Gökalp, E., 2013. İnsansız hava aracı ile üretilen ortofoto haritalarda doğruluk analizi. *TUFUAB 2013 Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*, 23-25 May, Trabzon, Turkey, pp. 1-6.
- Zhang, B., Li, X., Du, H., Zhou, G., Mao, F., Huang, Z., Zhou, L., Xuan, J., Gong, Y., Chen, C., 2022. Estimation of urban forest characteristic parameters using UAV-Lidar coupled with canopy volume. *Remote Sensing*, 14(24): 6375.



## Türkiye'nin Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanları için sürdürülebilir reçine yönetim stratejileri: A'WOT analizi

İnci Çağlayan<sup>a,\*</sup> 

**Öz:** Bu çalışma, Türkiye'nin kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarında reçine üretimi için stratejik alternatifler geliştirmek ve değerlendirmek amacıyla hibrit A'WOT (Analitik Hiyerarşi Süreci ve SWOT Analizi) yöntemini uygulamaktadır. İlk olarak, reçine üretimini etkileyen iç ve dış çevre faktörleri güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler (SWOT) çerçevesinde sınıflandırılmıştır. Daha sonra, her bir SWOT grubu ve faktörleri arasındaki önem dereceleri Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile belirlenmiştir. SWOT analizi sonuçlarına dayalı olarak dört strateji alternatifi geliştirilmiştir. Bunlar; Reçinede Markalaşma Stratejisi (RMS), Verim Artırma Stratejisi (VAS), Yasal Düzenlemeler ve Saha Planlama Stratejisi (YDPS) ve İklim Uyumu ve Sürdürülebilir Orman Yönetimi Stratejisi (İSOM). Her bir strateji, SWOT grupları ve faktörlerine göre değerlendirilmiş ve stratejilerin toplam öncelik puanları hesaplanmıştır. Sonuçlar, YDPS (4,060 puan) ve VAS (3,976 puan) stratejilerinin mevcut koşullarda en uygun alternatifler olduğunu göstermektedir. YDPS, yasal çerçevenin iyileştirilmesi ve saha planlamasının geliştirilmesiyle sürdürülebilir reçine üretimi için uzun vadeli bir çözüm sunarken, VAS düşük maliyet avantajını koruyarak ve verimliliği artırarak ekonomik sürdürülebilirliği güçlendirmeyi hedeflemektedir. Çalışma, SWOT ve AHS yöntemlerinin entegre kullanımıyla stratejik planlama süreçlerine sağladığı katkıyı göstermekte ve Türkiye'nin reçine üretimi potansiyelinin sürdürülebilir yönetimi için uygulanabilir bir çerçeve sunmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Analitik Hiyerarşi Süreci, A'WOT analizi, Kızılçam, Reçine, Sürdürülebilir orman yönetimi, SWOT analizi

## Sustainable resin management strategies for Türkiye's *Pinus brutia* Ten. Forests: An A'WOT analysis

**Abstract:** This study applies the hybrid A'WOT (Analytic Hierarchy Process and SWOT Analysis) method to develop and evaluate strategic alternatives for resin production in Türkiye's *Pinus brutia* forests. First, internal and external environmental factors affecting resin production were classified within the framework of strengths, weaknesses, opportunities, and threats (SWOT). Then, the importance levels of each SWOT group and its factors were determined using the Analytic Hierarchy Process (AHP). Based on the SWOT analysis results, four strategic alternatives were developed: Branding Strategy for Resin (Productivity Enhancement Strategy, Legal Regulations and Site Planning Strategy), and Climate Adaptation and Sustainable Forest Management Strategy. Each strategy was evaluated according to the SWOT groups and factors, and the total priority scores of the strategies were calculated. The results indicate that Legal Regulations and Site Planning Strategy (4,060 points) and Productivity Enhancement Strategy (3,976 points) are the most suitable alternatives under current conditions. Legal Regulations and Site Planning Strategy offers a long-term solution for sustainable resin production through the improvement of the legal framework and the development of site planning, while Productivity Enhancement Strategy aims to enhance economic sustainability by maintaining cost advantages and increasing productivity. The study demonstrates the contribution of integrating SWOT and AHP methods to strategic planning processes and provides a practical framework for the sustainable management of Türkiye's resin production potential.

**Keywords:** AHP, A'WOT method, *Pinus brutia*, Resin, Sustainable forest management, SWOT analysis

### 1. Giriş

Türkiye ormanlarının yaklaşık %25'ini oluşturan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanları, yaklaşık 5,8 milyon hektarlık bir alan kaplamaktadır (GDF, 2019). Kızılçam; reçine, kereste ve enerji odunu gibi çeşitli kullanım alanlarına sahip olup aynı zamanda ormancılığa dayalı kırsal kalkınma açısından önemli fırsatlar barındırmaktadır (Çağlayan vd., 2024). Çam reçineleri, ilaç ve parfüm endüstrileri, gıda katkı maddeleri ve diğer kimya endüstrileri (ev temizlik ürünleri, boyalar, mürekkepler, vernikler, kauçuk, insektisitler, aromaterapi) gibi birçok sektörde yaygın bir şekilde

kullanılan ve yüksek ekonomik değere sahip bir odun dışı orman ürünleri arasındadır (da Silva Rodrigues-Corrêa vd., 2013). Özellikle Çin, Brezilya ve Endonezya gibi ülkeler yıllık reçine üretiminin büyük kısmını karşılamaktadır (Cunningham, 2012; López-Álvarez vd., 2023; Yıldızbaş vd., 2023). Dünya reçine üretiminin yaklaşık %48,8'i Çin, Brezilya ve Arjantin'de yetişen *Pinus elliottii* var. *elliottii* türünden, %19,6'sı Çin ve Vietnam'daki *Pinus massoniana* türünden ve %14,3'ü Endonezya'daki *Pinus merkusii* türünden elde edilmektedir (López-Álvarez vd., 2023). Buna karşılık, Türkiye'deki kızılçam ve sahilçamı ormanlarından elde edilen reçine üretimi, küresel üretimin %1'inden daha

✉ <sup>a</sup> İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, İstanbul, Türkiye

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): inciaylaci@iuc.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 16.01.2025, **Accepted** (Kabul tarihi): 22.03.2025



**Citation** (Atf): Çağlayan, İ., 2025. Türkiye'nin Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanları için sürdürülebilir reçine yönetim stratejileri: A'WOT analizi. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 36-44. DOI: [10.18182/tjf.16221778](https://doi.org/10.18182/tjf.16221778)

azını oluşturmaktadır (OGM, 2017). Türkiye, Akdeniz iklimine adapte olmuş geniş kızılçam ormanları ile bu pazarda büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak reçine üretimindeki payı oldukça sınırlı kalmakta ve bu potansiyel henüz ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarıyla tam olarak değerlendirilememiştir. Bununla birlikte, yeterli standardizasyonun sağlanamaması, reçine ayırıştırma tesislerinin olmaması dolayısıyla üretim maliyetinin yüksek olması ve sürdürülebilirlik tedbirlerinin eksikliği gibi faktörler, bu potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilmesine engel teşkil etmektedir.

Sürdürülebilir orman yönetimi, ekonomik faydaların yanında orman ekosistemlerinin korunmasını ve sosyal katılımı da içeren çok boyutlu bir süreçtir (Wolfslehner ve Vacik, 2008). Bu süreç, özellikle doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve kırsal toplulukların geçim kaynaklarının desteklenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir (Fikir vd., 2016; Scoones, 1998). Ormanlardan elde edilen ürünlerin, özellikle reçine gibi odun dışı orman ürünlerinin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, ekonomik, ekolojik ve sosyal boyutta katkılar sağlarken, aynı zamanda kırsal topluluklara ekonomik fayda sunan önemli bir faaliyet olarak öne çıkmaktadır (Lemenih vd., 2003; Rodrigues-Corrêa vd., 2012). Kızılçam, reçine üretiminde ılımlı verimine rağmen bu alanda dikkate değer bir kaynak olarak öne çıkmaktadır (Satil vd., 2011). Ayrıca, sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SKH), doğrultusunda, SKH 8 (İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme), SKH 12 (Sorumlu Tüketim ve Üretim) ve SKH 15 (Karasal Ekosistemlerin Korunması) doğrultusunda, Türkiye’de reçine üretiminin sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesi hem ulusal ekonomiye katkı sağlayacak hem de doğal kaynakların korunmasını destekleyecektir.

SWOT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler) analizi, stratejik karar alma süreçlerinde sistematik bir yaklaşım sunan ve iç ile dış çevrelerin analizini destekleyen yaygın bir araçtır (Kangas vd., 2001). SWOT analizi, faktörleri (S, W, O, T) tanımlamak için etkili bir çerçeve sağlarsa da bu faktörlerin önem derecesini belirlemek için yeterince sistematik bir yöntem sunmamaktadır (Kangas vd., 2001). Örneğin, SWOT analizinde "Türkiye'nin kızılçam ormanlarında reçine üretimi için geniş bir doğal kaynak potansiyeli bulunmaktadır" gibi bir güçlü yön veya "Reçine üretiminde standart eksikliği bulunmaktadır" gibi bir zayıf yönün diğer faktörlere göre önceliğini yalnız SWOT tekniğiyle ölçmek güçtür. Bu eksikliği gidermek için A'WOT (Analytic Hierarchy Process + SWOT) yöntemi kullanılmaktadır (Kurttila vd., 2000a). A'WOT, klasik SWOT analizine AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) (Saaty, 1980) yöntemini ekleyen hibrit bir yaklaşımdır (Kurttila vd., 2000a). AHS'nin ikili karşılaştırmalar, tutarlılık analizleri ve ağırlık hesaplamaları (Saaty, 1980) gibi basamakları sayesinde, her bir SWOT faktörünün göreceli ağırlığı niceliksel olarak hesaplanmaktadır (Kangas vd., 2001; Kurttila vd., 2000a). Bu ağırlıklar, daha sonra strateji alternatiflerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Örneğin, "Reçinede Markalaşma Stratejisi" veya "Verim Artırma Stratejisi" gibi alternatif stratejilere, SWOT faktörlerinin etkisi ölçülerek bir Etkileme Skoru atanmakta ve bu sayede hangi stratejinin öncelikli olduğu sayısal bir puanla belirlenmektedir. A'WOT yöntemi, SWOT analizindeki iç (güçlü ve zayıf yönler) ve dış (fırsatlar ve tehditler) faktörlerin göreceli önemini niceliksel olarak değerlendirmekte ve strateji alternatiflerini bu ağırlıklara

göre sıralamaktadır (Kurttila vd., 2000b; Pesonen vd., 2000). Bu yöntem, ormancılıkta birçok farklı alanda uygulanmış olup, sertifikasyon (Kurttila vd., 2000a), stratejik planlama (Kajanus vd., 2003), ekoturizm (Sahani, 2021), ve odun dışı orman ürünleri (Güngör, 2018) gibi çeşitli konularda stratejik karar alma süreçlerine katkı sağlamıştır. Ayrıca, bu hibrit yaklaşımın sağladığı sistematik ve nicel değerlendirme kapasitesi, ormancılık dışındaki sektörlerde de karar verme süreçlerinde giderek daha fazla benimsenmektedir. Bu nedenle, bu sistematik yaklaşım, reçine üretimi için sürdürülebilir ve uygulanabilir stratejik çözümler geliştirilmesine olanak tanıyarak karar alma süreçlerini güçlendirebilir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin kızılçam ormanlarında reçine üretimi için stratejik alternatiflerin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi amacıyla hibrit bir yöntem olan A'WOT yaklaşımını benimsenmiştir. SWOT analizi ile reçine üretimini etkileyen güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler sistematik bir şekilde belirlenmiş ve bu faktörlerin önem dereceleri AHS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, reçine üretiminin sürdürülebilirliğini ve ekonomik katkısını artırmayı hedefleyen dört strateji alternatifi geliştirilmiş ve bu alternatifler SWOT faktörleri ile ilişkilendirilerek önceliklendirilmiştir.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. A'WOT analizinin hiyerarşik süreci

Çalışmada kullanılan A'WOT (Analitik Hiyerarşi Süreci ve SWOT Analizi) analizinin temel hiyerarşik yapısı Şekil 1'de gösterilmektedir. Operasyonel çevre, SWOT grupları (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler), SWOT faktörleri ve strateji alternatiflerinden oluşan çok katmanlı bir yapıyla analiz edilmiştir. SWOT faktörleri, iç ve dış çevrenin reçine üretimi üzerindeki etkilerini sistematik bir şekilde analiz etmek için belirlenmiştir. Her bir SWOT grubuna ait faktörler, uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiş ve strateji alternatiflerinin (RMS, VAS, YDPS, İSOM) geliştirilmesi ve önceliklendirilmesi sürecinde temel alınmıştır. Hiyerarşi, operasyona dayalı bir çevreden başlayarak stratejik karar alternatiflerine kadar bir yol haritası sunmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), karar verme süreçlerinde kriterlerin göreceli önem derecelerini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir (Saaty, 1980). Bu yöntem, karmaşık karar problemlerini hiyerarşik bir yapıya dönüştürerek sistematik bir değerlendirme sunmaktadır. Bu çalışmada, AHS yöntemi SWOT analiziyle entegre edilerek SWOT grupları ve faktörlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır. SWOT grupları ve bu gruplardaki faktörler, uzman görüşleri doğrultusunda ikili karşılaştırma matrisi ile değerlendirilmiştir. Karşılaştırmalarda faktörlerin birbirlerine göre önem derecesi belirlenmiştir. Karşılaştırma matrislerinden türetilen özdeğer yöntemi ile her bir SWOT faktörünün ve grubunun göreceli önemi hesaplanmıştır.

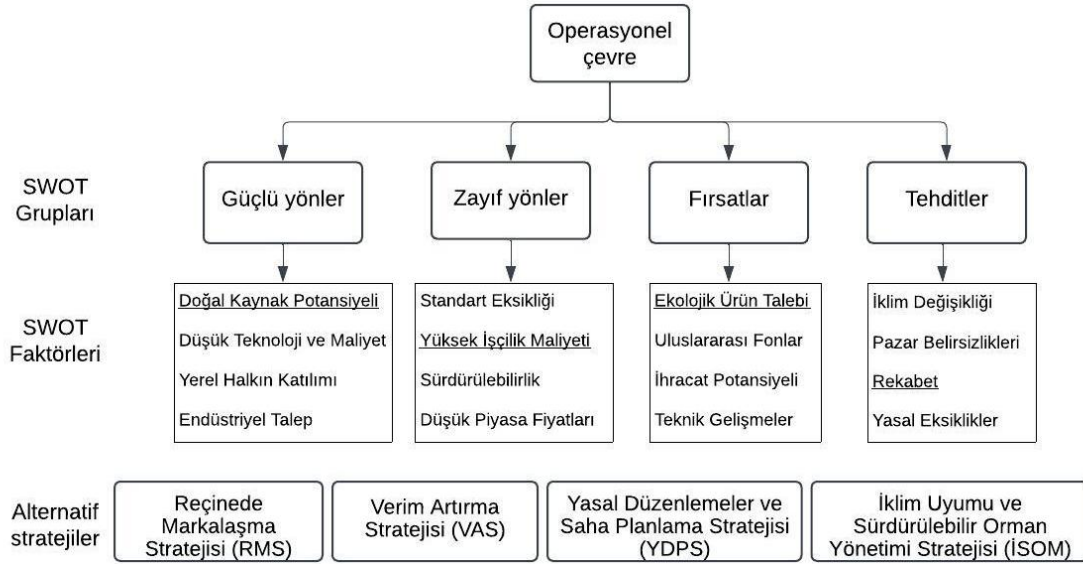
AHS analizinde 3 uzmanın görüşüne başvurulmuştur. Bu uzmanların seçimi, ormancılık/odun dışı orman ürünleri konularında deneyimli kişilerden oluşacak şekilde yapılmıştır. Veri toplama yöntemi olarak yüz yüze anket tercih edilmiştir. Böylelikle uzmanlar, ikili karşılaştırma matrislerini doldururken anketörle etkileşim kurarak soru

işaretlerini giderebilmiştir. İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı, anket esnasında kullanılan bilgisayar yazılımı aracılığıyla anında hesaplanmıştır. Bu yöntem, tutarlılığı düşük matrisleri tespit etmeyi ve uzmanların gerektiğinde yeniden değerlendirme yapmasını kolaylaştırmaktadır.

## 2.2. SWOT grupları ve faktörlerinin belirlenmesi:

Çalışmanın ilk aşamasında, Türkiye'deki kızılçam ormanlarından reçine üretim sürecini etkileyen iç ve dış çevre faktörleri belirlenmiştir. Bu faktörler, güçlü yönler (S), zayıf

yönler (W), fırsatlar (O) ve tehditler (T) olmak üzere dört gruba ayrılmış ve SWOT analizi çerçevesinde sınıflandırılmıştır (Şekil 1). Bu faktörler, saha gözlemleri ve uzman görüşlerinden elde edilen verilerle ve ilgili literatür desteğiyle tespit edilmiştir (Çizelge 1). Saha gözlemleri, Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü, Keşan Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Korudağ Orman İşletme Şefliği sınırlarında yer alan reçine üretim sahalarında gerçekleştirilmiştir. SWOT faktörleri, reçine üretiminin mevcut durumunu anlamak ve gelecekteki stratejik kararlar için bir temel oluşturmak amacıyla belirlenmiştir (Çizelge 1).



Şekil 1. A'WOT analizinin hiyerarşik süreci  
Figure 1. Hierarchical process of the A'WOT analysis

## Çizelge 1. Türkiye'de kızılçam ormanlarından reçine üretimini etkileyen SWOT faktörleri

Table 1. SWOT factors affecting resin production in Turkey's *Pinus brutia* forests

Güçlü yönler (Strengths)	Zayıf yönler (Weaknesses)
<p>1- Doğal Kaynak Potansiyeli: Türkiye, geniş kızılçam ormanlarına sahiptir ve bu, reçine üretimi için büyük bir potansiyel sunar (Çağlayan vd., 2024)</p> <p>2- Düşük Teknoloji ve Maliyet: Açık yara yöntemi, yüksek teknoloji gerektirmemesi ve başlangıç maliyetlerinin düşük olması nedeniyle kırsal bölgelerde uygulanabilir bir yöntemdir (Çağlayan vd., 2025)</p> <p>3- Yerel Halkın Katılımı: Orman köylülerinin geleneksel bilgi birikimi ve deneyimi, yöntemin benimsenmesini kolaylaştırır (Çağlayan vd., 2024).</p> <p>4- Endüstriyel Talep: Reçinenin kimya, ilaç ve kozmetik gibi sektörlerde geniş bir kullanım alanına sahip olması, ekonomik fırsatlar yaratır (Çağlayan vd., 2025).</p>	<p>1- Standart Eksikliği: Reçine üretiminde kalite kontrol ve standardizasyon eksikliği bulunmaktadır (Çağlayan vd., 2025).</p> <p>2- Yüksek İşçilik Maliyeti: Açık yara yönteminde iş gücü maliyeti yüksek olup, özellikle işçilik verimliliği artırılmadığında maliyetleri artırmaktadır (Çağlayan vd., 2025).</p> <p>3- Sürdürülebilirlik Endişeleri: Ağaçların uzun vadeli sağlığı üzerindeki etkiler tam olarak bilinmemekte ve bu durum sürdürülebilirliği tehdit edebilir (Çağlayan vd., 2024).</p> <p>4- Düşük Piyasa Fiyatları: Mevcut reçine fiyatları, üretim maliyetlerini karşılamakta yetersiz kalmakta ve ekonomik sürdürülebilirliği zorlaştırmaktadır (Çağlayan vd., 2025).</p>
Fırsatlar (Opportunities)	Tehditler (Threats)
<p>1- Ekolojik Ürün Talebi: Küresel ölçekte doğal ve sürdürülebilir ürünlere olan talebin artması, reçine üretimini ekonomik açıdan cazip hale getirebilir (Çağlayan vd., 2024).</p> <p>2- Uluslararası Fonlar: Sürdürülebilir orman yönetimi ve odun dışı orman ürünleri projelerine yönelik fonların ve teşviklerin varlığı (Çağlayan vd., 2024).</p> <p>3- İhracat Potansiyeli: Türkiye'nin reçine üretimi için uluslararası pazarda rekabetçi bir konum elde etme potansiyeli (Çağlayan vd., 2025).</p> <p>4- Teknik Gelişmeler: Daha etkili üretim tekniklerinin geliştirilmesi, yöntemin sürdürülebilirliğini artırabilir (Çağlayan vd., 2025).</p>	<p>1- İklim Değişikliği: Artan sıcaklıklar ve azalan yağışlar, reçine verimliliğini olumsuz etkileyebilir (Çağlayan vd., 2024).</p> <p>2- Pazar Belirsizlikleri: Reçine fiyatlarının dalgalanması ve düşük fiyatlar, üretimin ekonomik sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (Çağlayan vd., 2025).</p> <p>3- Rekabet: Çin ve Brezilya gibi düşük maliyetle üretim yapan ülkelerle uluslararası rekabet, pazar payını zorlaştırabilir (Çağlayan vd., 2025).</p> <p>4- Yasal Eksiklikler: Reçine üretimini düzenleyen yasal altyapının eksikliği, uzun vadeli sürdürülebilirlik çabalarını engelleyebilir (Çağlayan vd., 2025)</p>

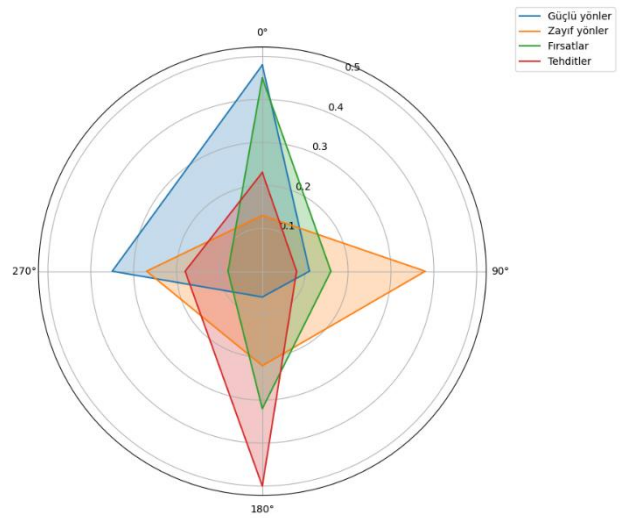
### 2.3. SWOT faktörleri arasında ikili karşılaştırmalar

SWOT faktörlerinin önem derecelerini belirlemek için AHS yöntemi uygulanmıştır. Öncelikle, SWOT gruplarının (güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler) göreceli önemi uzman görüşleri kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra, her SWOT grubu içerisindeki faktörler, uzmanların görüşlerine dayanarak önem derecelerine göre ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen ağırlıklar, strateji alternatiflerinin önceliklendirilmesi sürecinde kullanılmıştır. Çizelge 2’de, SWOT grupları ve faktörlerinin öncelik ağırlıkları ile karşılaştırmalardaki tutarlılık oranları sunulmaktadır. AHS yönteminde, ikili karşılaştırma matrislerinin güvenilirliği tutarlılık oranı (CR) ile değerlendirilmektedir. Saaty (1980) tarafından önerildiği üzere, CR değeri 0,10’un altında olduğunda karşılaştırmaların tutarlı olduğu kabul edilmektedir. Eğer CR değeri 0,10’un üzerinde ise, karar vericinin değerlendirmelerindeki çelişkiler artar ve matrisin yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Çalışmamızda, dört SWOT grubu arasındaki karşılaştırmaların tutarlılık oranı 0,014 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, kabul edilen eşik değerinin oldukça altında olduğu için analizdeki karşılaştırmaların tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Her SWOT grubundaki en yüksek önceliğe sahip faktörlerin altı çizilmiştir.

Şekil 2’de, SWOT faktörlerinin önem derecelerinin radar grafiği ile görselleştirilmiş hali verilmiştir. Bu grafik, güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler arasındaki görece ağırlıkları ve içsel dağılımları görsel bir şekilde ifade etmektedir.

### 2.4. Stratejilerin belirlenmesi

Bu çalışmada, Türkiye’nin kızılçam ormanlarından reçine üretiminin sürdürülebilirliği ve ekonomik potansiyelini artırmayı hedefleyen dört strateji alternatifi geliştirilmiştir (Çizelge 3). Bu stratejiler, SWOT analizi sonuçlarına ve AHS yöntemiyle belirlenen faktör önceliklerine dayandırılmıştır. Her bir strateji, belirli faktörleri hedef alarak reçine üretim süreçlerinde karşılaşılan zorlukları ele almak ve fırsatları değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu dört strateji, SWOT faktörleriyle uyumlu bir şekilde geliştirilmiş olup, reçine üretiminin sürdürülebilirliğini artırmak, ekonomik katkısını güçlendirmek ve sektörün karşı karşıya olduğu zorluklara çözüm üretmek amacıyla tasarlanmıştır.



Şekil 2. SWOT faktörlerinin ağırlıklarının radar grafiği ile görselleştirilmesi

Figure 2. Visualization of SWOT factors' weights using a radar chart

Çizelge 2. SWOT gruplarının ve faktörlerinin öncelikleri ile karşılaştırmalardaki tutarlılık oranları

Table 2. Priorities of SWOT groups and factors with consistency ratios in comparisons

SWOT grupları	Grup öncelikleri	SWOT faktörleri	Tutarlılık oranı	Faktörlerin öncelikleri	Faktörlerin genel öncelikleri
Güçlü yönler	0,473	<u>Doğal Kaynak Potansiyeli</u>	0,045	<u>0,480</u>	<u>0,227</u>
		Düşük Teknoloji ve Maliyet		0,109	0,052
		Yerel Halkın Katılımı		0,056	0,026
		Endüstriyel Talep		0,355	0,168
Zayıf yönler	0,085	Standart Eksikliği	0,033	0,129	0,011
		<u>Yüksek İşçilik Maliyeti</u>		<u>0,384</u>	<u>0,033</u>
		Sürdürülebilirlik Endişeleri		0,215	0,018
		Düşük Piyasa Fiyatları		0,272	0,023
Fırsatlar	0,364	<u>Ekolojik Ürün Talebi</u>	0,039	<u>0,449</u>	<u>0,163</u>
		Uluslararası Fonlar		0,156	0,057
		İhracat Potansiyeli		0,317	0,115
		Teknik Gelişmeler		0,078	0,028
Tehditler	0,078	İklim Değişikliği	0,024	0,233	0,018
		Pazar Belirsizlikleri		0,082	0,006
		<u>Rekabet</u>		<u>0,503</u>	<u>0,039</u>
		<u>Yasal Eksiklikler</u>		<u>0,182</u>	<u>0,014</u>

\*Dört SWOT grubu arasındaki karşılaştırmaların tutarlılık oranı 0,014 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3. SWOT analizine dayalı stratejiler ve amaçları  
Table 3. Strategies and objectives based on SWOT analysis

Strateji	Amaç
Reçinede Markalaşma Stratejisi (RMS)	Geniş kızılçam varlığını ve ekolojik ürün talebini kullanarak, uluslararası pazara yönelik yüksek kaliteli ve izlenebilir bir reçine markası oluşturmak.
Verim Artırma Stratejisi (VAS)	Üretim süreçlerini iyileştirerek işçilik maliyetlerini azaltmak ve sürdürülebilir verimlilik sağlamak.
Yasal Düzenlemeler ve Saha Planlama Stratejisi (YDPS)	Reçine üretimiyle ilgili yasal mevzuatı güçlendirmek ve orman amenajman planlarına reçine üretimini entegre etmek.
İklim Uyumu ve Sürdürülebilir Orman Yönetimi Stratejisi (İSOM)	Kızılçam ormanlarının uzun vadeli ekolojik sağlığını korumaya odaklanır. İklim değişikliğine uyum sağlayarak orman ekosistemlerini ve ürünlerini uzun vadeli koruma altına almak ve sürdürülebilirliği sağlamak.

#### 2.4.1. Reçinede markalaşma stratejisi (RMS)

Bu strateji ile, Türkiye'nin geniş kızılçam varlığını ve ekolojik ürün talebini bir fırsat olarak değerlendirerek, uluslararası pazarda güçlü bir reçine markasının oluşturulması hedeflenmektedir. Aynı zamanda bu strateji ile, yüksek kalite, organik sertifikasyon ve izlenebilirlik gibi unsurlarla rekabet avantajının sağlanması hedeflenmektedir. Örnek uygulamalar arasında organik sertifikasyon programları, ürün izlenebilirliği sağlayan barkod veya QR kod sistemleri ve uluslararası pazara yönelik pazarlama kampanyaları yer almaktadır. Özellikle AB ve gelişmiş pazarlara "doğal Türk reçinesi" konseptiyle giriş yapmak ve bu pazarlarda uzun vadeli bir marka bilinirliği oluşturmak amaçlanmaktadır. Bu stratejinin temel kazançları arasında, ihracat birim fiyatının artırılması ve yerel orman kaynaklarının ekonomik olarak sürdürülebilir bir şekilde değerlendirilmesi bulunmaktadır.

#### 2.4.2. Verim artırma stratejisi (VAS)

Geleneksel üretim yöntemlerinden kaynaklanan verim kayıplarını önlemeyi ve işçilik maliyetlerini azaltmayı hedeflemektedir. Bu strateji ile düşük teknoloji gereksinimi ve düşük ekipman maliyeti avantajı kullanılarak, üretim süreçlerinin iyileştirilmesine odaklanılmaktadır. Bu strateji kapsamında, yara açma yöntemlerinin standartlaştırılması, ergonomik ekipmanların geliştirilmesi ve işçi eğitimi gibi uygulamalar öne çıkmaktadır. Ayrıca, kalite kontrol sistemleri ve üretim kayıplarını azaltan süreç iyileştirmeleri de hedeflenmektedir. Uzun vadede bu strateji, iş gücü maliyetlerini düşürürken aynı zamanda ağaç sağlığını koruyarak sürdürülebilir üretime katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

#### 2.4.3. Yasal düzenlemeler ve saha planlama stratejisi (YDPS)

Reçine üretimiyle ilgili yasal mevzuatın güçlendirilmesi ve saha planlamasının geliştirilmesi üzerine odaklanmaktadır. Devlet ormanlarında reçine üretimini düzenlemek, orman amenajman planlarına reçine üretimini entegre etmek ve standart yara açma tekniklerini mevzuata dahil etmek bu stratejinin temel hedefleridir. Ayrıca, saha araştırmaları ve pilot uygulama alanları oluşturularak, farklı yaş ve çap gruplarında reçine verimi ve ağaç sağlığı üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi planlanmaktadır. Bu strateji, mevzuat ve uygulama arasında tutarlılık sağlayarak girişimciler için bir yol haritası sunmayı ve uzun vadeli kaynak yönetimini desteklemeyi amaçlamaktadır. Türkiye'de 2017 yılında reçine eylem planı ile ilgili bir düzenleme mevcuttur (OGM, 2017). Ancak bunun dışında herhangi bir düzenleme yapılmamıştır.

#### 2.4.4. İklim uyumu ve sürdürülebilir orman yönetimi stratejisi (İSOM)

İklim değişikliğinin etkilerini azaltmayı ve orman ekosistemlerinin uzun vadeli sağlığını korumayı hedeflemektedir. İklim değişikliği, kızılçam ormanlarının sağlığını ve reçine verimini doğrudan etkileyebilecek kritik bir faktördür (Çaglayan vd., 2024). IPCC Altıncı Değerlendirme Raporu'na (IPCC AR6, Working Group I) göre, Akdeniz Havzası 21. yüzyıl boyunca küresel ortalamanın üzerinde bir sıcaklık artışı ve yağış rejiminde belirgin düzensizlikler yaşanması beklenen başlıca bölgelerden biridir (IPCC, 2021). Bu durum, özellikle yaz kuraklığının şiddetlenmesi ve orman ekosistemlerinin kuraklık, böcek zararları ve yangınlar gibi stres faktörlerine karşı daha savunmasız hale gelmesi anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, kızılçam gibi Akdeniz iklim kuşağına adapte olmuş türlerde dahi reçine verimini azaltabilecek ve orman yangını riskini artıracak potansiyele sahiptir. Buna karşılık, bölgede yetişen ve daha kurak koşullara dayanıklı genetik varyantlar (ekotipler) üzerine araştırmaların artırılması önerilmektedir. Orman yönetimi ve planlama süreçlerinde, iklim projeksiyonları dikkate alınarak ağaçların yara açma aralıkları ve üretim sezonları belirlenmesi önerilmektedir. Bu strateji, sürdürülebilirlik endişelerini giderirken yasal ve politik çerçeveyi de güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

#### 2.5. Strateji alternatiflerinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi

Çizelge 4, dört strateji alternatifinin (RMS, VAS, YDPS, İSOM) her bir SWOT faktörüne göre puanlanmasını göstermektedir. Her faktör, strateji alternatiflerine olan etkisine göre uzmanlar tarafından 1 (çok düşük) ile 5 (çok yüksek) arasında puanlanmıştır. Puanlama, SWOT faktörlerinin stratejilere sağladığı katkı düzeyini niceliksel olarak ifade etmektedir. YDPS, yasal eksiklikler ve pazar belirsizlikleri gibi faktörlerde yüksek puan alarak dengeli bir performans sergilemiştir. VAS, düşük teknoloji ve maliyet avantajında öne çıkarken, RMS ekolojik ürün talebine yönelik en güçlü strateji olarak değerlendirilmiştir. İSOM ise uzun vadeli çevresel faktörlerde (ör. iklim değişikliği) güçlü bir strateji olarak öne çıkmıştır. Bu değerlendirme, stratejilerin SWOT faktörleri ile ilişkisini sistematik bir şekilde ortaya koymaktadır.

##### 2.5.1. Toplam strateji puanının hesaplanması

Dört strateji alternatifinin (RMS, VAS, YDPS, İSOM) SWOT faktörleri doğrultusunda değerlendirilmesi sonucu elde edilen toplam puanlar Çizelge 5'te sunulmuştur. Tüm

faktörlerin katkıları toplanarak Stratejilerin toplam puanları aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Denklem 1).

$$\text{Strateji Toplam Puanı} = \sum(\text{Grup ağırlığı} \times \text{Faktör Ağırlığı} \times \text{Puan}) \quad (1)$$

YDPS stratejisi için bir örnek hesaplama:

Doğal kaynak potansiyeli katkısı=  $0,473 \times 0,480 \times 4 = 0,908$  (Çizelge 5).

Benzer şekilde, diğer faktörlerin katkıları hesaplanarak YDPS stratejisi için toplam puan elde edilmiştir (Çizelge 5).

Her bir strateji, SWOT faktörlerine göre ayrı ayrı puanlanmış ve bu puanlar faktörlerin ağırlıklarıyla çarpılarak toplam puanlar hesaplanmıştır. Yasal Düzenlemeler ve Saha Planlama Stratejisi (YDPS), toplam puanı 4.060 ile strateji alternatifleri arasında en yüksek performansı göstermiştir. En Düşük Puan: İklim Uyumu ve Sürdürülebilir Orman Yönetimi Stratejisi (İSOM), toplam puanı 3.330 ile diğer stratejilere kıyasla daha düşük bir öncelik almıştır.

Çizelge 4. Strateji alternatiflerinin SWOT faktörlerine göre değerlendirilmesi

Table 4. Evaluation of strategy alternatives based on SWOT factors

Faktörler	Stratejiler	Reçinede Markalaşma Stratejisi (RMS)	Verim Artırma Stratejisi (VAS)	Yasal Düzenlemeler ve Saha Planlama Stratejisi (YDPS)	İklim Uyumu ve Sürdürülebilir Orman Yönetimi Stratejisi (İSOM)
Doğal kaynak potansiyeli		4	5	4	4
Düşük teknoloji ve maliyet		2	4	3	2
Yerel halkın katılımı		3	4	3	2
Endüstriyel talep		4	4	4	2
Standart eksikliği		3	3	3	5
Yüksek işçilik maliyeti		2	5	3	3
Sürdürülebilirlik endişeleri		3	3	4	5
Düşük piyasa fiyatları		3	4	5	2
Ekolojik ürün talebi		5	5	4	4
Uluslararası fonlar		3	2	5	4
İhracat potansiyeli		3	2	5	3
Teknik gelişmeler		3	5	2	4
İklim değişikliği		2	2	3	5
Pazar belirsizlikleri		3	2	5	3
Rekabet		4	3	5	3
Yasal eksiklikler		2	3	5	5

Çizelge 5. Strateji alternatiflerinin SWOT faktörlerine dayalı toplam puanları

Table 5. Total scores of strategy alternatives based on SWOT factors

Faktörler	Reçinede Markalaşma Stratejisi (RMS)	Verim Artırma Stratejisi (VAS)	Yasal Düzenlemeler ve Saha Planlama Stratejisi (YDPS)	İklim Uyumu ve Sürdürülebilir Orman Yönetimi Stratejisi (İSOM)
Doğal kaynak potansiyeli	0,908	1,135	0,908	0,908
Düşük teknoloji ve maliyet	0,103	0,206	0,155	0,103
Yerel halkın katılımı	0,079	0,106	0,079	0,053
Endüstriyel talep	0,672	0,672	0,672	0,336
Standart eksikliği	0,033	0,033	0,033	0,055
Yüksek işçilik maliyeti	0,065	0,163	0,098	0,098
Sürdürülebilirlik endişeleri	0,055	0,055	0,073	0,091
Düşük piyasa fiyatları	0,069	0,092	0,116	0,046
Ekolojik ürün talebi	0,817	0,817	0,654	0,654
Uluslararası fonlar	0,170	0,114	0,284	0,227
İhracat potansiyeli	0,346	0,231	0,577	0,346
Teknik gelişmeler	0,085	0,142	0,057	0,114
İklim değişikliği	0,036	0,036	0,055	0,091
Pazar belirsizlikleri	0,019	0,013	0,032	0,019
Rekabet	0,157	0,118	0,196	0,118
Yasal eksiklikler	0,028	0,043	0,071	0,071
<b>Toplam puan</b>	<b>3,642</b>	<b>3,976</b>	<b>4,060</b>	<b>3,330</b>

### 3. Bulgular ve tartışma

Türkiye'nin reçine üretim potansiyelini etkileyen iç ve dış çevre faktörleri SWOT analizi çerçevesinde dört gruba ayrılmış ve her bir faktörün öncelik derecesi belirlenmiştir. Analiz sonucunda, güçlü yönler arasında en yüksek öncelik doğal kaynak potansiyeline (w:0,227) verilmiştir. Zayıf yönler içerisinde yüksek işçilik maliyeti (w:0,033) öne çıkarken, fırsatlar arasında ekolojik ürün talebi (w:0,163) en yüksek ağırlığı almıştır. Tehditler grubunda ise rekabet faktörü (w:0,039) en önemli unsur olarak belirlenmiştir. SWOT analizi ve AHS sonuçlarına dayalı olarak dört strateji alternatifleri geliştirilmiştir. Bunlar; Verim Artırma Stratejisi (VAS), Yasal Düzenlemeler ve Saha Planlama Stratejisi (YDPS), İklim Uyumu ve Sürdürülebilir Orman Yönetimi Stratejisi (İSOM). SWOT faktörlerinin AHS yöntemiyle ağırlıklandırılması sonucunda strateji alternatifleri önceliklendirilmiştir.

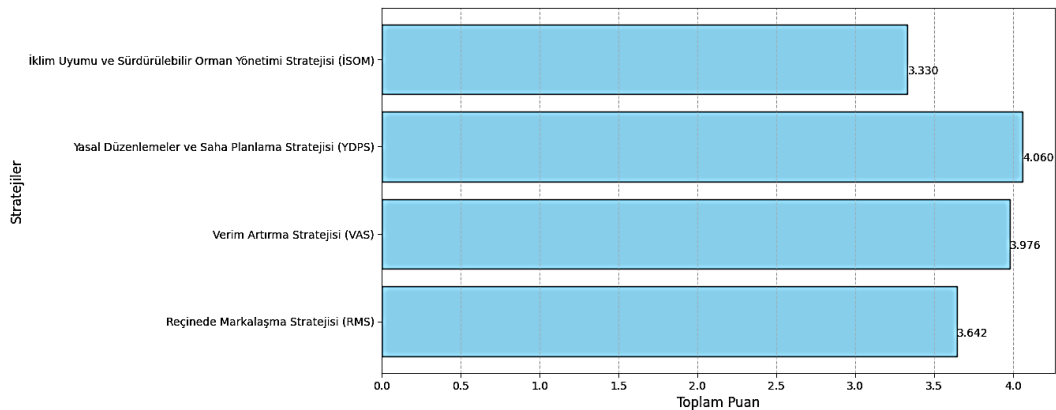
Değerlendirme sonucunda, Yasal Düzenlemeler ve Saha Planlama Stratejisi (YDPS), yasal eksikliklerin giderilmesi ve uzun vadeli kaynak yönetimini desteklemesi nedeniyle birinci sırada (4,060 puan) yer almıştır. Bu strateji, özellikle yasal eksiklikler (5), pazar belirsizlikleri (5) ve ihracat potansiyeli (5) gibi faktörlerde en yüksek puanları alarak, sektörün düzenleyici çerçevesini güçlendirmeye yönelik etkili strateji olarak öne çıkmaktadır (Çizelge 4). İkinci sırada ise Verim Artırma Stratejisi (VAS) (3,976 puan) yer almıştır (Şekil 3). Bu strateji, düşük teknoloji gereksinimi (4), yüksek işçilik maliyeti (5) ve teknik gelişmeler (5) gibi faktörlerde yüksek puan alarak, üretim verimliliğini artırmayı ve maliyetleri düşürmeyi hedefleyen bir strateji olarak belirlenmiştir. Üçüncü sırada RMS stratejisi bulunmaktadır (3,642 puan), Bu strateji, ekolojik ürün talebi (5), endüstriyel talep (4) ve rekabet avantajı (4) gibi faktörlerden yüksek puanlar alarak, Türkiye'nin reçine ihracatında marka bilinirliğini artırmayı ve küresel pazarda rekabet gücünü yükseltmeyi amaçlamaktadır. Son olarak, İSOM stratejisi ise, sürdürülebilirlik endişeleri (5), iklim değişikliği (5) ve yasal eksiklikler (5) gibi faktörlerde en yüksek puanları alarak, uzun vadeli çevresel yönetim ve iklim adaptasyonuna odaklanan bir strateji olarak dikkat çekmekte ve 3,330 puan ile son sırada yer almaktadır (Çizelge 4).

Sonuçlar, SWOT faktörlerinin AHS yöntemi ile ağırlıklandırılmasının, stratejilerin sistematik bir şekilde önceliklendirilmesini sağladığını göstermektedir. Doğal kaynak potansiyeli ve ekolojik ürün talebi gibi güçlü yönler ve fırsatlar stratejilerde önemli avantajlar sunarken, yasal

eksiklikler ve yüksek işçilik maliyeti gibi faktörlerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada engel oluşturabileceği belirlenmiştir. Bu çalışma, stratejik planlama süreçlerinde A'WOT yönteminin uygulanabilirliğini göstermiş ve reçine üretiminin sürdürülebilirliği için kapsamlı bir yol haritası sunmuştur.

Bu çalışmada, Türkiye'nin kızılçam ormanlarında reçine üretimi için stratejik planlama sürecine yönelik bütüncül bir yaklaşım ortaya konmaktadır. Geniş kızılçam orman varlığının (GDF, 2019) ve reçinenin çok yönlü endüstriyel kullanım alanları (da Silva Rodrigues-Corrêa vd., 2013) sektör için önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu potansiyel, yasal eksiklikler, yüksek işçilik maliyeti ve piyasa dalgalanmaları gibi sınırlayıcı unsurlarla karşı karşıyadır. Küresel pazarda reçine üretiminde Çin, Brezilya ve Endonezya gibi ülkelerin lider konumda olduğu belirtilmektedir (Cunningham, 2012; López-Álvarez vd., 2023). Türkiye'nin mevcut payının düşük olması ve bu alandaki potansiyelin ekonomiyi, kırsal kalkınmaya ve çevre korumaya yeterince entegre edilememiş olması, stratejik bir bakış açısı gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu noktada A'WOT yaklaşımının sistematik yapısı, söz konusu potansiyelin sürdürülebilir yönetimle bütüleştirilmesi için gerekli olan niceliksel çerçeveyi sağlamaktadır (Kangas vd., 2001; Kurttila vd., 2000).

Stratejiler arasında en yüksek önceliğe sahip olan Yasal Düzenlemeler ve Saha Planlama Stratejisi (YDPS), reçine üretimine yönelik yasal altyapı eksikliklerini ve saha uygulamalarındaki standart yoksunluğunu ele alarak uzun vadeli kaynak yönetimini güçlendirmeyi hedeflemektedir. Bu kapsamda, Meksika'da federal düzeyde düzenlenen reçine üretimi, teknik çalışmalar ve çoklu paydaş koordinasyonunu gerektiren resmi bir orman izni ile yürütülmekte (Heinze vd., 2021), Türkiye'de ise Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yayınlanan 2016'da yayınlanan teknik talimatla, minimum 26 cm çap sınırı getirilerek sürdürülebilir hasat kriterleri tanımlanmıştır (OGM, 2016). Her iki örnek de, orman amenajman planlarında reçine üretimine yönelik yönetim prensiplerinin açıkça tanımlanmasının yasal altyapıyı güçlendirdiğini göstermektedir. Ancak, mevzuat ile uygulama arasındaki uyumsuzlukların azaltılması için bu tür düzenlemelerin yerel koşullara adapte edilmesi ve kurumsal kapasitenin (örneğin, teknik eğitimler ve paydaş katılımı) artırılması kritik önem taşımaktadır. Bu adımlar, yalnızca kaynak yönetimini iyileştirmekle kalmayacak, aynı zamanda Çağlayan vd., (2025) tarafından belirtilen yasal boşlukların kapatılmasına da katkı sağlayacaktır.



Şekil 3. AHS ve SWOT sonuçlarına göre strateji alternatiflerinin değerlendirilmesi  
Figure 3. Evaluation of strategy alternatives based on AHP and SWOT results

Reçine üretiminin sürdürülebilirliğini sağlamak için ormancılık politikalarının güçlendirilmesi ve reçine fiyatlarındaki dalgalanmalara karşı ekonomik teşvik mekanizmalarının oluşturulması gerektiği belirtilmektedir (Soliño vd., 2018). Bu bağlamda, Avrupa'da ekosistem hizmetleri ödemelerinin yeni Ortak Tarım Politikası ile uyumlu hale getirildiği örneklerden yararlanılabilir (Soliño vd., 2018). Bunun yanı sıra, ülke genelindeki reçine üretim sahalarında pilot uygulamaların yaygınlaştırılması ve farklı yörelerin ekolojik koşullarına göre üretim modellerinin geliştirilmesi, yerel topluluk katılımını güçlendirebilir ve standartlaşma sürecini hızlandırabilir.

Verim Artırma Stratejisi (VAS), düşük teknoloji ve maliyet avantajından yararlanarak hem ekonomik getiriye hem de sürdürülebilir üretim hedefine katkı sunmayı amaçlamaktadır. Mevcut literatürde, kızılçamda geleneksel yara açma yöntemlerinin iş gücü verimliliğini düşürdüğüne ve maliyetleri yükselttiğine (Caglayan vd., 2025) dikkat çekilmektedir. Bu nedenle, iyileştirilmiş ekipman kullanımı, işçi eğitim programları ve hasat yöntemlerinin optimizasyonu gibi uygulamaların üretim maliyetlerini kontrol altına alabileceği öngörülmektedir.

Benzer şekilde, yasal düzenlemelerin (YDPS) sahadaki standartlaşmayla birleştirilmesi ile, VAS uygulamalarını destekleyerek reçine üretiminde sürekli ve planlı bir kapasite artışı sağlanabilir. Yüksek reçine verimine sahip ağaçların belirlenmesi için biyoteknolojik yöntemlerin önemini vurgulamakta ve DNA bazlı belirteçlerin kullanımıyla genetik olarak üstün bireylerin seçilebileceğini belirtmektedir (Rodrigues-Corrêa vd., 2012). Bu yaklaşım, Türkiye'de reçine üretimini artırmak için potansiyel bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

Reçine üretimi için kullanılan mekanik yara açma yöntemlerinden biri olan Mazek veya Rill yönteminin, modern teknolojilere uyarlanarak reçine verimini artırmak amacıyla kullanılabilirliği ifade edilmektedir (da Silva Rodrigues-Corrêa vd., 2013). Ancak, Avrupa'da reçine üretiminin yüksek işçilik maliyetleri ve Çin kaynaklı düşük maliyetli reçineler nedeniyle azaldığı belirtilmektedir (Soliño vd., 2018). Bu durum, Türkiye'nin düşük maliyetli ve verimli üretim modelleri geliştirmesinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Reçinede Markalaşma Stratejisi (RMS), küresel ölçekte artan ekolojik ürün talebine (Caglayan vd., 2024) yanıt vermekte ve Türkiye'nin geniş kızılçam ormanlarını bir rekabet avantajına dönüştürmeyi hedeflemektedir. Bu strateji, organik sertifikasyon, izlenebilirlik ve yüksek kaliteli üretim standartlarının uluslararası pazarlarda marka değeri oluşturabileceğini öngörmektedir. Ancak, markalaşma süreçlerinin başarıya ulaşması için kapsamlı bir finansman, etkili bir pazarlama planı ve uluslararası iş birliğiyle desteklenmesi gerekliliği de açıktır.

Bu tür bir markalaşma, reçine ihracatında birim fiyatların artmasını sağlayarak, özellikle kırsal bölgelerin kalkınmasına ve orman köylülerinin ekonomik refahına katkı sunabilir. Reçine üretimi kırsal alanlarda istihdam yaratarak ve kimya sanayisi için yenilenebilir bir hammadde sağlayarak hem ekonomik hem de sosyal açıdan önemli bir rol oynamaktadır (Rodríguez-García vd., 2015). Bu nedenle, RMS'nin başarılı bir şekilde uygulanması, Türkiye'nin reçine sektöründe küresel pazarda daha güçlü bir konum elde etmesine yardımcı olabilir.

İklim Uyumu ve Sürdürülebilir Orman Yönetimi Stratejisi (İSOM), kızılçam ekosistemlerinin iklim değişikliği karşısındaki kırılganlığını azaltmayı ve uzun vadeli ekolojik sürekliliği sağlamayı amaçlamaktadır. Akdeniz bölgesinde beklenen sıcaklık artışı ve yağış rejimindeki düzensizliklerin (IPCC, 2021) reçine verimini düşürebileceği, aynı zamanda yangın riskini artırabileceği bilinmektedir. Bu nedenle, İSOM'un başarılı olabilmesi için, iklim senaryoları doğrultusunda saha planlamasını güncellemek, yangın yönetim stratejilerini reçine sahalarına da uyarlamak ve kuraklık koşullarına daha dayanıklı genotiplerin kullanımını yaygınlaştırmak gibi kritik adımların atılması gerekmektedir.

Sıcaklık ve su mevcudiyeti gibi çevresel faktörlerin reçine üretimi üzerinde belirleyici bir rol oynadığını vurgulamaktadır (López-Álvarez vd., 2023). Öyleki, ekotip araştırmalarının teşvik edilmesi, ağaçların stres toleransını artırmaya yönelik genetik geliştirme çalışmalarının kapsamının geliştirilmesi (Li vd., 2024), iklim değişikliğine uyum sürecini destekleyebilir. Öte yandan, reçine üretiminin yaz aylarında ormanda işçi bulundurması sayesinde yangın riskini azaltmada kritik bir rol oynadığını belirtmektedir (Soliño vd., 2018). Bu durum, reçine üretiminin yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda ekolojik açıdan da önemli bir işlevi olduğunu göstermektedir.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Bu bulgular, giriş bölümünde ele alınan doğal kaynak potansiyelinin ve çok yönlü endüstriyel kullanım imkânlarının (da Silva Rodrigues-Corrêa vd., 2013) daha sistematik bir çerçevede yönetilmesi gerektiğini göstermektedir. Türkiye'de reçine üretiminin sürdürülebilirliğini sağlamak için, kamu ormanlarının yönetim planlarına reçine üretimini entegre eden yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Yasal düzenlemeler veya işçilik verimliliğinin artırılması gibi konuların yalnızca makro düzeyde tanımlanması yeterli değildir. Orman Genel Müdürlüğü, ilgili bakanlıklar, özel sektör ve yerel halk gibi paydaşların hangi aşamada, hangi rollerle sürece katılacağı ve bu iş birliğinin nasıl koordine edileceği netleştirilmelidir.

Reçine üretiminden elde edilecek gelirin yerel halkın geçimine, istihdam oranına ve sosyal refaha sağlayacağı katkı, yerinde yapılacak vaka analizleri veya senaryo çalışmaları ile desteklenmelidir. Türkiye'de reçine üretimi, kırsal kalkınmaya katkı sunabilecek stratejik bir sektör olarak değerlendirilmeli ve desteklenmelidir. Özellikle ekosistem hizmetleri ödemeleri ve yasal düzenlemeler geliştirilerek, sektörde istikrar sağlanmalıdır. Bu tür teşvik mekanizmaları, hem reçine üreticilerinin gelir güvenliğini artırabilir hem de sürdürülebilir ormancılık politikalarının uygulanmasına katkı sağlayabilir.

Türkiye'nin rekabetçi olabilmesi için üretim verimliliğini artıracak teknolojik yatırımlara ve pazar çeşitlendirmesine odaklanması gerekmektedir. Aynı zamanda, uluslararası rekabet gücünü artırmak için kalite standartlarını geliştirmesi ve markalaşma stratejilerine odaklanması önemlidir. Bu süreçte, orman yangınları, böcek zararları ve piyasa belirsizlikleri gibi beklenmeyen durumlar için kısa, orta ve uzun vadeli kriz yönetimi planları oluşturulması, sektörün dirençliliğini artıracaktır. İSOM kapsamındaki iklim uyum önlemlerinin yanı sıra, saha bazında hızlı müdahale ve izleme sistemlerinin geliştirilmesi de kritik öneme sahiptir.



Stratejilerin, farklı bölgelerde pilot uygulamalarla test edilmesi ve verim, maliyet, ağaç sağlığı, sosyo-ekonomik fayda gibi göstergelerin sistematik biçimde toplanması gerekmektedir. Bu sayede elde edilecek veriler, stratejilerin etkinliğini ölçmek ve gerektiğinde revize etmek için yol gösterici olacaktır. Aynı zamanda, güçlü yönler ve fırsatlar değerlendirilirken (ekolojik ürün talebi, uluslararası fonların varlığı vb.), sürdürülebilirliğe engel oluşturabilecek risk unsurlarının (yüksek işçilik maliyeti, yasal eksiklikler, rekabet baskısı) bütüncül stratejilerle bertaraf edilmesi zorunludur.

Uygulamanın başarısı, paydaşlar arası iş birliği, pilot uygulamalardan elde edilecek verilerin yaygınlaştırılması ve sürekli izleme-değerlendirme mekanizmalarının kurulmasına bağlıdır. Böylece, Türkiye'nin reçine üretiminde hak ettiği değere kavuşması ve kırsal kalkınma ile doğa koruma hedeflerinin birlikte gözetilmesi mümkün hale gelebilir.

#### Kaynaklar

- Caglayan, İ., Dolu, A. Ö., Kabak, Ö., Rodríguez-García, A., Demirel, T., Özkan, U. Y., Makineci, E., Yeşil, A., Ayberk, H., 2024. Dynamics of resin yield in *Pinus brutia*: A quantitative analysis using bark streak tapping. *Industrial Crops and Products*, 221: 119344.
- Caglayan, İ., Kabak, Ö., Ucal Sari, I., 2025. Comparative cost analysis for bore hole and bark streak tapping methods in resin production from *Pinus brutia*. *Agroforestry Systems*, 99(45): 1–18.
- Cunningham, A., 2012. Pine resin tapping techniques used around the world. *Pine resin: biology, chemistry and applications*, 661(2): 1-8.
- da Silva Rodrigues-Corrêa, K. C., de Lima, J. C., Fett-Neto, A. G., 2013. Oleoresins from pine: production and industrial uses. *Natural products*, 136: 4037-4060.
- Fikir, D., Tadesse, W., Gure, A., 2016. Economic contribution to local livelihoods and households dependency on dry land forest products in Hammer District, Southeastern Ethiopia. *International Journal of Forestry Research*, 2016(1): 5474680.
- GDF, 2019. Distribution of forest areas according to tree species. General Directorate of Forestry; Ministry of Agriculture and Forestry; Republic of Turkey, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Accessed: 14.12.2024.
- Güngör, E., 2018. Determination of optimum management strategy for Honey Production Forest lands using A'WOT and Conjoint Analysis: a case study in Turkey. *Applied Ecology & Environmental Research*, 16(3):3437-3459
- Heinze, A., Thomas W., K., Luis E., G. B., Neptali, R. M., Bongers, F., 2021. Tapping into nature's benefits: values, effort and the struggle to co-produce pine resin. *Ecosystems and People*, 17(1): 69–86.
- IPCC, 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_FullReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf), Accessed: 10.07.2024
- Kajanus, M., Kurttila, M., Kangas, J., 2003. A'WOT method and its recent elaborations in strategic natural resources management planning. H. Vacik, M. J. Lexer, M. H. Rauscher, K. M. Reynolds, & R. T. Brooks (Eds.), *Decision Support for Multiple Purpose Forestry; A transdisciplinary conference on the development of decision support tools for forest management*, 23-25 April, Vienna, Austria, pp.1-11
- Kangas, J., Pesonen, M., Kurttila, M., Kajanus, M., 2001. A'WOT: integrating the AHP with SWOT analysis. *Proceedings of the sixth international symposium on the analytic hierarchy process ISAHp*, 2-4 August, Berne, Switzerland, pp. 2–4.
- Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J., Kajanus, M., 2000. Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis — a hybrid method and its application to a forest-certification case. *Forest Policy and Economics*, 1(1): 41–52.
- Lemenih, M., Abebe, T., Olsson, M., 2003. Gum and resin resources from some *Acacia*, *Boswellia* and *Commiphora* species and their economic contributions in Liban, south-east Ethiopia. *Journal of Arid Environments*, 55(3): 465–482.
- Li, Y., Yuan, Y., Hu, Z., Liu, S., Zhang, X., 2024. Genetic transformation of forest trees and its research advances in stress tolerance. *Forests*, 15(3): 441.
- López-Álvarez, Ó., Zas, R., Marey-Perez, M., 2023. Resin tapping: A review of the main factors modulating pine resin yield. *Industrial Crops and Products*, 202:117105.
- OGM, 2016. *Odun Dışı Orman Ürünlerinin Envanter ve Planlaması ile Üretim ve Satış Esasları- Tebliğ No 302*. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Mevzuat-sitesi/Tebliğler/302>, Erişim: 11.12.2024.
- OGM, 2017. *Reçine Eylem Planı*. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, [https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Yayinlar/Reçine\\_Eylem\\_Planı.pdf](https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Yayinlar/Reçine_Eylem_Planı.pdf), Erişim: 09.10.2024.
- Pesonen, M., Ahola, J., Kurttila, M., Kajanus, M., & Kangas, J., 2000. Investment strategies of Finnish forest industry in North America: A case study using SWOT. I. Munn, S.H. Bullard, S.C. Grado, D.L. Grebner (Eds.), *SOFEW '99: Southern Forest Economics Workshop*, Biloxi, MS. *Proceedings of 1999 April 18-20, US*, pp.43-49
- Rodrigues-Corrêa, K. C. da S., de Lima, J. C., Fett-Neto, A. G., 2012. Pine oleoresin: tapping green chemicals, biofuels, food protection, and carbon sequestration from multipurpose trees. *Food and Energy Security*, 1(2): 81–93.
- Rodríguez-García, A., Martín, J. A., López, R., Mutke, S., Pinillos, F., Gil, L., 2015. Influence of climate variables on resin yield and secretory structures in tapped *Pinus pinaster* Ait. in central Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 202: 83–93.
- Saaty, T. L., 1980. The analytic hierarchy process (AHP). *The Journal of the Operational Research Society*, 41(11): 1073-1076.
- Sahani, N., 2021. Application of hybrid SWOT-AHP-FuzzyAHP model for formulation and prioritization of ecotourism strategies in Western Himalaya, India. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 9(3): 349–362.
- Satil, F., Selvi, S., Polat, R., 2011. Ethnic uses of pine resin production from *Pinus brutia* by native people on the Kazdağ Mountain (Mt. Ida) in Western Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9 (3-4): 1059–1063.
- Scoones, I., 1998. *Sustainable Rural Livelihoods: A Framework for Analysis*. IDS Working Paper 72, Institute of Development Studies, Brighton.
- Soliño, M., Yu, T., Alía, R., Auñón, F., Bravo-Oviedo, A., Chambel, M. R., García del Barrio, J. M., 2018. Resin-tapped pine forests in Spain: Ecological diversity and economic valuation. *Science of The Total Environment*, 625: 1146–1155.
- Wolfslehner, B., Vacik, H., 2008. Evaluating sustainable forest management strategies with the Analytic Network Process in a Pressure-State-Response framework. *Journal of Environmental Management*, 88(1): 1–10.
- Yıldızbaş, A., İstek, A., Sıradağ, C. B., 2023. Reçine üretimine genel bir bakış ve Covid-19'un üretim üzerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2): 320–339.

## Ağaç işleri endüstrisindeki çatı makası elemanlarında farklı bağlantı elemanlarının araştırılması

Ramazan Bülbül<sup>a,\*</sup>, Hasan Özgür İmirzi<sup>a</sup>, Nihat Döngel<sup>a</sup>, Musa Kaya<sup>b</sup>, Nurettin Gökbulut<sup>c</sup>, İbrahim Pazarkaya<sup>d</sup>, Emin Berk Kaya<sup>a</sup>, Mert Arslan<sup>a</sup>

**Öz:** Bu çalışmada, geleneksel ahşap çatı sistemlerinde kullanılan mertek ve taban elemanlarının bağlantı noktalarındaki farklı birleştirme açıları (mertekte 90°, tabanda 90° ve açortay) ile bu bağlantı noktalarının tespit edilmesinde kullanılan farklı bağlantı gereçlerine (Çivi, vida ve bulon) bağlı olarak; çatı makaslarının basınç emniyet gerilmeleri hesaplanmıştır. Çalışmada hava kurusu rutubet değeri %14, yoğunluk değeri 0.539 g/cm<sup>3</sup>, eğilme direnci 95.37 N/mm<sup>2</sup>, eğilmede elastikiyet modülü değeri 10793.53 N/mm<sup>2</sup> ve dinamik eğilme direnci değeri 16.142 kJ/m<sup>2</sup> olan Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ahşap malzeme ile üretilen çatı makası elemanlarının, bağlantı noktalarındaki en yüksek basınç emniyet gerilmesi; bulon bağlantı elemanı ve mertekte 90° açılı ikili etkileşimi değeri 353.20 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. En düşük basınç emniyet gerilmesi ise; çivi bağlantı gereci ve mertekte 90°'lik açıya bağlı olarak 38.93 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada mertek ya da tabanda uygulanan 90°'lik birleştirme açıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; hem geniş açıklıklara hem de fazla yük taşıma potansiyeline sahip çatı sistemlerinde; mertek ya da tabanda 90°'lik birleştirme açılarının anlamlı bir farkın olmadığı, bağlantı elemanı ile birleştirme açısının ikili etkileşiminden bağlantı elemanı olarak bulon bağlantı kullanılması önerilir. Bu çalışmanın diğer bir yönü ise; çatı makasında meydana gelen basınç emniyet gerilmesinin tespitine yönelik uygulanan deneysel işlemlerin sonlu elemanlar metodu (FEM) ile de uygulanmış olmasıdır. Bu metoda göre vida bağlantılı mertek ve taban birleştirmelerinde kayma gerilmelerinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Toros sedir, Çatı makası, Bağlantı elemanı, Modelleme, Sonlu elemanlar analizi

## Investigation of different fasteners in roof truss elements in the woodworking industry

**Abstract:** In this study, compressive safety stresses of roof trusses were calculated depending on the different joining angles (90° at the rafter, 90° at the base and bisector) at the connection points of rafter and base elements used in traditional wooden roof systems and different fastening materials (nails, screws and bolts) used to fix these connection points. In the study, the highest compressive safety stress at the connection points of the roof truss elements produced with cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) wood material with air dry humidity value of 14%, density value of 0.539 g/cm<sup>3</sup>, bending resistance 95.37 N/mm<sup>2</sup>, modulus of elasticity value in bending 10793.53 N/mm<sup>2</sup> and dynamic bending resistance value 16.142 kJ/m<sup>2</sup> was determined as 353.20 N/mm<sup>2</sup>. The lowest compressive safety stress was determined as 38.93 N/mm<sup>2</sup> depending on the 90° angle at the nail fastener and rafter. In addition, it was determined that there was no statistically significant difference between the 90° joint angles applied in the rafter or base. According to the results obtained; in roof systems with both large spans and high load carrying potential; 90° joint angles at the rafter or base do not have a significant difference, and it is recommended to use a bolt connection as a fastener due to the dual interaction of the fastener and the joint angle. Another aspect of this study is that the experimental procedures applied to determine the compressive safety stress in the roof truss were also applied with the finite element method (FEM). According to this method, it was found that shear stresses were higher in screw connected rafter and base joints.

**Keywords:** Taurus cedar, Roof joint, Fastener, Modelling, Finite element analysis

### 1. Giriş

İnsanoğlunun yeryüzünde kullandığı en eski yapı malzemelerinden biri olan ahşap malzeme; geçmişten günümüze kadar mobilya imalatında, dekorasyon uygulamalarında, köprü ve diğer yapısal uygulamalarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Kullanım alanının bu kadar

geniş olmasının nedeni; en başta fiziksel ve mekanik özelliklerinin elverişliliği ile birlikte doğada fazla bulunmasına bağlı olarak gerçekleştiği söylenilebilir.

Ahşabın yapılarıdaki önceki kullanım şekli deneyimlere bağlı iken günümüzde mühendislik bilimlerindeki gelişmelerle birlikte gelişen yapı tekniklerine bağlı olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla küresel anlamda ağaç

<sup>a</sup> Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>b</sup> Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Yakutiye/Erzurum, Türkiye

<sup>c</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, İnegöl Meslek Yüksekokulu, İnegöl/Bursa, Türkiye

<sup>d</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Afyonkarahisar, Türkiye

\* **Corresponding author** (İletişim yazarı): ramazanbulbul@gazi.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 27.07.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 24.01.2025



**Citation** (Atf): Bülbül, R., İmirzi, H.Ö., Döngel, N., Kaya, M., Gökbulut, N., Pazarkaya, İ., Kaya, E.B., Arslan, M., 2025. Ağaç işleri endüstrisindeki çatı makası elemanlarında farklı bağlantı elemanlarının araştırılması. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 45-54. DOI: [10.18182/tjf.1522038](https://doi.org/10.18182/tjf.1522038)

malzemenin yapısal uygulamalarda taşıyıcı iskelet elemanı olarak kullanılmasındaki en büyük gelişme; 20. yüzyılın başlarında geliştirilen birleştirme teknikleri ve ağaç malzeme koruma yöntem ve teknikleri ile mümkün olmuştur. Böylece deneyimlerle gerçekleştirilen ağaç malzeme kullanım yöntemlerindeki malzeme kesit ve birleşim çeşitleri deneysel sonuçlarla tespit edilmiştir (Kutlu ve Ergün, 2020; Can ve Tokgöz, 2008).

Çatı, atmosferik etkenlere (rüzgâr, yağmur, kar, güneş) karşı yapıyı koruma amacıyla oluşturulan ve yapıda en üst bölümde yer alan örtü ve konstrüksiyondan ibaret olan yapısal elemanlardan biridir (Toydemir ve Bulut, 2004; Odabaşı, 1981). Çatılarda günümüzde yapıların mimari formları ve taşıyıcı sistemlerin yapım tekniklerine bağlı olarak beşik, kırma, sivri, tonoz, mansard ve külah gibi farklı biçimlerde uygulamalar gerçekleştirilebilir (Binan, 2010). Kurgulanan bu çatı türleri her ne kadar biçimsel olarak birbirlerinden farklı olsalar da ortak noktaları yapıyı ve yapı içerisinde yaşayanları gerek atmosferik ve gerekse gürültü gibi çevresel etkilere karşı korumayı sağlamaktır (Kutlu ve Ergün, 2020).

Çatı konumu gereği yapı bütününde atmosferik etkilerden en fazla etkilenen yapı bileşenidir. Kar, yağmur, su, rüzgâr gibi etkenlere maruz kalan çatı bileşeninin hizmet süresi olumsuz etkilenmektedir (Toydemir vd., 2001). Dolayısıyla çatı hem kendi yükünü hem de kendisine etki eden kar, yağmur ve rüzgâr gibi dinamik etkilere karşı dirençli olacak şekilde tasarlanmış olup; aynı zamanda söz konusu bu yükleri yapıdaki taşıyıcı sisteme iletme kabiliyetine sahip olmalıdır (Toydemir ve Bulut, 2004).

Yapının bütünlücüsü olan çatılar; ahşap, maden (Hasol, 1995) ve betonarme (Aker, 1998) olmak üzere üç farklı malzemeden yapılmaktadır. Betonarme çatılar 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren, çelikten üretilen çatılar ise 14. yüzyıldan itibaren kullanılmaya başlanmasına karşın (Turgay, 2003), ahşap malzeme M.Ö. 13/12 yüzyıldan günümüze kadar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Morton, 1984). Aynı zamanda çatılarda geleneksel bir yapım malzemesi olan ahşap 20. yüzyılın ilk çeyreğine kadar çatı örtülerinde de yaygın bir biçimde kullanılmıştır (Kern vd., 2008).

Sahip olduğu özellik ile ahşap malzeme yapısal uygulamalarda, taştan sonra doğadaki haline en yakın kullanılan malzemedir (Eriç, 1972). Ahşabın bu özelliği, ahşap ve diğer yapısal uygulamalarda yapı bileşeni olmasını sağlayan önemli bir etken olduğu söylenilebilir.

Ahşap malzemenin tarihi süreç içerisindeki kullanımı basit barınaklar ile başlanmışsa da insanlığın yerleşik bir hayata geçişi ile beraber konut, köprü, dini yapılarda etkin bir şekilde kullanılmıştır (Erdoğan, 2003). Aynı zamanda ahşabın bu tür yapılarındaki kullanım oranı, o bölgenin iklim, bitki örtüsü ve sahip olduğu ağaç türüne bağlı olarak şekillenmektedir (Gür ve Batur, 2000). Ahşap malzemenin çatılarda kullanılması her ne kadar bölgesel olanaklar dâhilinde olsa da esas önemli olan faktörün ahşap malzemenin, çatıya etki edebilecek kuvvetlere karşı yeterli dirence sahip olmasıdır.

Çatı iskeletinde kullanılacak olan ahşap malzemenin mekanik özellikleri yapısal açıdan dayanımını göstermektedir. Fiziksel özellikleri ise ahşap malzemenin yapının bir parçası olmasından ötürü yapı kabuğunun yönetim değerlerinin sağlanması açısından oldukça önemlidir (Kolbay, 2010). Dolayısıyla çatılarda kullanılacak olan ahşap malzemenin; yoğunluk değeri, çivi ve vida tutma kabiliyeti,

eğilme ve basınç direncinin yüksek olması, üretim maliyetlerinin düşük olması, kolaylıkla temin edilebilir olması gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir (Avlar, 1995).

Ahşap çatıların konstrüksiyonlarında kullanılması için önerilen ahşap malzeme türleri, çoğunluğu dayanıklı ahşap cinslerinden (Günay, 2002) olmak üzere genellikle sedir, meşe, kayın, dişbudak, çınar ve kavak odunlarıdır (Avlar, 1995). Doğu Akdeniz'in en önemli yapım malzemelerinden birisi olan Toros Sediri Akseki Sarıhacılar Köyü Camisi'nin muhtelif kısımlarında kullanılmıştır (Yaman vd., 2019). Japon Sedir kerestesi ile birleştirilmiş çatı makaslarının yapısal performansı için çivili çelik köşebent kullanımı gerçekleştirilmiştir (Yeh ve Lin, 2011). Ahşap çatıların taşıyıcı sistemlerinde kullanılacak olan bu tür odunların lif yönlerinin düzgün olması, çatlaksız, reaksiyon odunu olmaması, mantar ve haşere tahribatına maruz kalmaması gibi etkenler göz önüne alınarak seçilmeli, ayrıca rutubet oranları ise %18 – 20 oranında olması; çatının hizmet ömrünün daha fazla olması açısından oldukça önemlidir.

Ahşap çatılarda kullanılan bağlantı ürünleri metal esaslı olmakla birlikte ahşap bağlantı ürünleri de kullanılmaktadır. Bunlar yivli ve çentikli çiviler, farklı çap ve uzunluklara sahip vidalar, bulonlar, dikme ve kirişlerin bağlantı yüzeylerini artırmak için kullanılan metal plakalar ve disk dübel kamalardır (Kolbay, 2010). Herhangi bir bağlantı elemanı kullanılmadan ikinci sınıf çamda açılı altındaki basınç emniyet gerilmeleri belirtilmiş ve 240°'lik bir açıda basınç emniyet gerilmesi 59 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur (Ayata, 1974).

Yapılan bu çalışmada, ahşap çatı konstrüksiyonunda mevcut olan yanlama ve taban gergilerin birleştirmelerinde uygulanan açıl birleştirmelerin ve bu birleştirmeleri sabitlemek için uygulanan vida, çivi ve bulonların; çatıya yerçekimi kuvvetine paralel bir şekilde etki eden (Yanal kuvvet) basınç kuvvetine karşı basınç emniyet gerilme değerlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda; bu çalışmanın konusunu teşkil eden 1:1 ölçeğindeki çatı sistemlerinin deneysel işlemlere tabi tutulmalarının maliyet ve uygulama şartlarının yetersizliğinden dolayı; yapılan literatür taramaları (Kütükçü, 2019; Güneş, 2022; Öztürk ve Altınok, 2024) sonucunda ve mevcut test cihazlarının kapasiteleri göz önünde bulundurularak; 1:5 ölçeğindeki deney numuneleri ile oluşturulan çatı bağlantı sistemleri deneysel işlemlere tabi tutulmuştur.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada ahşap çatılarda kullanılan ağaçlardan Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) odunu tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan sedir odunu; düzgün lifli, budaksız, çatlaksız, reaksiyon odunu, çürüme, böcek ve mantar tahribatının olmaması gibi kriterler göz önüne alınarak birinci sınıf özelliklere sahip olacak şekilde, Ankara Siteler bölgesinden rastgele seçim yöntemiyle elde edilmiştir.

### 2.2. Yöntem

Açılı altında basınç emniyet gerilmeleri üç hal altında gerçekleştirildiği (Şekill1a,1b,1c) ve S kuvvetinin etkisinin tabanda oluşturulan  $\alpha$  açısına bağlı olarak t ve Lv değerlerinin değişeceği matematiksel formüller ile gösterilmiştir.

Her üç halde de karşılanabilecek S kuvvetinin AB düzeyi tarafından karşılandığı (Ayata, 1974) belirtilmiştir. AB mesafesinin ve buna bağlı olarak değişen diğer değerler sırası ile kuvvetin  $\alpha$  açısına bağlı olarak basınç emniyet gerilmesi (Denklem 1), t değeri (Denklem 2), S max değeri (Denklem 3) ve Lv değeri (Denklem 4) bulunmuştur.

$$\sigma_{bem} = \frac{S}{b} \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

$$t = \frac{S \cdot \cos \alpha}{b \cdot \sigma_{bem}} \quad (2) \text{ 1. ve 2. hal için}$$

$$t = \frac{\left( \frac{S \cdot \cos 2\alpha}{2} \right)}{(b \cdot \sigma_{bem})} \quad (2) \text{ 3. hal için}$$

$$S = \frac{t \cdot b \cdot \sigma_{bem}}{\cos \alpha} \quad (3) \text{ 1. ve 2. hal için}$$

$$S = \frac{t \cdot b \cdot \sigma_{bem}}{\frac{\cos 2\alpha}{2}} \quad (3) \text{ 3. hal için}$$

$$Lv = \frac{(S \cdot \cos \alpha)}{(b \cdot \zeta_{em})} \quad (4)$$

Burada  $\sigma_{bem}$ : Basınç emniyet gerilmesi, S: Kuvvet, t: Çentik derinliği, Lv: Ön ahşap boyu, b: Genişlik, h: Yükseklik, //: Elyaf yönüne paralel,  $\perp$ : Elyaf yönüne dik,

Şekil 2'de görselleri verilen yanlamanın gergi ile  $24^\circ$  (%45) açı yapacak şekilde birleştirilerek; alt gergide  $90^\circ$ , yanlamada  $90^\circ$  ve açılırtay halleri oluşturulmuştur. Her üç hal ise; çivi, vida ve bulon ile sabitlenmiştir.

20 mm  $\times$  30 mm kesitine sahip ahşap örneklerin Şekil.2.a'da deney örneklerinin izometrik perspektifini,

Şekil.2.b'de ise bağlantı elamanlarından çivi ve vidaların sabitlenme mesafeleri gösterilmiştir.

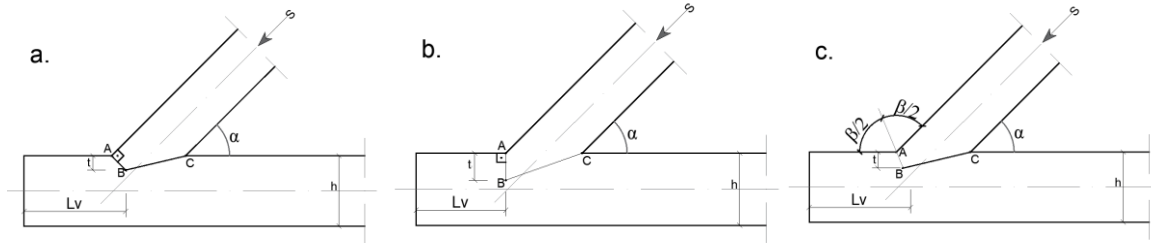
Sedir odunlarından  $20 \times 20 \times 30$  mm ölçülerinde toplam 20 adet örnek hazırlanmıştır, 20 örneğin 10 tanesi ile yoğunluğun belirlenmesi diğer 10 örnek ile de rutubet değerleri belirlenmiştir. Deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla (Denklem 5) TS ISO 13061-2 (2021)'de belirtilen esaslara, Rutubet (r) kontrolünde ise (Denklem 6) TS ISO 13061-1(2021)'de belirtilen esaslara uyulmuştur.

$$\delta 8 = \frac{m 8}{v 8} \quad (5)$$

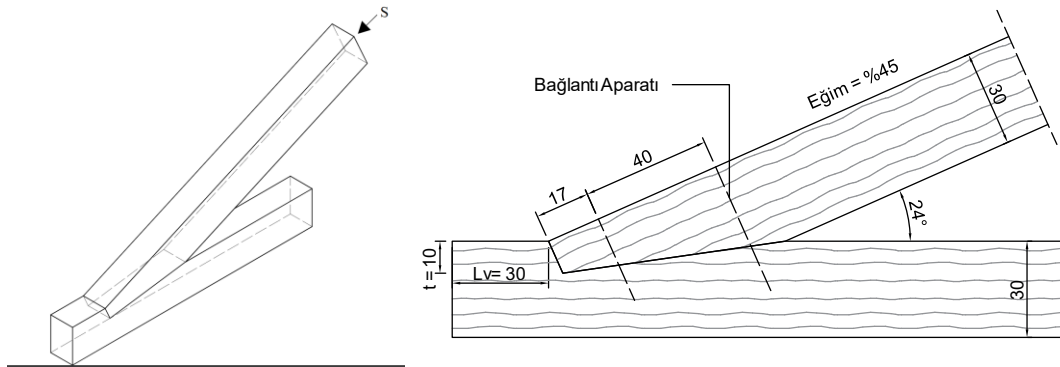
$$r = \left( \frac{(mr - mo)}{mo} \right) \times 100 \quad (6)$$

Burada  $\delta 8$ :Yoğunluk, m = Örnek ağırlığı, v = Örnek hacmi, mr: Rutubetli ahşabın ağırlığı, mo: Tam kuru ağırlık, r: Rutubet yüzdesi.

Sedir odunundan; eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değeri için  $20 \times 20 \times 340$  mm ölçülerinde 10 adet, dinamik eğilme direnci için ise  $20 \times 20 \times 300$  mm ölçülerinde 10 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesi için Instron-5969 universal test cihazı; dinamik eğilme değerlerinin belirlenmesi için ise Impact test cihazı kullanılmıştır. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesi amacıyla (Denklem 7) TS ISO 13061-3 (2021)'de belirtilen esaslara, dinamik eğilme (şok) direnci deneyleri ise (Denklem 8) TS ISO 13061-10 (2021) esaslarna göre yapılmıştır.



Şekil 1. a) 1.hal\_mertekte  $90^\circ$ , b) 2.hal\_tabanda  $90^\circ$ , c) 3.hal\_açılırtay  
Figure 1.a) 1.condition\_on rafter  $90^\circ$ , b) 2.condition\_on beam  $90^\circ$ , c) 3.condition\_bisector



Şekil 2. Deney örneklerinin a) İzometrik perspektifi, b) Bağlantı elemanlarının yerleri  
Figure 2. Test samples a) Isometric perspective, b) Fastener locations

$$E = \frac{(3 \times F \times L_s)}{(2 \times b \times h^2)} \quad (7)$$

$$A_W = \frac{1000 \times Q}{b \times h} \quad (8)$$

Burada E: Eğilme direnci, F: Kırılma anındaki kuvvet, L<sub>s</sub>: Dayanak açıklığı, b: Örnek genişliği, h: Örnek kalınlığı. A<sub>W</sub>: Dinamik eğilme şok direnci, Q: Deneş örneğinin kırıldığı andaki iş miktarı.

### 2.3. Deneş örneklerinin üretilmesi

Bu çalışmada deneş örnekleri Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü atölyelerinde hazırlanmış ve laboratuvarlarında test edilmiştir.

Deneş örneklerinin planya makinesinde yüz-cumba rendeleme işlemleri sonrası, sırası ile net ölçülere getirebilmek için; kalınlık, daire testere makinesi ve freze makinelerinde işlemlere tabi tutulmuştur. Şekil 3.a'da çivi ile bağlantıyı, 3.b'de ise vida ile bağlantıyı ve 3.c'de ise bulon ile bağlantı örnekleri görölmektedir. Her bağlantı elemanına göre 30'ar adet olmak üzere toplam 90 birleştirme örneği hazırlanmıştır. Çalışma konusu olan bu çatı makaslarındaki mertek ve tabanların birleştirilmeleri yapılmadan önce hazırlanan örnekler 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem şartlarında iklimlendirme odasında 120 saat bekletildikten sonra yoğunluk, Şekil 4'te göröldüğü gibi eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve dinamik eğilme direnci değerleri belirlenmiştir. Rutubet değerleri için ise örneklerin ilk olarak hava kuruşu ağırlıkları belirlenmiş, sonrasında örnekler 103 ±2 °C' de Etüv 'de değışmez ağırlığa ulaşmcaaya kadar bekletilmiş ve tam kuru ağırlıkları belirlenerek rutubet değerleri bulunmuştur. Yapılan deneşlere ilişkin elde edilen her bir testin ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 3. a) Çivi ile bağlantı işlemi, b) Vida ile bağlantı işlemi, c) Bulon ile bağlantı işlemi  
Figure 3. a) Nail connection process, b) Screw connection process, c) Bolt connection process



Şekil 4. a) Eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve dinamik eğilme direncine ilişkin deneş öncesi numuneler, b) Eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve dinamik eğilme direncine ilişkin deneş sonrası numuneler, c) Dinamik eğilme direnci deneş düzeneği d) Eğilme ve Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin tespitine ilişkin deneş düzeneği

Figure 4. a) Samples before the test for bending strength, modulus of elasticity in bending and dynamic bending strength, b) Samples after the test for bending strength, modulus of elasticity in bending and dynamic bending strength, c) Dynamic bending strength test setup, d) Determination of values of bending and modulus of elasticity in bending according to the test setup

### 3. Bulgular ve tartışma

#### 3.1. Çalışmada kullanılan ahşap ve diğer bağlantı gereçlerine ait bazı fiziksel ve mekanik dirençler

Yapılan çalışmada; özellikle sedir odunu ile ilgili bazı fiziksel (Yoğunluk, rutubet) ve mekanik dirençler (Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değeri, dinamik eğilme direnci) belirlenirken; ilgili standartlardan olan TS ISO 13061-1 (2021), TS ISO 13061-2 (2021), TS ISO 13061-3 (2021), TS ISO 13061-10 (2021), standartları referans alınmıştır. Çalışmada kullanılan sedir odunu ile mertek ve tabanların birleştirmelerinde kullanılan bağlantı gereçlerine ait bazı özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

#### 3.2. Basınç direncinin tespiti

TS EN 408+A1 (2014)’e göre çatı makaslarında deneysel yöntemlerle tespit edilen basınç emniyet gerilmelerine ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2’ye göre sedir odunundan üretilen çatı makasının bağlantı noktalarındaki bağlayıcı gereç ile mertek ve gergilerin açılmasına bağlı olarak gerçekleşen basınç emniyet gerilmelerinin birbirlerinden farklı oldukları görülmüştür. Meydana gelen bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olup ya da olmadıklarını belirlemek için çoklu varyans analiz testi yapılarak; sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3’e göre bağlantı gereçleri, birleştirme açıları ve bunların ikili etkileşimlerinin çatı makasındaki mertek ve taban bağlantılarının basınç emniyet gerilmelerine olan etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ( $p<0.05$ ) etkili oldukları tespit edilmiştir. Çoklu varyans analiz sonucuna göre, basınç emniyet gerilmesi değeri üzerinde etki düzeyi en yüksek ( $F:3742,699$ ; %98.9) olan parametrenin bağlantı gereci olduğu görülmüştür. Yapılan çoklu varyans analiz sonucuna göre etkileri anlamlı olarak tespit edilen parametrelerin grupları arasındaki farklılıkları tespit amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre bağlantı gereçleri arasındaki homojenlik gruplarına dair sonuçlar Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan sedir odunu ve kullanılan bağlantı gereçlerine ait bazı özellikler

Table 1. Some properties of the cedar wood used in the study and some properties of the fasteners used

Malzeme adı	Özellikler	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Rutubet (%)	Eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Elastikiyet modülü (N/mm <sup>2</sup> )	Dinamik eğilme (kJ/m <sup>2</sup> )
Sedir ağacı	-	0.539	14	95.37	10793.57	16.142
Çivi	30 mm, 50 mm					
Vida	3.5×50 ve 4×50					
Bulon	M6 (Metrik 6)					

Çizelge 2. Bağlantı gereçleri ve bağlantı noktalarındaki birleştirme açılarına bağlı basınç emniyet gerilmelerine ait istatistiksel veriler (N/mm<sup>2</sup>)

Table 2. Strength data for compressive safety stresses depending on the connection materials and the breaking angles at the connection points (N/mm<sup>2</sup>)

Bağlantı gereci	Bağlantı Açısı	N	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X <sub>ort.</sub>	Std. sp.
Çivi	Mertekte 90°	10	38.93	43.03	40.83	4.40
	Tabanda 90°	10	34.42	51.23	40.10	4.55
	Açıortay	10	34.83	40.57	38.29	1.67
Vida	Mertekte 90°	10	216.38	272.52	239.56	15.86
	Tabanda 90°	10	221.29	280.71	251.50	21.50
	Açıortay	10	198.75	249.98	226.42	16.34
Bulon	Mertekte 90°	10	331.94	366.77	353.20	10.96
	Tabanda 90°	10	294.65	365.13	329.60	17.90
	Açıortay	10	278.67	306.94	292.93	9.13

X<sub>min</sub>: Minimum Değer, X<sub>max</sub>: Maksimum değer, X<sub>ort.</sub>: Ortalama değer, Std. sp.: Standart sapma

Çizelge 3. Bağlantı gereçleri ve birleştirme açılarına bağlı gerçekleşen basınç emniyet gerilmelerine ait çoklu varyans analizi

Table 3. Multiple variance analysis of compressive safety stresses depending on connection materials and joint angles

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ort.	F	Anlamlılık düzeyi (p<0.05)
Bağlantı gereci (A)	1286891.453	2	643445.73	3742.699	0.000
Mesnet açısı (B)	11069.239	2	5534.62	32.193	0.000
A*B	10563.561	4	2640.89	15.361	0.000
Hata	13925.540	81	171.92		
Toplam	4972309.995	90			
Düzeltilmiş toplam	1322449.793	89			

Güven aralığı: %95, SD:Serbestlik derecesi, F:Etki gücü

Çizelge 4. Bağlantı gerecine bağlı olarak gerçekleşen basınç emniyet gerilmelerine ait homojenlik grupları

Table 4. Homogeneity groups of pressure safety stresses depending on the connection material

Bağlantı gereci	$\bar{X}$ (N/mm <sup>2</sup> )	HG
Çivi	39.74	C
Vida	239.2	B
Bulon	325.2	A

LSD: 6.73 N/mm<sup>2</sup>, HG: Homojenlik grubu

Çizelge 4'e göre çatı makasındaki bağlantı noktasının sabitlemesinde kullanılan bağlantı gereçlerine bağlı olarak gerçekleşen basınç emniyet gerilmesi en yüksek (325.2 N/mm<sup>2</sup>) bulonlu bağlantıda iken en düşük basınç emniyet gerilmesi (39.74 N/mm<sup>2</sup>) ise çivi bağlantı gerecine bağlı olarak gerçekleşmiştir. Çizelgeye göre çivi bağlantı gerecine bağlı gerçekleşen direnç değerinin düşük olması; birleştirmede kullanılan çivinin düz bir gövdeye sahip olduğu ve ahşaba çakılırken ahşaptaki lifleri yararak ilerlemesi, buna karşın vidanın ise odun liflerini kendi adımlarına sararak ilerlemesine bağlı olarak gerçekleştiği söylenilebilir. Bulonda elde edilen yüksek basınç emniyet gerilmesinin nedeni ise bulonun uç kısmındaki somunun başlıkta açılan kılavuz deliğinden daha geniş olması ve bir stoplayıcı olarak görev yapmasına bağlı olduğu söylenilebilir.

Ahşap çatı konstrüksiyonlarında elemanlar arasında kuvvet aktarımı mesnet noktalarındaki temas yüzeylerinden basınç gerilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Birbirlerine temas edilecek yüzeylerin iyi bir işçilik ile oluşturulması ile birlikte bağlantı gereçlerinin kullanılması gerekmektedir (Can ve Tokgöz, 2008). Bağlantı gereçlerinden özellikle bulonlar basınç emniyet gerilmelerinde önemli oranda artış sağlamıştır (Palma vd., 2012). Mertek ve taban açısına bağlı olarak gerçekleşen basınç emniyet gerilmelerine ilişkin homojenlik grupları Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Mertek ve taban birleştirme açısına bağlı olarak gerçekleşen basınç emniyet gerilmelerine ait homojenlik grupları

Table 5. Homogeneity groups of compressive safety stresses depending on the rafter and beam joint angle

Mesnet Açısı	$\bar{X}$ (N/mm <sup>2</sup> )	HG
Mertekte 90°	211.2	A
Tabanda 90°	207.1	A
Açıortay	185.9	B

LSD: 6.73 N/mm<sup>2</sup>, HG: Homojenlik grubu

Çizelge 5'e göre bağlantı noktasındaki mertek ve taban birleştirme açılarında göre mertekte 90°'lik açının basınç emniyet gerilmesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak mertek ve taban arasındaki basınç emniyet gerilmeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür. Basınç emniyet gerilme dirençleri arasında gerçekleşen bu farkların açısal bağlanma açısının sonucu olarak merteye etki eden yükün tabandaki liflere 24°'lik bir açı (Şekil 5) ile aktarılması ve yapışma yüzey alanlarına bağlı olarak gerçekleştiği söylenilebilir.

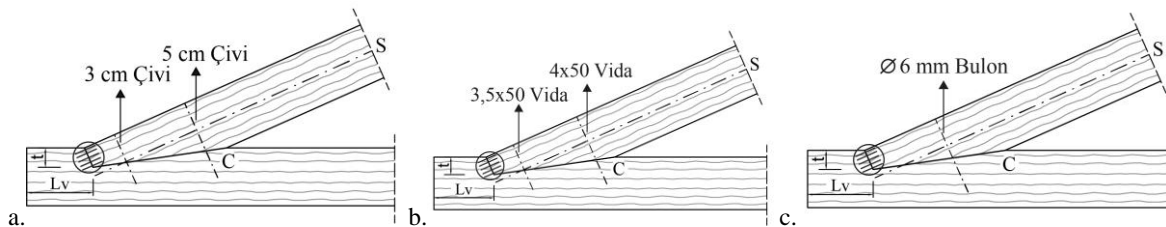
Bağlantı noktalarındaki çentikli yüzeylerin birbirlerine iyi bir şekilde temas etmesi basınç emniyet gerilmeleri açısından oldukça önemli bir etki sağlamaktadır (Palma vd., 2012). Çatı makaslarındaki bağlantı gereci ve mertek ile taban elemanlarının birleştirme açılarının ikili etkileşimlerine bağlı olarak gerçekleşen homojenlik grupları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Bağlantı gereci ile mertek ve taban elemanlarının birleştirme açısının ikili etkileşimine bağlı olarak gerçekleşen basınç emniyet gerilmelerine ait homojenlik grupları

Table 6. Homogeneity groups of compressive safety stresses resulting from the dual interaction of the connection material and the shear strength of the rafter and beam elements.

Bağlantı gereci	Bağlantı açısı	N	$\bar{X}$ (N/mm <sup>2</sup> )	HG
Çivi	Mertekte 90°	10	40.83	G
	Tabanda 90°	10	40.10	G
	Açıortay	10	38.29	G
Vida	Mertekte 90°	10	239.56	E
	Tabanda 90°	10	251.50	D
	Açıortay	10	226.42	F
Bulon	Mertekte 90°	10	353.20	A
	Tabanda 90°	10	329.60	B
	Açıortay	10	292.93	C

LSD: 11.65 N/mm<sup>2</sup>, HG: Homojenlik grubu

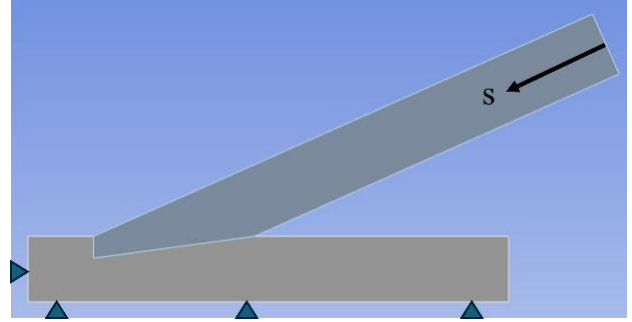


Şekil 5. Merteye etki eden yükün gergiye aktarılması ve a) Çivi, b) Vida, c) Bulon ile bağlantılarının oluşturulduğu detaylar  
Figure 5. Details of how the load acting on the rafter is transferred to the tensioner and its connections are created with a) Nail, b) Screw, c) Bolt

Çizelge 6'ya göre çivi ve çiviye bağlı olarak çatı elemanlarının bağlantı noktalarındaki birleştirme açıları arasındaki ikili etkileşimlerine bağlı gerçekleşen basınç emniyet gerilmeleri arasında anlamlı bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Ancak gerek vida ve gerekse bulon ile diğer bağlantı noktalarındaki birleştirme açıları arasındaki basınç emniyet gerilmelerinin birbirlerinden istatistiksel anlamda farklı oldukları görülmüştür. Duncan testi sonuçlarına göre bağlantı gereci ve bağlantı noktalarındaki birleştirme açılarının ikili etkileşimine bağlı olarak en yüksek basınç emniyet gerilmesinin bulon bağlantı gereci ile mertekte 90°'lik açılı konstrüksiyonel uygulamada olduğu görülmektedir.

### 3.3. Sonlu elemanlar ile analiz

Bağlantı ve elemanların tiplerine göre imal edilen çatı malzemelerinin 2023 sürümlü Ansys Workbench adlı programın Static Structural modülü ile deney ortamına benzeştirilerek gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Deneysel ortamda boyutsal azaltma faktörü kullanılmış ve Static Structural analizinde deneyler için hazırlanan numuneler 1:1 ölçekte çizilerek Ansys ortamına alınmış ve nümerik sonuçlar elde edilmiştir. Analizlerde malzemeler izotropik ve bağlantı elemanları demir, ağaç malzemeler sedir olarak tanımlanmıştır. Contact türleri ise ağaç ve bağlantı elemanları arasında "bonded", ağaçlar arasındaysa "frictional" şeklinde ayarlanmıştır. Ağaç malzemeler arasındaki sürtünme katsayısı 0,4 belirlenmiştir (Aira vd., 2014). Burada üçgenle gösterilmiş yüzeyler sabitlenmiş ve  $s = 500 \text{ N}$ 'luk kuvvet uygulanmıştır. Analizlerde üçgenel ağ yapısı tercih edilmiş ve bağlantı bölgelerinde ağ yapısı sıklaştırılarak analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). FEM modellere ait eleman ve düğüm sayıları Çizelge 7'de gösterilmiştir. Analizle toplam yer değiştirme ve maksimum kayma gerilmeleri elde edilmiş ve Çizelge 8'de verilmiştir.



Şekil 6. Statik analiz sınır şartları

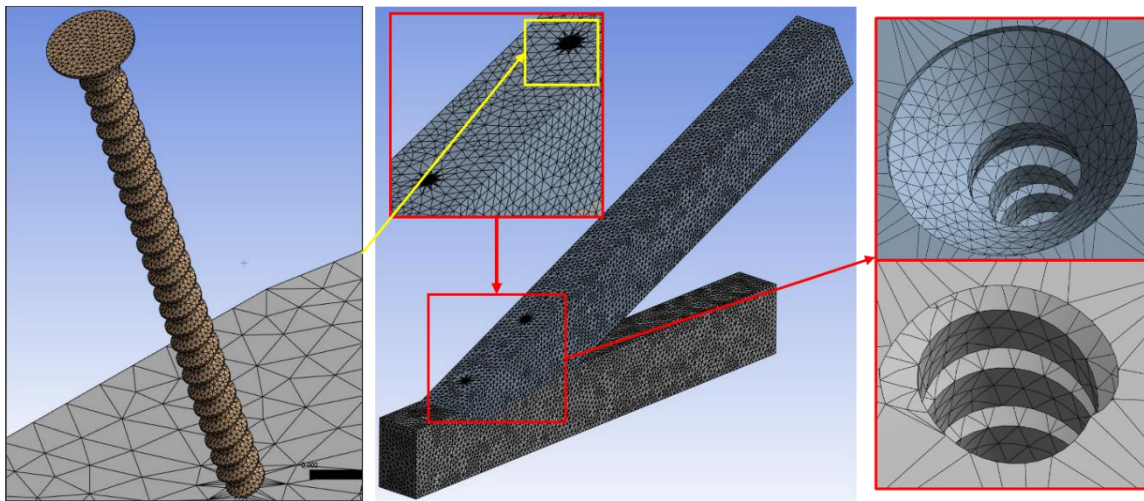
Figure 6 Static analysis boundary conditions

Çizelge 7. FEM modellerin ağ yapısı eleman ve düğüm sayıları

Table 7. Number of elements and nodes in the mesh structure of FEM models

Bağlantı gereci	Bağlantı açısı	Eleman sayısı	Düğüm sayısı
Çivi ile bağlantı	Mertekte 90°	380653	553255
	Tabanda 90°	380013	552321
	Açıortay	381918	555647
Vida ile bağlantı	Mertekte 90°	445845	665627
	Tabanda 90°	445938	667554
	Açıortay	445396	665028
Bulon ile bağlantı	Mertekte 90°	413771	810293
	Tabanda 90°	423559	799802
	Açıortay	412217	803167

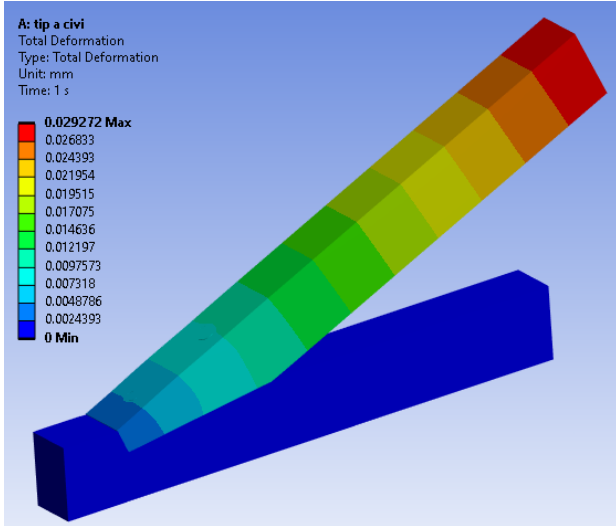
Çizelge 8 incelendiğinde en büyük yer değiştirmenin çivi bağlantısına sahip açıortay'da, en küçük yer değiştirmenin ise vida bağlantılı mertekte 90° çatı bağlantısında olduğu tespit edilmiştir. Maksimum kayma gerilmeleri göz önüne alındığında en büyük kayma gerilmesi vida bağlantılı tabanda 90°'de, en küçük kayma gerilmesiyse bulonla birbirine bağlanmış mertekte 90°'de meydana gelmiştir. Yer değiştirmeler ele alındığında bütün bağlantı tiplerine göre en büyük yer değiştirmeler mertekte ve kuvvetin uygulandığı yüzeyde meydana gelmiştir (Şekil 8). Kuvvetin uygulandığı yüzeyle, bağlantı elemanları arasında oluşan momentten dolayı bu durum normal karşılanmıştır.



Şekil 7. FEM modelin ağ yapısı

Figure 7. Mesh structure of the FEM model





Şekil 8. Maksimum yer değiştirme  
Figure 8. Maximum displacement

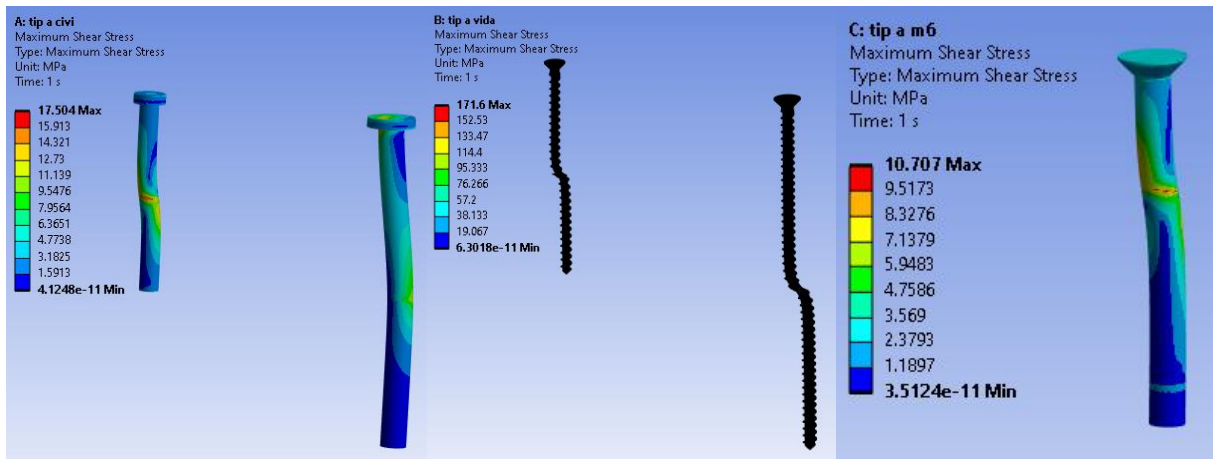
Çizelge 8. Çatı bağlantı elemanlarının maksimum yer değiştirmeleri ve maksimum kayma gerilmeleri  
Table 8. Maximum displacements and maximum shear stresses of roof fasteners

Bağlantı gereci	Bağlantı açısı	Toplam yer değiştirme (mm)	Maksimum kayma gerilmesi (N/mm <sup>2</sup> )
Çivi ile bağlantı	Mertekte 90°	0.029272	17,504
	Tabanda 90°	0.029720	20,218
	Açıortay	0.032639	18,304
Vida ile bağlantı	Mertekte 90°	0.001295	171,60
	Tabanda 90°	0.001305	280,34
	Açıortay	0.001303	128,48
Bulon ile bağlantı	Mertekte 90°	0.028161	10,707
	Tabanda 90°	0.028433	11,119
	Açıortay	0.028228	10,882

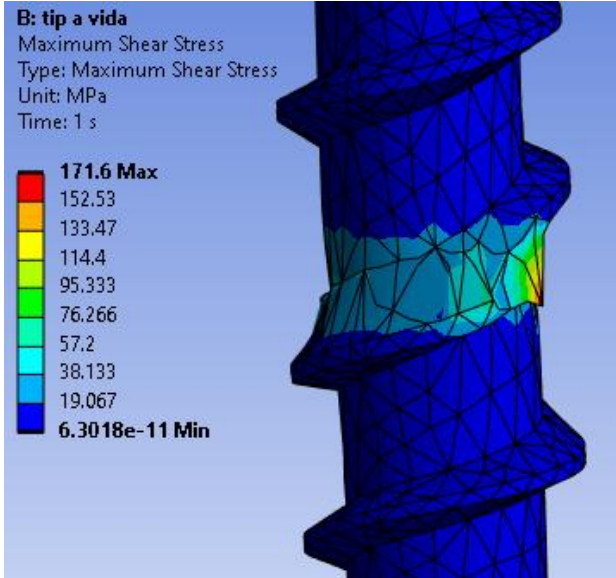
Maksimum kayma gerilmeleri ise bağlantı elemanları üzerinde oluşmuştur (Şekil 9). Ayrıca en büyük maksimum kayma gerilmeleri tabanda 90° bağlantısına sahip elemanlarda oluşmuştur. Bununla birlikte bağlantı elemanları kendi içerisinde incelendiğinde vidayla bağlanmış mertek ve tabanların kayma gerilmeleri çivi ve bulon bağlantı tiplerine göre oldukça yüksektir. Bunun nedeni vida üzerinde bulunan dişlerin sivri ve keskin köşelere sahip olduğudur (Şekil 10). Ayrıca kuvvetin yönünden kaynaklı bağlantı elemanlarının üzerine hem çekme hem de kesme gerilmesi oluşur. Bu durumda bağlantı elemanlarında bileşik gerilme meydana gelir. Vidalı bağlantıda vida dişleri mertek ve tabanların bağılı kavrayarak bağlantı yapıldığından kayma gerilmelerinin vida tipli bağlantıda vida üzerinde oluşması doğal karşılanmıştır. Çivi ve bulon bağlantılarında ise bu elemanların gövdeleri silindirik ve başlıkları kavramazlar bu yüzden maksimum kayma gerilmeleri vidaya göre düşük olduğu görülmüştür. Hesaplanan emniyet gerilmeleri ve analizlerle elde edilen maksimum kayma gerilmeleri incelendiğinde, mertekte 90° vidalı bağlantı dışındaki tüm maksimum kayma gerilmeleri emniyet gerilmelerinden küçüktür. Bu durum mertekte 90° vidalı bağlantı tipi dışındaki tüm bağlantıların emniyetli olduğunu göstermektedir. Çünkü maksimum kayma gerilmelerinin emniyet gerilmelerinden küçük olması istenmekte ve maksimum kayma gerilmesi hipotezine (Tresca) göre eş değer gerilmeyi veren denklem Formül 9'te verilmiştir (Şekercioğlu, 2017).

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad \text{ve} \quad \sigma_{eş} < \sigma_{em} \quad (9)$$

Burada  $\sigma$ : basma veya çekme gerilmesi,  $\tau$ : kesme gerilmesidir.



(a) (b) (c)  
Şekil 9. Bağlantı elemanlarında oluşan gerilmeler. a) Çivi, b) Vida, c) Bulon  
Figure 9. Stresses occurring in the connecting elements. a) Nail, b) Screw, c) Bolt



Şekil 10. Vidanın keskin köşesinde oluşan maksimum kayma gerilmesi

Figure 10. Maximum shear stress at the sharp corner of the screw

#### 4. Sonuç ve öneriler

Yapılan çalışmada sedir ahşap malzemeden üretilen çatı makaslarındaki yanlama ve gergilerin farklı bağlantı gereçleri ve farklı birleştirme açılara bağlı olarak basınç emniyet gerilmeleri deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan incelemeye göre;

- Mesnet noktalarında kullanılan bağlantı gereçlerinin yanlama ve gergilerin basınç emniyet gerilmelerine etkilerinin oldukça önemli olduğu,
- Mesnet noktalarının sabitliği için kullanılan bağlantı gereçlerinin basınç emniyet gerilmeleri göz önüne alındığında en yüksek basınç emniyet gerilmesinin bulunlu bağlantıda meydana geldiği,
- Yapılan deneye göre mertek ve tabandaki 90°'lik birleştirme açıları arasında anlamlı düzeyde bir farkın olmadığı; ancak 90°'lik açının açıortay biçimindeki açıya oranla daha yüksek basınç emniyet gerilmesine sahip olduğu,
- Çalışma konusu olan çatı makasının mesnet noktasındaki basınç direncinin en yüksek olduğu bağlantı gereci ve bağlantı açısı uygulama şeklinin bulunlu bağlantı ile mertekteki 90°'lik açı ikili etkileşiminde elde edildiği,
- Yer değiştirmeler ele alındığında bütün bağlantı tiplerine göre en büyük yer değiştirmeler mertekte ve kuvvetin uygulandığı yüzeyde meydana geldiği,
- En büyük gerilmelerin bağlantı elemanları üzerinde olduğu,
- En büyük gerilmelerin vidalı bağlantı tipinde hesaplandığı, sonuçlarına varılabilir. Bu sonuçlara göre;
- Sonlu elemanlar analizinden elde edilen maksimum kayma gerilmelerine göre bulon bağlantılı tipler tercih edilebilir. Bununla birlikte mertek ve tabanlar tip A şeklinde üretilebilir.

Ayrıca sedir ahşap malzemelerden üretilen çatı makasındaki mesnet noktalarındaki basınç emniyet gerilmelerinin hem bağlantı gereçlerine ve hem de mertek ve tabandaki bağlantı açılara bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Dolayısıyla bu türden çatı makasları için mesnet noktalarındaki basınç emniyet gerilmelerinin artırılması için farklı ahşap türleri, farklı ahşap türlerinden üretilmiş lamine kerestelerin performans değerleri araştırılabilir.

#### Açıklama

Bu çalışmanın bir kısmı Akdeniz 11. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi'nde (2024, Mersin) sunulmuştur. Kongre kitabında özet olarak yayınlanmıştır.

#### Kaynaklar

- Aira, J. R., Arriaga, F., Íñiguez-González, I., Crespo, J., 2014. Static and kinetic friction coefficients of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), parallel and perpendicular to grain direction. *Materiales de Construcción*, 64(315): 1-9. <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2014.03913>
- Aker, E., 1998. Çatılarda seçenek özelliklerinin tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Avlar, E., 1995. Türkiye'deki konut açığının giderilebilmesinde ön yapımlı ahşap konut üretiminin uygulanabilirliği yönünde bir model araştırması (Bursa örneği). Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayata, İ., 1974. Ahşap Yapı ve Kafes Sistemlerinin Hesap Esasları. Diner Matbaası, İstanbul.
- Binan, M., 2010. Ahşap çatılar. Birsan Yayınevi, Lord Matbaası, İstanbul.
- Can, Ö., Tokgöz, H., 2008. Ahşap çatı makaslarının düğüm noktalarında ön ahşap uzunluğunun deneysel yöntemle tayini. *Technological Applied Sciences*, 3(4): 571-579.
- Erdoğan, E., 2003. Ahşap: Mükemmel bir yapı malzemesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 427: 89-92.
- Eriç, M., 1972. Dünün ve bugünün ahşap ve ahşaptan üretilmiş malzemesinin Türkiye şartları içinde yapıda rasyonel kullanıma imkanlarının araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Günay, R., 2002. Geleneksel Ahşap Yapılar Sorunları ve Çözüm Yolları. Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Güneş, M., 2022. Ön ısıtılmış uygulanmış ahşap taşıyıcı yapı elemanlarının farklı iklim şartlarındaki davranışlarının incelenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gür, Ö. Ş., Batur, A., 2000. Rural Architecture in the Eastern Black Sea Region. İstanbul: Milli Reasürans Yayınları, İstanbul.
- Hasol, D., 1995. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. YEM Yayınları, İstanbul.
- Kern, A., Kowarik, K., Rausch, A. W., 2008. Salz-Reich:7000 Jahre Hallstatt-Softcover. Naturhistorisches Museum Wien, Austria.
- Kolbay, S. D., 2010. Çatılarda ahşap strüktür bileşenlerinin tasarım etkenleri. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kutlu, İ., Ergün, R., 2020. Geleneksel Anadolu yapılarında ahşap üst örtü gelişiminin değerlendirilmesi. *International Journal of Mardin Studies*, 1(1): 93-109.
- Kütükçü, D. E., 2019. Düzlem çerçeve ahşap yapı sistemlerinin bazı mekanik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Morton, F., 1984. Hallstatt, Verlag des Musealvereins. Austria.
- Odabaşı, Y., 1981. Ahşap Çatıların Hesap ve Detayları. Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.

- Öztürk, Y., Altunok, M., 2024. Ahşap yeşil ev konsepti tasarımına özgün yaklaşımlar. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 12(3): 550-569. <https://doi.org/10.29109/gujsc.1496217>
- Palma, P., Garcia, H., Ferreira, J., Appleton, J., Cruz, H., 2012. Behaviour and repair of carpentry connections–Rotational behaviour of the rafter and tie beam connection in timber roof structures. Journal of Cultural Heritage, 13(3): S64-S73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2012.03.002>
- Şekercioğlu, T., 2017. Makine Elemanları Çözümlü Problemler. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Toydemir, N., Bulut, Ü., 2004. Çatılar. Yapı Yayın, İstanbul, Türkiye.
- Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L., 2001. Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme. Literatür Yayıncılık, İstanbul, Türkiye.
- TS EN 408+A1, 2014. Ahşap yapılar- yapı kerestesi ve yapıştırılmış lamine kereste – Bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini. T.S.E., Ankara.
- TS ISO 13061-1, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri- Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi. T.S.E., Ankara.
- TS ISO 13061-2, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri- Bölüm 2: Fiziksel ve mekanik deneyler için yoğunluğun belirlenmesi. T.S.E., Ankara.
- TS ISO 13061-3, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri- Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 4: Statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini. T.S.E., Ankara.
- TS ISO 13061-10, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri - Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 10: Çarpmaya karşı eğilme mukavemetinin tayini. T.S.E., Ankara.
- Turgay, F.M., 2003. Endüstrileşmiş çatı bileşenleri üzerine bir inceleme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yaman, B., Akyol, A. A., Aktaş, K., 2019. Akseki Sarıhacıl köyü ahşap teşhisi. Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences JONAS, 2(1): 44-49.
- Yeh, M.C., Lin, Y.L., 2011. Structural performance of roof trusses assembled with Japanese Cedar lumber using nailed steel gussets. Taiwan J. For. Sci., 26(4): 383-397.

## Investigation of the impact of adjustable workstations on ergonomic performance and worker health in furniture assembly

Kadir Özkaya<sup>a,\*</sup>, Abdullah Cemil İlçe<sup>b</sup>, Olcay Polat<sup>c</sup>

**Abstract:** The objective of this study is to ascertain the impact of workbench height on the reduction of physical strain experienced by workers in the furniture industry. The research comprises three distinct phases, to be conducted within a furniture factory setting. The initial phase of the study entails the administration of a comprehensive questionnaire to all production units, with the objective of assessing the degree of physical strain experienced by workers. In the second phase, the Dutch Musculoskeletal Questionnaire (DMQ) and the Rapid Whole-body Assessment (REBA) method were employed in conjunction with one another, with due consideration given to the findings of the preceding phase. This phase was specifically designed to facilitate a comparison between employees who utilize height-adjustable desks and those who do not. The third phase saw the strategic application of the REBA analysis to assembly and final inspection areas that had been identified as hotspots for musculoskeletal disorders complaints. This targeted approach provides a detailed understanding of the ergonomic dynamics of assembly processes, particularly in areas of increased physical strain. The results of these three phases collectively highlight a significant finding: the correlation between worker orientation and workbench height emerges as a crucial ergonomic factor. Adjusting this correlation can play a pivotal role in preventing the onset of musculoskeletal disorders (MSDs), particularly in occupations involving significant physical exertion.

**Keywords:** Ergonomics, Furniture assembly, Musculoskeletal disorders, Occupational health, Workbench adjustment

## Mobilya montajında ayarlanabilir iş istasyonlarının ergonomik performans ve işçi sağlığı üzerindeki etkisinin araştırılması

**Öz:** Bu çalışmanın amacı, çalışma tezgahı yüksekliğinin mobilya endüstrisindeki işçilerin yaşadığı fiziksel zorlanmanın azaltılması üzerindeki etkisini belirlemektir. Araştırma, bir mobilya fabrikası ortamında yürütülecek üç ayrı aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın ilk aşaması, işçilerin yaşadığı fiziksel zorlanma derecesini değerlendirme amacıyla tüm üretim birimlerine kapsamlı bir anket uygulanmasını içerir. İkinci aşamada, Hollanda Kas-İskelet Sistemi Anketi ve Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi yöntemi, önceki aşamanın bulgularına gereken önem verilerek birlikte kullanılmıştır. Bu aşama, yüksekliği ayarlanabilir masaları kullanan ve kullanmayan çalışanlar arasında bir karşılaştırmayı kolaylaştırmak için özel olarak tasarlanmıştır. Üçüncü aşamada, REBA analizinin, MSD şikayetleri için sıcak noktalar olarak belirlenen montaj ve son muayene alanlarına stratejik olarak uygulanması görülmüştür. Bu hedefli yaklaşım, özellikle artan fiziksel zorlanma alanlarında montaj süreçlerinin ergonomik dinamikleri hakkında ayrıntılı bir anlayış sağladı. Bu üç aşamanın sonuçları toplu olarak önemli bir bulguyu vurgulamaktadır: işçi yönelimi ile tezgah yüksekliği arasındaki ilişki, önemli bir ergonomik faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Bu ilişkiyi ayarlamak, özellikle önemli fiziksel efor gerektiren mesleklerde, kas-iskelet sistemi bozukluklarının başlamasını önlemede önemli bir rol oynayabilir.

**Anahtar kelimeler:** Ergonomi, Mobilya montajı, İş sağlığı, Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları, Çalışma tezgahı ayarlama

### 1. Introduction

The integration of machinery and technology in production sectors, commonly referred to as Industry 4.0 or the fourth industrial revolution, has been a defining trend in recent decades. The furniture industry has witnessed significant enhancements in efficiency, precision, and speed through automation, robotics, and advanced technologies. However, a combination of automated processes and skilled human labor remains essential in the industry (Hirsch-Kreinsen, 2016; Xiong et al., 2023). Although machinery enhances efficiency and standardization, human involvement

is indispensable for tasks that require creativity, customization, quality control, and adaptability to changing trends and customer preferences (Gao et al., 2015; Xiong et al., 2023).

Exposure to demanding work conditions in the furniture industry may result in a range of musculoskeletal issues among workers (Gao et al., 2015; Jain et al., 2021; Nejad et al., 2013; Thetkathuek and Meepradit, 2018). Repetitive motions (Chan et al., 2020; Kumar, 2001; Lim et al., 2021), such as those required for sanding, cutting, or assembly, can lead to conditions like carpal tunnel syndrome (Dabbagh et al., 2021; Moro-López-Menchero et al., 2023; Roquelaure et

<sup>a</sup> Pamukkale University, Denizli Vocational School of Technical Sciences, Department of Design, Interior Design Program, Campus of Camlik 20070 Denizli / Türkiye

<sup>b</sup> Abant İzzet Baysal University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, 14100 Bolu / Türkiye

<sup>c</sup> Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, 20160, Denizli / Türkiye

\* **Corresponding author** (İletişim yazarı): kadirozakaya@pau.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 27.09.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 30.01.2025



**Citation** (Atıf): Özkaya, K., İlçe, A.C., Polat, O., 2025. Investigation of the impact of adjustable workstations on ergonomic performance and worker health in furniture assembly. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 55-64.  
DOI: [10.18182/tjf.1556285](https://doi.org/10.18182/tjf.1556285)

al., 2020) or tendon injuries (Dickson et al., 2023; García et al., 2020; Mehrzad et al., 2022). Heavy lifting (Friedenberg et al., 2022; García et al., 2020) without proper ergonomic practices causes back injuries (Forde and Buchholz, 2004; Fouladi-Dehaghi et al., 2021; Subedi and Pradhananga, 2021) and strain on the spine (Arora and Khatri, 2022; Mavrin Jeličić et al., 2022; Ramanandi and Desai, 2021), and improper postures maintained for prolonged periods can cause muscle imbalances, joint pain, and decreased flexibility.

Studies have shown that pain and discomfort in various parts of the musculoskeletal system are major problems in the workplace, and musculoskeletal disorders are the cause of more than half of workplace absences. Musculoskeletal problems rank second after occupational respiratory diseases among work-related diseases and complaints, as classified by the national institute for occupational safety and health (NIOSH) (Al-Hawari et al., 2014; Bernal et al., 2015; Boschman et al., 2012; Fouladi-Dehaghi et al., 2021; Haeffner et al., 2018).

Ergonomic risk control at manual workplaces (Al-Hawari et al., 2014) is not only a legal obligation but also a matter of employee health care and economic consideration. In the realm of employee well-being, it is incumbent upon workplaces to incorporate techniques for forecasting and averting ergonomic hazards into their day-to-day operations. Employers can utilize the Rapid Entire Body Assessment (REBA) as a valuable tool to assess and enhance workplace ergonomics. REBA is designed to evaluate the ergonomic risk factors associated with various job tasks, helping employers identify potential issues that may lead to musculoskeletal disorders (MSDs) among workers (Erginel and Toptanci, 2019; Kee, 2021; Kodle et al., 2023; Yalcin Kavus et al., 2023). Through the use of REBA, they can systematically analyse different workstations, postures and work processes to determine the level of risk to employees.

In the domain of furniture assembly, workers are likewise exposed to a substantial risk of developing musculoskeletal disorders (MSDs) as a consequence of the repetitive nature of the job. The constant and repetitive movements demanded by the assembly process, including the tightening of screws and installation of furniture components, can result in cumulative trauma and musculoskeletal strain over time. Furthermore, the requirement to lift heavy furniture pieces, particularly larger or bulkier ones, increases the likelihood of back injuries and other related issues. Since the furniture to be assembled have different shapes and sizes, compulsive and constantly changing body movements are performed during the assembly of the parts (Jain et al., 2021; Nejad et al., 2013; Özkaya et al., 2018; Singh et al., 2021; Thetkathuek and Meepradit, 2018). Assembly workers may also be required to maintain awkward postures while manipulating and assembling various parts, and prolonged periods of standing can contribute to fatigue and discomfort. The pressure to meet tight deadlines and quotas in furniture assembly often encourages workers to prioritize speed over proper body mechanics, exacerbating the risk of musculoskeletal issues.

In recent years, ergonomic aspects of assembly design problems have been addressed from various perspectives to reduce work-related MSDs. Gönen et al. (2018) proposed a new risk assessment method to calculate which body parts of assembly line workers are at risk. Finco et al. (2019) recommended reducing the negative effects of using vibratory tools on the assembly line. Dimitrokalli et al.

(2020) experimentally demonstrated that using robots on the assembly line has positive contributions. Liao and Ryu (2020) have created a mathematical model to show the benefits of human-robot cooperation in mold assemblies where heavy parts transportation is intensive. Wilhelm et al. (2021) introduced the concept of ErgoTact and developed a human-oriented balancing model between production time and ergonomic work in manual assembly lines. Buisseret et al. (2018) developed low-cost software with high reliability and supported by 3D cameras instead of ergonomic risk analyses based on employee video recordings and observation. Wang et al. (2021) modeled an estimation method supported by an artificial intelligence algorithm to measure the musculoskeletal system (MSS) strains more precisely on the worker in motion. Oyekan et al. (2021) have designed a wearable sensor system to analyze the ergonomic situations of workers working where manual assembly labor is intensive in real-time. Singh et al. (2022) reduced the time spent for assembly on the concrete mixer machine assembly line, increased the work efficiency of the operator, product delivery and quality, and work safety, and revealed that as a result, the risk of MSDs was reduced by 63.7%. In this context, this case study examined the effectiveness of height-adjustable workbenches in reducing the risk of musculoskeletal disorders (MSDs) among workers in the furniture assembly industry who frequently perform work that requires bending.

## 2. Material and methods

The cross-sectional study was systematically performed in three phases using a deductive approach in a large-scale furniture manufacturing company in November 2023. This facility comprises six distinct production units: solid wood processing, plate processing, surface treatment, assembly, quality control (final inspection), and packaging. As a certified entity by the Forest Stewardship Council (FSC), situated in the Denizli province of Türkiye and established in 1974, the factory has garnered recognition through environmental, quality, and export accolades.

The study was meticulously planned in three sequential and interdependent stages. This tripartite methodology was designed to holistically explore and interpret the intricate interplay of variables across the distinct stages of the research, thereby contributing to a nuanced and comprehensive understanding of the study's key objectives. Indeed, this multi-stage approach aimed to comprehensively evaluate and address occupational health and safety concerns within the specified furniture work units.

First stage, a carefully designed and comprehensive questionnaire of 143 items was developed and administered to a cohort of 115 randomly selected participants, including 5 women, all of whom volunteered to participate in the study. The survey includes data on the employee and their job role, details describing the work environment and inherent risk factors associated with the job, and parts describing the individual's work environment and job satisfaction.

The second stage started with four units (surface treatments, assembly, quality control, and packaging) where labor-based work is produced, and the use of height-adjustable workbenches is partially made. In this stage, a targeted re-survey was undertaken, involving a subset of 54 randomly selected participants, 3 female individuals. Dutch Musculoskeletal Questionnaire (DMQ), designed by

Hildebrandt et al. (2001), is an assessment tool that is valid and reliable for 24 different occupational groups and can be applied to workers in all occupational groups in general. In all versions of the questionnaire, in which three different versions of which were developed, the workload of the MSS for body regions, working conditions that may create risks, and symptoms of MSDs are questioned. The questionnaire examines working conditions that may pose musculoskeletal risks separately for standing, sitting, walking, and uncomfortable postures. Adaptation of the short version of the questionnaire to Turkish and reliability analysis was tested in the doctoral thesis study conducted by Akgöl (2016) (Cronbach's Alpha level was 0.853 for the initial assessment, 0.838 for retesting).

Final stage, a Rapid Entire Body Assessment (REBA) analysis was executed on a selected subset of 15 randomly selected participants, with one female participant included in this subgroup. This study incorporated Reba analysis to assess the risk scores related to work postures, both prior to and after the introduction of a height-adjustable workbench (HAB) intervention, with specific attention directed toward the assembly station (Figure 1). The REBA analysis involved capturing snapshots at 3-second intervals from 15-minute videos recorded on various days and times. The assessment focused on identifying the most frequently recurring movements within these snapshots for comprehensive evaluation.

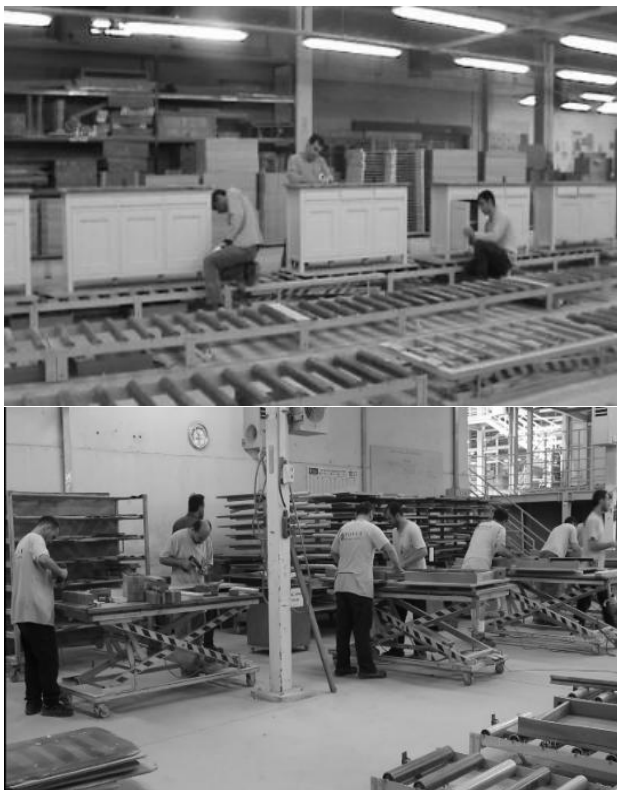


Figure 1. Working postures of workers using and not using HAB in assembly and quality control departments.

The Rapid Entire Body Assessment (REBA) method, developed by Hignett and McAtamney (2000), provides a practical framework for comprehensive analysis of the whole body. This method provides a numerical expression of the risk associated with specific work postures or movements that require analysis. The REBA method assigns a score from 1 to 15, taking into account factors such as flexion and extension of the trunk, neck, legs, upper arms, forearms and wrists during a particular work posture, together with the associated loads carried by the worker during these postures (Figure 2). Based on these scores, ergonomic adjustments are determined, guided by the perceived level of risk to the worker due to the nature of the movements performed during the work (Table 1).

Table 1. REBA action levels (Hignett and McAtamney, 2000)

Action level	REBA score	Risk level	Action (including further assessment)
0	1	Negligible	Nonnecessary
1	2-3	Low	May be necessary
2	4-7	Medium	Necessary
3	8-10	High	Necessary soon
4	11-15	Very High	Necessary NOW

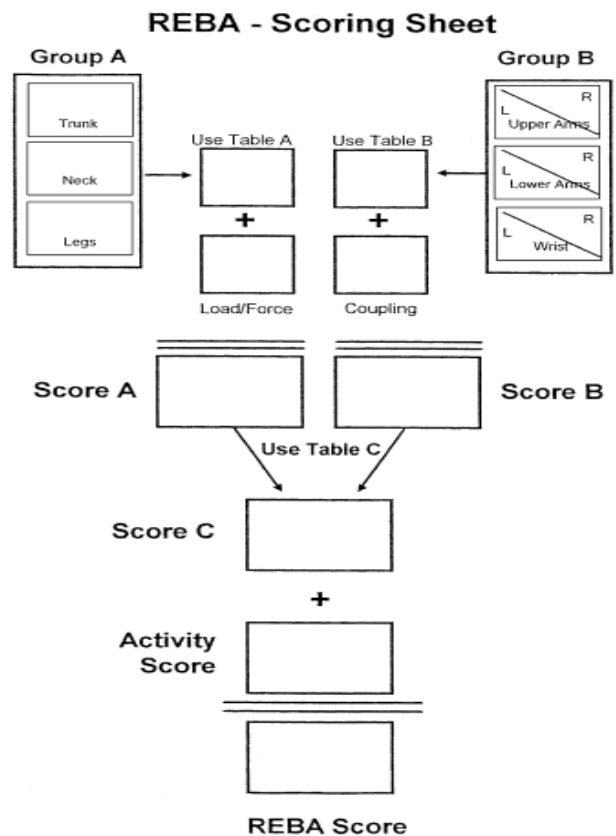


Figure 2. Reba score sheet (Hignett and McAtamney, 2000)

Permission was obtained from the company in order to conduct a study with its employees in accordance with ethical rules. The workers participating in the research were informed.

### 3. Results

#### 3.1. Stage one: Survey study

One hundred and fifteen employees, five women and 110 men, took part in the first survey, which covered all production units and consisted of 143 questions. It was found that 24.3% of the participants were between 18 and 25 years old, 57.4% were between 26 and 40 years old and 18.3% were over 41 years old. The highest age among them was 50 and the lowest was 21. It was also found that 44.3% had worked in the company for 0-5 years, 27.0% for 6-10 years, 20.9% for 11-15 years, 4.3% for 16-20 years and 3.5% for 21 years and over. The majority of respondents (55.7%) had been with the company for more than five years. This ratio was considered sufficient to provide meaningful answers to the survey questions in terms of work experience and adaptation to the company's working environment. It was found that participants had a maximum of 32 years of work experience and a minimum of 6 months of work experience in the company.

About half (49.6%) of the employees participating in the survey stated that they do not use HAB. In addition, all employees who do not use HAB stated that at least one part of their bodies were affected (such as strain or constant pain), whilst employees who use HAB stated that they did not experience any effects on their bodies. Based on this, a pairwise comparison of the questions was assessed among the survey questions, "Can the height of the unit x workbench or table you work at be adjusted?". According to the regression analysis carried out, it was discovered that there is a statistically significant correlation between the units worked and the height of the workbench ( $\chi^2$  Dec2: 46,281; P: 0.000). Table 2 lists the affected body parts of the employees who do not use HAB.

According to the results of the survey presented in Table 2, it was observed that employees do not have many problems with the height of the worktables as technological machines were used in solid wood and panel processing departments. HAB is partly used in surface finishing, assembly and packaging units, among others, but not in quality control units. The parts of the body most affected by workers not using HAB were elbows - forearms - hands (12.2%), knees - hips (11.3%) and neck - shoulders - upper back (10.4%). These results determined that the workers working in the surface finishing, assembly, quality control, and packaging units, which are among the units where the questionnaire was applied, had more strain on their bodies. Accordingly, it was

decided to focus on these units in the second stage of the research.

#### 3.2. Stage two: Survey work

The Dutch Musculoskeletal System Questionnaire (DMQ - TR - k) was employed during the study's second stage. 66.67% of the 54 respondents, comprising 51 men and 3 women, were between the ages of 26 and 40. With respect to education level, 53.70% were primary school graduates and 42.59% were high school graduates. As per the BMI analysis, 50% were overweight (25.00-29.99 kg/m<sup>2</sup>) and 44.44% were in the ideal range (18.50-24.99 kg/m<sup>2</sup>). It is important that workers are not in the underweight or obese category as the job requires physical strength. It has been observed that 51.85% have 0-5 years of experience and 31.48% have 6-10 years of experience related to their work. Based on these results, it has been determined that the majority of the workers participating in the survey are in the active working age range and have limited professional experience.

38.89% of the respondents answered the question "Do you squat while working?" as frequently, 46.30% of the respondents answered the question "Do you have a work situation where you bend over while working?" as frequently, 33.33% of the respondents answered the question "Do you have a situation where you carry more than one workpiece/furniture while working?"

The questions about the working environment that showed a statistically significant relationship ( $p < 0.05$ ) in the pairwise comparison analyses between the questions in the questionnaire are listed in the tables (Table 3, Table 4, Table 5).

Table 3 shows that the use of raised workbenches (HAB) and sitting on stools is very common in assembly and quality control units. When these units were examined, it was found that the use of HAB was partial, and that sedentary work was carried out in the same positions for long periods of time. In addition, it was observed that workers in the "assembly" and "quality control" units, where HAB is not used, need stools depending on the volume of furniture produced, and that HAB is mainly used when working on furniture with small volumes (height below waist level). It has been observed that there is a lot of body movement during operations in the "varnish/paint", "sanding" and "packing" units, where the use of stools is minimal, and therefore sitting is not much preferred by the workers. In addition, it was observed that workers in the "assembly" and "quality control" units, where HAB is not used, need stools depending on the volume of furniture produced, and that HAB is mainly used when working on furniture with small volumes (height below waist level). It has been noted that there is a lot of body movement during operations in the "varnish/paint", "sanding" and "packing" units, where the use of stools is minimal, and therefore sitting is not much preferred by the workers.

Table 2. The relationship between the working unit and the use of a height-adjustable workbench

Unit of worked	Can the height of the workbench or table be adjusted?						Employee who does not indicate a problem	Total employee
	No					Yes		
	Affected/Strained body part							
	Neck, shoulders and upper back	Elbow, forearm and hands	Feet	Knee and Hip	Back	Total		
Solid wood processing	-	-	2	1	-	3	16	19 (16.5%)
Panel processing	-	-	7	5	-	12	35	47 (40.9%)
Surface finishing	7	4	-	7	-	18	2	20 (17.4%)
Assembly	3	7	-	-	3	13	4	17 (14.8%)
Quality control	1	2	-	-	2	5	-	5 (4.3%)
Packaging	1	1	-	-	4	6	1	7 (6.1%)
<b>Total</b>	<b>12 (10.4%)</b>	<b>14 (12.2%)</b>	<b>9 (7.8%)</b>	<b>13 (11.3%)</b>	<b>9 (7.8%)</b>	<b>57 (49.6%)</b>	<b>58 (50.4%)</b>	<b>115 (100%)</b>

Table 3. Significant relationship between equipment used in the work environment and work units (p< 0.05)

		Worked Units					
		VP	S	A	QC	PK	T
Do you work on the raised workbench while working? ( $\chi^2 = 24.247; p = 0.019$ )	I	2	3	2	2	0	9 (16.67%)
	II	0	1	1	2	3	7 (12.96%)
	III	4	0	10	6	1	21 (38.89%)
	IV	3	4	7	3	0	17 (31.48%)
	T	9	8	20	13	4	54 (100%)
Do you have a situation of working by sitting on a stool while working? ( $\chi^2 = 25.233; p = 0.014$ )	I	6	7	10	2	2	22 (40.74%)
	II	2	1	4	8	2	22 (40.74%)
	III	0	0	5	1	0	6 (11.11%)
	IV	1	0	1	2	0	4 (7.41%)
	T	9	8	20	13	4	54 (100%)

Note: VP: Varnish/Paint, S: Sanding, A: Assembly, QC: Quality Control, PK: Packing, T: Total, I: Never, II: Several times, III: Often, IV: Constantly

Table 4. Significant relationship between age and health problems experienced in the last 12 months (p<0.05)

	Degree of Frequency	AGE			Total
		18-25 Years Old	26-40 Years Old	41-60 Years Old	
Neck	A few times	0	10	5	15
	Often	2	4	3	9
Back	A few times	0	7	3	10
	Often	3	5	1	9
Back	A few times	1	12	3	16
	Often	4	10	4	18
Left Shoulder	A few times	0	2	1	3
	Often	0	4	2	6
Right Shoulder	A few times	0	5	0	5
	Often	1	3	3	7
Left Elbow	A few times	1	3	0	4
	Often	0	3	1	4
Right Elbow	A few times	1	5	0	6
	Often	0	2	1	3
Left Wrist/Hand	A few times	1	5	4	10
	Often	0	5	0	5
Right Wrist/Hand	A few times	1	6	4	11
	Often	0	4	0	4
Left Hip/ Thigh	A few times	0	6	0	6
	Often	2	2	0	4
Right Hip/ Thigh	A few times	0	7	0	7
	Often	1	1	0	2
Left Knee	A few times	1	6	2	9
	Often	0	4	1	5
Right Knee	A few times	1	7	1	9
	Often	1	2	2	5
Left Ankle/Foot	A few times	0	6	2	8
	Often	1	4	0	5
Right Ankle/Foot	A few times	0	7	1	8
	Often	1	4	0	5
I Have No Complaints / At All		2	10	0	12
Total		25	161	44	230



Table 4 shows that those who experienced the most health problems in the last 12 months were employees aged 26-40, i.e. the active working age group. The waist, neck and back stand out as the areas with the most health problems. Neck and back problems were found to be more common among workers aged 41-60. This result is similar to the findings of Asadi et al. (2019) on aircraft maintenance workers working in an irregular working environment.

According to the correlation analysis shown in Table 5, it was observed that employees who have completed primary and secondary education describe their jobs as heavy and difficult. It can be concluded that as the level of education increases, the quality of the employees rises, and they are employed in jobs with less workload.

### 3.3. The third stage: Reba analysis

The postures of the workers were analyzed ergonomically while performing the same work with and without the use of a workbench in the "assembly" and "quality control" units, which were identified as the places where HABs were partially used.

#### 3.3.1. Final assembly station REBA Analysis

Figure 3 shows the REBA analysis scores of workers working in areas without HABs. Example images are shown in Figure 3 according to the REBA scores, where the density occurs in 15 images that were scored as different from each other during work. Due to the lack of workbenches in the work area, the REBA scores were concentrated in the 3rd and 4th levels, which are considered high and very high, as the workers mostly work in a bent position.

Table 5. The significant relationship between the degree of difficulty of the work you do in your daily work pace and education ( $\chi^2 = 21.280$ ;  $p = 0.046$ )

Education	The degree of difficulty of the work you do in your daily work pace				Total
	Lightweight/Easy	Normal	Heavy/Difficult	Too Heavy/Too Hard	
Primary school	1	11	11	6	29
High school	0	10	11	2	23
University/associate degree	0	0	1	0	1
University/Undergraduate	0	0	0	1	1
Total	1	21	23	9	54



REBA Score: 11



REBA Score: 9



REBA Score: 11

Figure 3. Reba scores of working postures before HAB use at the final assembly station



REBA Score: 5



REBA Score: 3



REBA Score: 5

Figure 4. Reba scores of working postures after workbench use at the final assembly station

Figure 4 shows the Reba analysis, scores of the workers in the areas where HABs are used. Using the height-adjustable workbench reduces the Reba scores to the 1st and 2nd levels. The use of HABs of this workstation showed significant benefits.

3.3.2. *Quality control (Final control) Station REBA Analysis*

Figure 5 shows the postures of the workers in the absence of HABs. Here, workers are bending or squatting for long periods of time due to the delicate retouching and sizing work. Some workers are unable to work for long periods, so they squat and sit on stools. The Reba score increased for this work without the use of a workbench.

Figure 6 shows the REBA analysis scores for workers in areas using HABs. It is clear that the REBA scores decreased, but the use of HABs did not reduce the risk level to the desired level. It can be said that this could be caused by long periods of bending forward and sideways due to sensitive checking and setting in the quality control area. In addition to the use of HAB, functional workbenches can be used to improve the ergonomic working environment. If this is not possible, a redesign of the work in the quality control area can be considered.

4. Discussion and Conclusions

The role of a furniture assembler requires a high degree of precision and meticulous attention to detail. While the REBA method is a relatively recent innovation in the context of furniture assembly, its application in assembly lines is a well-established and widely adopted approach across numerous sectors (Sujatmiko and Akmal, 2024; Drinkaus et al. 2003; Chakravarthy et al., 2015; Qutubuddin et al. 2013a, 2013b). This study has identified a number of potential risks inherent in the assembly process, including repetitive movements, prolonged static postures, and physically demanding tasks, particularly when performed on a stationary assembly line. It would be prudent to focus on the areas of concern affecting the waist, back, and joints, as these have the potential to increase the risk of long-term health problems for workers. In a similar study, Bao et al. (2021) found that even with adequate ergonomic support, physically demanding tasks can lead to fatigue and cellular resource depletion. It is also possible that this situation may apply to furniture assembly workers.



REBA score: 9



REBA score: 9



REBA score: 9

Figure 5. Reba scores of working postures before workbench use at the final control station



REBA score: 4



REBA score: 7



REBA score: 5

Figure 6. Reba scores of work postures after workbench use at the final control station

It may also be worthwhile exploring the potential of adopting robotic applications to reduce the burden on assembly line workers, in line with the findings of Colim et al. (2021), which suggest that such applications could be a valuable step towards improving worker health.

The research indicated that the implementation of ergonomic interventions tailored to the specific needs of the workforce would be advantageous. It is essential to consider the diversity of workers in terms of age, gender and physical abilities when implementing ergonomic solutions. Shikdar and Al-Hadhrani (2012), Ani and Azid (2022) reported that adjustable workstations and tools that adapt to different body sizes and strengths have the potential to reduce the risk of injury and increase overall productivity, which is in line with our findings.

In addition to physical ergonomic solutions, we believe it would be beneficial to address the psychosocial aspects of the work environment. It would be beneficial to consider that high job demands, low job control, and lack of social support can potentially contribute to the physical strain experienced by workers. Therefore, it might be helpful to create a supportive work culture that promotes mental well-being for furniture assembly workers. This could be achieved through regular communication, feedback mechanisms, and opportunities for workers to participate in decision-making processes related to their tasks and work conditions, in line with the findings of Martin et al. (2016).

It is recommended that future research be conducted with a focus on assembly lines with adjustable height workstations, which represents a significant finding of this study. The integration of robotic applications in assembly lines with adjustable height workstations has the potential to eliminate physical strain and fatigue entirely.

## References

- Akgöl, A. C., 2016. Comparison of two different training methods for creating ergonomic awareness and preventing musculoskeletal disorders in manual handling workers. Master's Thesis (Dissertation in Turkish), Institute of Health Sciences, Hacettepe University, Turkey.
- Al-Hawari, T., Mumani, A., Momani, A., 2014. Application of the analytic network process to facility layout selection. *Journal of Manufacturing Systems*, 33(4): 488–497.
- Ani, M. N. C., Azid, I. A., 2022. An integration of statistical and anthropometric measurement approach towards improving ergonomic design for production workbench. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 18(SUPP7): 21-26.
- Arora, S. N., Khatri, S., 2022. Prevalence of work-related musculoskeletal disorder in sitting professionals. *International Journal of Community Medicine and Public Health*, 9(2): 892. DOI: 10.18203/2394-6040.ijcmph20220259
- Asadi, H., Yu, D., Mott, J. H., 2019. Risk factors for musculoskeletal injuries in airline maintenance, repair & overhaul. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 70: 107 – 115. DOI: 10.1016/j.ergon.2019.01.008
- Bao, Z., Laovisuthichai, V., Tan, T., Wang, Q., Lu, W., 2021. Design for manufacture and assembly (DfMA) enablers for offsite interior design and construction. *Building Research & Information*, 50(3): 325–338. <https://doi.org/10.1080/09613218.2021.1966734>
- Bernal, D., Campos-Serna, J., Tobias, A., Vargas-Prada, S., Benavides, F. G., Serra, C., 2015. Work-related psychosocial risk factors and musculoskeletal disorders in hospital nurses and nursing aides: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 52(2): 635 – 648. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2014.11.003
- Boschman, J. S., van der Molen, H. F., Sluiter, J. K., Frings-Dresen, M. H., 2012. Musculoskeletal disorders among construction workers: a one-year follow-up study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13(1): 196. DOI: 10.1186/1471-2474-13-196
- Buisseret, F., Dierick, F., Hamzaoui, O., Joczzyk, L., 2018. Ergonomic risk assessment of developing musculoskeletal disorders in workers with the microsoft kinect: TRACK TMS. *IRBM*, 39(6): 436-439. DOI: 10.1016/j.irbm.2018.10.003
- Chakravarthy, S. P., Subbaiah, K. M., Shekar G. L., 2015. Ergonomics study of automobile assembly line. *International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering (IJRMEE)*, 2(5): 110-114.
- Chan, Y.W., Huang, T.H., Tsan, Y.T., Chan, W.C., Chang, C.H., Tsai, Y.T., 2020. The risk classification of ergonomic musculoskeletal disorders in work-related repetitive manual handling operations with deep learning approaches. *Proceedings of International Conference on Pervasive Artificial Intelligence (ICPAI)*, 3-5 December, Taipei, Taiwan, pp. 268–271. DOI: 10.1109/ICPAI51961.2020.00057
- Colim, A., Faria, C., Cunha, J., Oliveira, J., Sousa, N., Rocha, L. A., 2021. Physical ergonomic improvement and safe design of an assembly workstation through collaborative robotics. *Safety*, 7(1): 14. DOI: 10.3390/safety7010014
- Dabbagh, A., Ziebart, C., MacDermid, J. C., 2021. Accuracy of diagnostic clinical tests and questionnaires in screening for carpal tunnel syndrome among workers- A systematic review. *Journal of Hand Therapy*, 34(2): 179–193. DOI: 10.1016/j.jht.2021.04.003
- Dickson, K., Mantelakis, A., Reed, A. J. M., Izadi, D., Wade, R. G., Wormald, J., Furniss, D., 2023. The management of partial extensor tendon lacerations of the hand and forearm: A systematic review. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 85: 34–43. DOI: 10.1016/j.bjps.2023.06.004
- Dimitrokalli, A., Vosniakos, G. C., Nathanael, D., Matsas, E., 2020. On the assessment of human-robot collaboration in mechanical product assembly by use of Virtual Reality. *Procedia Manufacturing*, 51: 627–634. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.10.088
- Drinkaus, P., Sesek, R., Bloswick, D., Bernard, T., Walton, B., Joseph, B., Reeve, G., Counts, J. H., 2003. Comparison of ergonomic risk assessment outputs from rapid upper limb assessment and the strain index for tasks in automotive assembly plants. *Work*, 21(2):165-72.
- Erginel, N., Toptanci, S., 2019. Intuitionistic fuzzy REBA method and its application in a manufacturing company. *Proceedings of the AHFE 2018 International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, 21-25 July, Florida, USA, pp. 27-35. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94000-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94000-7_3)
- Finco, S., Abdous, M. A., Battini, D., Calzavara, M., Delorme, X., 2019. Assembly line design with tools vibration. *IFAC-Papers OnLine*, 52(13): 247–252. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.11.176
- Forde, M. S., Buchholz, B., 2004. Task content and physical ergonomic risk factors in construction ironwork. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34(4): 319–333. DOI: 10.1016/j.ergon.2004.04.011
- Fouladi-Dehaghi, B., Tajik, R., Ibrahim-Ghavamabadi, L., Sajedifar, J., Teimori-Boghani, G., Attar, M., 2021. Physical risks of work-related musculoskeletal complaints among quarry workers in East of Iran. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 82: 103107. DOI: 10.1016/j.ergon.2021.103107

- Friedenberg, R., Kalichman, L., Ezra, D., Wacht, O., Alperovitch-Najenson, D., 2022. Work-related musculoskeletal disorders and injuries among emergency medical technicians and paramedics: A comprehensive narrative review. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 77(1): 9–17. DOI: 10.1080/19338244.2020.1832038
- Gao, W., Zhang, Y., Ramanujan, D., Ramani, K., Chen, Y., Williams, C. B., Wang, C. C. L., Shin, Y. C., Zhang, S., Zavattieri, P. D., 2015. The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering. *Computer-Aided Design*, 69: 65–89. DOI: 10.1016/j.cad.2015.04.001
- García, J. E., Sánchez-Alepuz, E., Mudarra-García, J., Silvestre, A., 2020. Study of the biceps fatigue after surgery on the long head of biceps tendon in male heavy workers, a prospective randomized clinical trial comparing biomechanics and clinical outcomes after tenotomy versus tenodesis. *Muscle Ligaments and Tendons Journal*, 10(03): 544-552. DOI: 10.32098/mltj.03.2020.25
- Gönen, D., Karaoglan, A. D., Ocaktan, M. A. B., Oral, A., Atıcı, H., Kaya, B., 2018. Kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının analizinde yeni bir risk değerlendirme yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2): 425–440. DOI: 10.17341/gazimmfd.416351
- Haeffner, R., Kalinke, L. P., Felli, V. E. A., Mantovani, M. de F., Consonni, D., Sarquis, L. M. M., 2018. Absenteeism due to musculoskeletal disorders in Brazilian workers: Thousands days missed at work. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 21: E180003. DOI: 10.1590/1980-549720180003
- Hignett, S., McAtamney, L., 2000. Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2): 201–205. DOI: 10.1016/S0003-6870(99)00039-3
- Hildebrandt, V. H., Bongers, P. M., van Dijk, F. J. H., Kemper, H. C. G., Dul, J., 2001. Dutch Musculoskeletal Questionnaire: description and basic qualities. *Ergonomics*, 44(12): 1038–1055. DOI: 10.1080/00140130110087437
- Hirsch-Kreinsen, H., 2016. Digitization of industrial work: Development paths and prospects. *Journal for Labour Market Research*, 49(1): 1–14. DOI: 10.1007/s12651-016-0200-6
- Jain, R., Bihari Rana, K., Lal Meena, M., Sidh, S., 2021. Ergonomic assessment and hand tool redesign for the small-scale furniture industry. *Materials Today: Proceedings*, 44: 4952–4955. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.12.762
- Kee, D., 2021. Comparison of OWAS, RULA and REBA for assessing potential work-related musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 83: 103140. DOI: 10.1016/j.ergon.2021.103140
- Kodle, N. R., Bhosle, S. P., Pansare, V. B., 2023. Ergonomic risk assessment of tasks performed by workers in granite and marble units using ergonomics tool's REBA. *Materials Today: Proceedings*, 72: 1903–1916. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.10.153
- Kumar, S., 2001. Theories of musculoskeletal injury causation. *Ergonomics*, 44(1): 17–47. DOI: 10.1080/00140130120716
- Liau, Y. Y., Ryu, K., 2020. Task allocation in human-robot collaboration (HRC) based on task characteristics and agent capability for mold assembly. *Procedia Manufacturing*, 51: 179–186. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.10.026
- Lim, M. C., Awang Lukman, K., Giloi, N., Lim, J. F., Salleh, H., Radzran, A. S., Jeffree, M. S., Syed Abdul Rahim, S. S., 2021. Landscaping work: Work-related musculoskeletal problems and ergonomic risk factors. *Risk Management and Healthcare Policy*, 14: 3411–3421. DOI: 10.2147/RMHP.S314843
- Martin, A., Karanika-Murray, M., Biron, C., Sanderson, K., 2016. The psychosocial work environment, employee mental health and organizational interventions: Improving research and practice by taking a multilevel approach. *Stress and health*. 32(3): 201-15. <https://doi.org/10.1002/smi.2593>
- Mavrin Jeličić, M., Milošević, M., Prlenda, N., 2022. Analysis of physical activity as a mediator between non-ergonomic position of upper body segments and musculoskeletal health in bus drivers. *Kinesiology*, 54(2): 249–255. DOI: 10.26582/k.54.2.7
- Mehrzad, R., Mookerjee, V., Schmidt, S., Jehle, C., Rao, V., Mehrzad, M., Liu, P.Y., 2022. The economic impact of extensor tendon lacerations of the hand in the United States. *Annals of Plastic Surgery*, 88(2): 168–172. DOI: 10.1097/SAP.0000000000002927
- Moro-López-Menchero, P., Fernández-de-las-Peñas, C., Güeita-Rodríguez, J., Gómez-Sánchez, S.M., Gil-Crujera, A., Palacios-Ceña, D., 2023. Carpal tunnel syndrome in the workplace. Triggers, coping strategies, and economic impact: A qualitative study from the perspective of women manual workers. *Journal of Hand Therapy*, 36(4): 817-824. DOI: 10.1016/j.jht.2023.06.003
- Nejad, N. H., Choobineh, A., Rahimifard, H., Haidari, H. R., Reza Tabatabaei, S. H., 2013. Musculoskeletal risk assessment in small furniture manufacturing workshops. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 19(2): 275–284. DOI: 10.1080/10803548.2013.11076985
- Oyekan, J., Chen, Y., Turner, C., Tiwari, A., 2021. Applying a fusion of wearable sensors and a cognitive inspired architecture to real-time ergonomics analysis of manual assembly tasks. *Journal of Manufacturing Systems*, 61: 391–405. DOI: 10.1016/j.jmsy.2021.09.015
- Özkaya, K., Polat, O., Kalınkara, V., Çakanel, H., 2018. The relationship between physical strain and active posture in individuals working on furniture assembly line (In Turkish). *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(0): 271–278. DOI: 10.21923/jesd.373427
- Qutubuddin, S. M., Hebbal, S. S., Kumar, A. C. S., 2013a. An ergonomic study of work-related musculoskeletal disorder risks in Indian Saw Mills. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 7(5): 7-13.
- Qutubuddin, S. M., Hebbal, S. S., Kumar, A. C. S., 2013b. Ergonomic risk assessment using postural analysis tools in a bus body building unit. *Industrial Engineering Letters*, 3(8): 10-20.
- Ramanandi, V. H., Desai, A. R., 2021. Association of working hours, job position, and BMI with work-related musculoskeletal disorders among the physiotherapists of Gujarat—an observational study. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, 26(1): 3. DOI: 10.1186/s43161-021-00022-2
- Roquelaure, Y., Jégo, S., Geoffroy-Perez, B., Chazelle, E., Descatha, A., Evanoff, B., Garlandézec, R., Bodin, J., 2020. Carpal tunnel syndrome among male french farmers and agricultural workers: Is it only associated with physical exposure? *Safety and Health at Work*, 11(1): 33–40. DOI: 10.1016/j.shaw.2019.12.003
- Shikdar, A. A., Al-Hadhrani, M. A., 2012. Evaluation of a low-cost ergonomically designed adjustable assembly workstation. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 10(2): 153-166.
- Singh, A. K., Jain, R., Singh, B., Meena, M. L., 2021. Ergonomic evaluation and work table design for wood furniture manufacturing industry. In: *Ergonomics for Improved Productivity. Design Science and Innovation* (Ed: Muzammil, M., Khan, A. A., Hasan, F.), Springer, Singapore, pp. 383-390. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9054-2\\_43](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9054-2_43)
- Singh, S. N., Rajesh, K. R., Sunil, S., 2022. Ergonomics control – Assembly station. *Materials Today: Proceedings*, 54: 513–518. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.11.505
- Subedi, S., Pradhananga, N., 2021. Sensor-based computational approach to preventing back injuries in construction workers. *Automation in Construction*, 131: 103920. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103920
- Sujatmiko, B., Akmal S., 2024. Analysis of work posture in the car body assembly process using the rapid entire body assessment method. *Journal La Multiapp*, 5(6): 833-848. DOI: 10.37899/journallamultiapp.v5i6.1599
- Thetkathuek, A., Meepradit, P., 2018. Work-related musculoskeletal disorders among workers in an MDF furniture factory in eastern Thailand. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 24(2): 207–217. DOI: 10.1080/10803548.2016.1257765

- Wang, J., Chen, D., Zhu, M., Sun, Y., 2021. Risk assessment for musculoskeletal disorders based on the characteristics of work posture. *Automation in Construction*, 131: 103921. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103921
- Wilhelm, M., Manghisi, V. M., Uva, A., Fiorentino, M., Bräutigam, V., Engelmann, B., Schmitt, J., 2021. ErgoTakt: A novel approach of human-centered balancing of manual assembly lines. *Procedia CIRP*, 97: 354–360. DOI: 10.1016/j.procir.2020.05.250
- Xiong, Y., Tang, Y., Kim, S., Rosen, D.W., 2023. Human-machine collaborative additive manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 66: 82–91. DOI: 10.1016/j.jmsy.2022.12.004
- Yalcin Kavus, B., Gulum Tas, P., Taskin, A., 2023. A comparative neural networks and neuro-fuzzy based REBA methodology in ergonomic risk assessment: An application for service workers. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 123: 106373. DOI: 10.1016/j.engappai.2023.106373

## Tabakalı kaplama kerestede lif yönü değişkenliğinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi

Elif Duran<sup>a</sup>, Vedat Çavuş<sup>b,\*</sup>

**Öz:** Tabakalı kaplama kereste (TAK), odun kaplamalarının ve tutkalların katmanlarını oluşturduğu kompozitlerdir. Bir yapı malzemesi olan TAK, soyma yöntemi ile elde edilen kaplamaların lif yönünde birbirlerine paralel olarak sıralanarak yapıştırılmasıyla oluşur. Bu çalışmada Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ile üretilmiş ve belirli katmanlarda lif yönü farklı açılarla değiştirilmiş TAK'ın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada poliüretan tutkalı tercih edilmiştir. Denemeler için 1 adet kontrol grubu ve 2 adet deney grubu oluşturulmuş, TAK 11 tabakalı olarak üretilmiştir. Deney numunelerin üretiminde basma yönünün karşısında bulunan çekme yönüne denk gelecek şekilde TAK'ın lif yönü değişikliği kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° olacak şekilde deney numuneleri üretilmiştir. Üretilen deney numunelerinin fiziksel özelliklerden hava ve fırın kurusu yoğunluk, su alma ve kalınlıkça artış denemeleri ile mekanik özelliklerden eğilme direnci, eğilmeye elastikiyet modülü, dinamik eğilme direnci, Janka, vida tutma kapasitesi ile çekme-makaslama direnci tespit edilmiştir. Lif yönü değişikliğinin TAK'ın fiziksel ve mekanik özelliklerinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° deney numune grupları için sırasıyla; Eğilme direnci değerlerinde, %3,8, %32,4, eğilmeye elastikiyet modülü değerlerinde %15,42, %26,08, dinamik eğilme direnci değerlerinde %9,80 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° deney numune grupları için sırasıyla; statik sertlik değerlerindeki %2,48, %14,44, çekme-makaslama direnci %40, %31,52 ve vida tutma kapasitesi %4,21 %28,13 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tabakalı kaplama kereste, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler, Lif yönü, Poliüretan tutkal

## Influence of wood grain variations on some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber

**Abstract:** Laminated veneer lumber is a composite of layers of wood veneers and glues. Laminated veneer lumber, which is a building material, is formed by gluing the veneers obtained by peeling method by aligning them parallel to each other in the fiber direction. In this study, some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber produced with Eastern Beech (*Fagus orientalis* L.) and the fiber orientation was changed at different angles in certain layers were investigated. Polyurethane glue was preferred in this study. For the experiments, 1 control group and 2 experimental groups were prepared. The laminated veneer lumber was produced in 11 layers. In the manufacturing of the test specimens, the fiber orientation of the laminated veneer lumber was produced as Control, 0°90°0° and 0°90°45°0° to coincide with the tensile direction opposite to the compression direction. The specimens were tested for physical properties such as air and oven dry density, water absorption and thickness swelling, and mechanical properties such as flexural strength, flexural modulus of elasticity, dynamic flexural strength, Janka hardness, screw holding capacity and tensile shear strength. It was found that fiber orientation causes a decrease in the physical and mechanical properties of laminated veneer lumber. It was determined that for the control, 0°90°0° and 0°90°45°0° test specimen groups; 3.8%, 32.4%, 15.42%, 26.08%, 9.67% and 9.31% decrease occurred in bending resistance values, modulus of elasticity in bending values, dynamic bending resistance values, respectively. For the control, 0°90°0° and 0°90°45°0° test specimen groups; 2.48%, 14.44%, 40%, 31.52%, 4.21%, 28.13%, 4.21% and 28.13% decrease in static hardness values, tensile-shear resistance, and screw holding capacity, respectively.

**Keywords:** Laminated veneer lumber, Physical properties, Mechanical properties, Grain orientation, Polyurethane adhesive

### 1. Giriş

Dünya üzerinde en fazla fiyat artışına uğrayan malzemelerden biri olan ağaç malzemenin; orman kesiminde uygulanan kısıtlamalar, çevre kuruluşlarının oluşturduğu baskılar, orman alanlarındaki azalmalar dolayısıyla tedarik edilmesi her geçen gün daha da güçleşmektedir. Fiyatlardaki bu artış ve aynı zamanda ağaç konstrüksiyon malzemesi olarak kullanılacak boyutlarda kerestelerin bulunabilme güçlüklerini beraberinde getirip bu malzemelerin değişik

yollarla üretimini zorunlu kılmıştır. Bunun sonucunda daha küçük çaplı, hızlı gelişen, az bilinen ve ekonomik anlamda pek fazla değeri olmayan ağaçların orman endüstrisine “mühendislik ürünü ağaç malzemeler” (MAM) üretiminde kullanılması mümkün hale gelmiştir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

MAM; yaygın olarak “Engineered Wood Products (EWP)” olarak bilinmektedir. MAM; kereste, kaplama, yonga, şerit yongalar ve lif gibi ağaç esaslı parçaların tutkallanarak, sıcaklık ve basınç altında preslenerek şekil

✉ <sup>a</sup> Aliağa Adalet Çok Programlı Anadolu Lisesi, İzmir, Türkiye  
<sup>b</sup> İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

✉ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): vedat.cavus@ikc.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 11.07.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 06.11.2024



**Citation** (Atıf): Duran, E., Çavuş, V., 2025. Tabakalı kaplama kerestede lif yönü değişkenliğinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 65-76.  
DOI: [10.18182/tjf.1514459](https://doi.org/10.18182/tjf.1514459)

verilmesiyle elde edilen kompozit malzemelerdir (Herajarvi vd., 2004). Bu ürünler yapısal kompozit keresteler (Structural Composite Lumbers), yapısal odun levhalar (Structural Composite Boards), tabakalanmış ağaç malzeme (Glued Laminated Timber) ve -I-kirişler (Wood I-joist) olmak üzere dört ana kısma ayrılabilir (Kurt vd., 2011).

Bu ürünlerin üretimleri sayesinde tomruktan yararlanma yüzdesi artmıştır. MAM kereste ya da yapısal diğer ağaç malzeme ürünlerine göre birçok avantaja sahiptir. MAM'lar kereste ile karşılaştırıldıklarında boyutsal stabilite ve direnç özellikleri yüksektir. Üretimleri kontrol edilebildiğinden fiziksel ve mekanik özelliklerinde daha az değişkenlik gösterirler (Carrick ve Mathieu, 2005). Piyasadaki rekabet ve yeni teknolojilerin daha önce pahalı ya da imkânsız olan üretilere olanak sağlaması; MAM'ın gelişmesindeki en önemli etkenler olarak sıralanabilir (Kurt vd., 2003).

Tabakalı kaplama kereste (TAK), üretilmiş en önemli mühendislik ürünü kerestelerden biridir. Bir yapı malzemesi olan TAK, soyma kaplamaların lif yönünde birbirlerine paralel olarak sıralanarak yapıştırılmasıyla oluşur. Diğer bir deyişle TAK odun kaplamalarının ve tutkalların katmanlarını oluşturduğu kompozitlerdir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004). TAK çam, göknar, güney çamı gibi ağaçların temel olarak her kaplama ve levhaların lifleri birbirine paralel olarak sıraya dizilmiş kaplama ve tabakalarını içerir. Günümüzde üretilen ve ticari olarak satılan bazı TAK'larda kayın soyma kaplamaların kullanıldığı ve Avrupa'da "BauBuche" ürün adı altında, yenilikçi yapısal uygulamalar için kullanılmakta olan bir üründen tüm kaplamaların aynı yönde yönlendirildiği "BauBuche S" ve enine yönde kaplamalara sahip "BauBuche Q" kayın TAK çeşitleri mevcuttur (Hassan ve Eisele, 2015).

Tipik TAK üretim süreci içinde yaklaşık 3 mm kalınlığındaki soyma kaplamalar kurutulur ve daha sonra kaplamalar sınıflandırılır. Rutubete dayanıklı yapısal tutkal (genellikle FF) sürüldükten sonra düşük kaliteli kaplamalar iç tabakalara, yüksek kalitedeki kaplamalar ise yüz kısmına yerleştirilir. Kaplamalar prese sokularak yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenir. TAK sabit veya kademeli preslerde preslenir ya da sürekli preslerde istenilen boyda üretilir (Nelson, 1997). Kaplama bazı kompozitlerin geleneksel masif ahşaba göre iyi boyutsal stabilite, yüksek homojenlik, yüksek mukavemet, iyi stres dağılımı, daha düşük işleme maliyetleri, daha büyük boyutlarda bulunabilirlik ve daha iyi görünüm gibi birçok avantajı vardır (Kamala vd., 1999; Wong vd., 1996).

TAK ürünlerinin mekanik ve fiziksel özellikleri, bileşen malzemelerin özellikleri, üretim süreci, yapıştırıcı ve ürünün kullanım yerleri dikkate alınarak belirlenir (Lam, 2001). TAK yapısal ve yapısal olmayan uygulamalar için

kullanılabilir, böylece daha az çevre dostu olan beton ve çeliğin yerine ikame edilebilir (Ozarska, 1999; Lam, 2001).

TAK üzerine yapılan birçok araştırma çoğunlukla fiziksel ve mekanik bazı özelliklerine odaklanmıştır (Sasaki vd., 1993; Kamala vd., 1999; González, vd., 2004; Kurt vd., 2011). TAK oluşumunda yer alan kaplama lif yönü değişikliği üzerine yapılmış çalışmalar literatürde oldukça sınırlıdır. Anizotropik bir malzeme olan TAK'ın lif doğrultusunun basınç ve çekme yönündeki değişimi, malzemenin mekanik özelliklerini, davranışını etkileyebilir ve nihai kullanım alanı üzerinde önemli etkiler yaratır. Bu çalışmada TAK üretiminde kullanılan liflerin çekme yönüne basınca maruz kalacak şekilde düzenlenerek kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ile üretilmiş ve belirli katmanlarda lif yönü farklı açılarla değiştirilmiş TAK'ın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ülkemizdeki en önemli sert ağaç türlerinden biri olup özellikle kontrplak endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir ağaç türüdür. Kayın ağacının mekanik özelliklerinin hızlı büyüyen ve iğne yapraklı kerestelere kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğundan dolayı bu çalışmada tercih edilmiştir. Bu çalışmada, TS 1002 Soyma kaplamalık kayın tomruğu (1979) standartında uygun olarak doğu kayınından (*Fagus orientalis* L.) soyma yöntemi ile elde edilmiş kaplamalar tercih edilmiştir. Deneyler için kullanılan kaplamalar, İzmir'de faaliyet gösteren bir fabrikadan temin edilmiştir. Deney numunelerinin üretiminde kullanılacak kaplamaların; budaksız, düzgün lifli ve çürük olmamasına dikkat edilmiştir. Poliüretan tutkalı; ambalajı açıldıktan sonra yüzeylere doğrudan uygulanabilen ve çift bağlı alkoller ve uygun izosiyanatların birleşmesiyle üretilen bir tutkal türüdür. Bu yapıştırıcının kohezyon ve adezyon kuvvetleri son derece yüksek olup asitlere, yağlara, kaynar suya ve mikroorganizmalara karşı dayanıklıdır. Oda sıcaklığında %65 bağıl nem koşullarında, sertleşme süresi yaklaşık 60 dakika olup reaksiyonu tamamlandığında hacmi yaklaşık olarak 20 katına kadar genişler ve yapıştırıcı katında çekme olmaz. Sıcaklık artışı, sertleşme süresini kısaltır (URL- 1). Yukarıda açıklanan sebeplerle bu çalışmada poliüretan tutkalı tercih edilmiştir. Üretimde kullanılan tutkalın bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. PURBOND® HB S309 tutkalının özellikleri

Table 1. Properties of Purbond® HB s309 adhesive

Temel bileşeni	Izosiyanat polimer
Montaj süresi	30 dakika
Presleme süresi	75 dakika
Görünüş	Bej sıvı
Vizkozite	24.000 m Pa.s (Sp.6 / 20 rpm / 20°C, üretimden sonraki 16 – 36 saat arasında yapılan ölçüm)

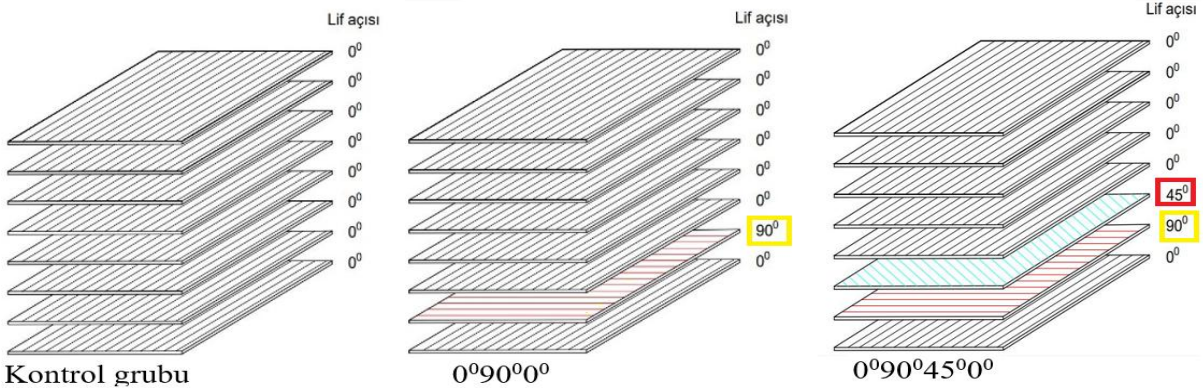
## 2.2. Yöntem

Denemeler için 1 adet kontrol grubu ve 2 adet deney grubu oluşturulmuştur. TAK üretilecek deney numunelerinin standarttaki kalınlık elde etmek için 8 (3 X 8=22 mm) tabakalı olarak üretilmiştir. Kontrol grubu levhaları 8 tabaka oluşan kaplama lif yönleri tamamen birbirine paralel olarak yapıştırılmıştır. Deney grubu levhaları ise 8 tabakadan oluşan 2 farklı kombinasyon da üretilmiştir. Bu kombinasyonlar deney gruplarında lif açıları  $0^{\circ}0^{\circ}0^{\circ}0^{\circ}0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  ve  $0^{\circ}0^{\circ}0^{\circ}0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$  (2.grup) olacak şekilde üretilmiştir (Şekil 1).

Temin edilen 2,0 mm kalınlığındaki kaplamalar, 600 mm genişliğinde ve 600 mm uzunluğundaki kesilmiş ve bu kaplamalar 8 tabaka olacak şekilde tutkallanarak (Şekil 2A) lif yönlerindeki açılar dikkat edilerek taslak haline getirilmiş (Şekil 2B) ve daha sonra preslenmiştir. Tutkal miktarı olarak levhaların yüzeylerine her metrekaare başına yaklaşık 180 gr/m<sup>2</sup> uygulanmıştır (Şekil 2C). Pres süresi 24 saat ve pres basıncı 0,7 N/mm<sup>2</sup> olarak ayarlanmış ve deney numuneleri oda sıcaklığında hidrolik soğuk presle (Cemil USTA/SSP-

180) preslenmiştir. Üretilen deney numunelerinin, lif yön açıları ve adetlerin reçetesi Çizelge 2’de ve numunelerin test türüne göre ölçülendirilmiş görüntüleri ise Şekil 3’te gösterilmiştir.

Presten çıkan TAK’ın boyutları 600 mm uzunluğunda, 600 mm genişliğinde ve 21 mm kalınlığındadır. TAK, daire testere (Törk/AC 1500) makinesi kullanılarak ilgili standartta belirtilen boyutlarda kesilmiştir. Özellikler üzerinde kenara bağlı herhangi bir etkiden kaçınmak için, her bir TAK’ın kenarlarının 50 mm’si kesilerek atılmış ve nihai boyutları yaklaşık 500 mm × 500 mm × 20 mm’ye düşürülmüştür. Levhalar pres sonrası 1 ay boyunca oda sıcaklığında klimatize edilmiş ve bu bekleme süresinin sonunda sabit ağırlığa ulaşana kadar %12 nem içeriğine ulaşmak için  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65 \pm 5$  bağıl neme sahip bir iklimlendirme kabininde (Nuve TK) tutulmuştur. Test numuneleri, ilgili standartlarda belirtilen boyutlardan her yönde 1 mm daha büyük kesilmiş ve yüzeylerinin pürüzsüz olmasını sağlamak için kontak zımpara (Jet/JWDS-2244OSC-M) makinesinde standartta belirtilen net ölçülere getirilmiştir.



Kontrol grubu

Şekil 1. Deney gruplarının lif yönü.

Figure 1. Grain orientation of test groups



Şekil 2. Deney gruplarının Üretimi A) Tutkal miktarının ayarlanması, B) Tutkalın yüzeye uygulanması, C) Lif yönü.

Figure . Manufacturing of Test Groups A) Adjustment of Adhesive Amount B) Application of Adhesive to the Surface C) Fiber Orientation



Üretilen TAK fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için kullanılan test adı, numune ölçüleri ve uygulanan standartlar Çizelge 3'te verilmiştir. Her bir deney için toplam 20 numune test edilmiştir. Eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve dinamik eğilme direnci testleri için kuvvet teğet yüzeye uygulanmıştır. Deney numunelerinin lif yönü değişikliği yapılan yüzeyleri çekme yönüne gelecek şekilde ayarlanmıştır. Eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü testleri için, test numunesinin yerleştirildiği silindirik başlıkların merkezleri arasındaki mesafe, test numunesinin kalınlığının 13 katı olarak ayarlanmıştır (20 mm x 13 = 260 mm). Deneyler Robotest yazılım programına sahip ALŞA marka, hidrolik sistemle çalışan, malzeme test cihazında yapılmıştır. Yük, hızla yüklenen test numunesinin yüzeyine sabitlenmiş ve test numuneleri yüklenmeye başladıktan sonra test hızı  $1,5 \pm 0,5$  dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Test numunelerinin kopma kuvveti (Pmax) belirlendikten sonra  $\sigma_E$  hesaplanmıştır.

Çizelge 2. TAK üretim reçetesi

Table 2. LVL manufacturing recipe

Üretilen örnekler	Lif yön açısı
Kontrol grubu	0°0°0°0°0°0°0°
1.Grup	0°90°0°0°0°0°0°
2.Grup	0°90°45°0°0°0°0°



Şekil 3. Deney numuneleri

Figure 3. Test samples

Çizelge 3. Numuneler için test prosedürü

Table 3. Test Procedure for Samples

Deney	Numune ölçüleri (mm)	Uygulanan standartlar
HKY	20 x 20 x 30	TS ISO 13061-1 (2021)
TKY	20 x 20 x 30	TS ISO 13061-2 (2021)
KA	15,2 x 15,2 x 2,54	ASTM D1037 (2006)
SA	15,2 x 15,2 x 2,54	ASTM D1037 (2006)
ED	20 x 20 x 360	TS ISO 13061-3 (2021)
EEM	20 x 20 x 360	TS ISO 13061-4 (2021)
DD	20 x 20 x 300	TS ISO 13061-10 (2021)
VTK	50 x 50 x 50	TS EN 13446 (2005)
ÇMD	20 x 25 x 100	TS 3969 EN 314-1 (1998)
Sertlik	50 x 50 x 50	TS ISO 13061-12 :2021;

HKY: Hava kuru yoğunluk; TKY: Tam kuru yoğunluk; KA: Kalınlıkça artış; SA: Su alma; ED: Eğilme direnci; EEM: Eğilmede elastikiyet modülü; DD: Darbe direnci; VTK: Vida tutma kapasitesi; ÇMD: Çekme makaslama direnci.

Darbe direncinin belirlenmesi için test numunelerinin yerleştirildiği desteklerin merkezleri arasındaki mesafe 240 mm olacak şekilde ve numunelerinin lif yönü değişikliği yapılan yüzeyleri gelen darbe kuvvetini karşılayacak şekilde ayarlanmıştır. Darbe direnci testleri Alşa marka analog göstergeli test cihazında yapılmıştır. Vida tutma kapasitesi teğet yüzeyde ve her vida lif yönü değişikliğini geçecek şekilde belirlenmiştir. Çalışmada 4 mm çapında ve 50 mm uzunluğunda vidalar tercih edilmiştir. İlk olarak, numunelerin merkezi pilot delik için 2,5 mm çapında bir matkap ucu ile delinmiştir. Delik delme işlemi sırasında vidanın lif yönü değişikliği yapılan yüzeye gelmesine dikkat edilmiştir. Vidalar pilot delikten 15 mm uzağa test numunelerine vidalanmıştır. Test hızı, 5 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Çekme-makaslama direnci denemeleri, 10 tonluk bir evrensel test cihazı kullanılmıştır. Yükleme hızı 2 mm/dak olarak artırılmıştır. Deney örneklerinin yapışma bölgelerinde kopma anında meydana gelen maksimum çekme kuvveti N cinsinden kaydedilmiştir. Yapışma testleri tutkal hattına paralel olacak şekilde ve lif yönü değişikliğinin yapıldığı yerlerden açılan çentiklerle yapılmıştır. Her bir deney parçası, yüzeydeki tabakanın lif yönünde kesilmiş ve biçme uzunluğu:  $25 \pm 5$  mm, biçme eni:  $25 \pm 5$  mm, testere kesiminin eni: 2,5- 4 mm kelepçelerin uzaklığı: 50 mm olarak ayarlanmıştır (Şekil 4). Her grup için belirlenen kuvvet (Fmax), yapışma yerinin yüzey alanı A ile bölünerek yapışma derzinde meydana gelen maksimum yapışma direnci ( $\sigma_{cm}$ ), hesaplanmıştır.

Test örneklerinden elde edilen sonuçlar, IBM SPSS 22.0 Programında (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) varyans analizi (ANOVA) uygulanarak gruplar arasındaki anlamlı farkı ( $\alpha < 0,05$ ) belirlemek için Tukey post-hoc analiz testine tabi tutulmuştur.

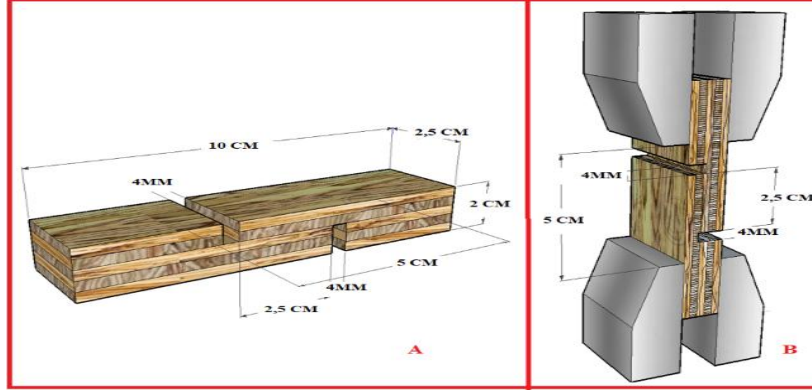
### 3. Bulgular ve tartışma

Deney numunelerinden elde edilen fiziksel özelliklere ait değerler Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Deney numunelerinin hava ve fırın kuru değerleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde kontrol,  $0^\circ 90^\circ 0^\circ$  ve  $0^\circ 90^\circ 45^\circ 0^\circ$  numune gruplarının ortalama hava kuru yoğunluklarının sırasıyla 0,75, 073 ve 0,73  $gr/cm^3$  iken tam kuru yoğunluklarının ise sırasıyla 0,71, 0,66 ve 0,68  $gr/cm^3$  olarak tespit edilmiştir. Deney numunelerinin hem HKY hem de TKY yoğunlukları üzerinde lif yönü değişikliğinin hiçbir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Kayın odununun hava ve tam kuru yoğunluklarının belirlenmesi için yapılan önceki çalışmalarda üzerinde yapılan bazı çalışmalarda bu odunun tam kuru yoğunluk değeri 0,65 ve hava kuru yoğunluk değeri 0,66  $g/cm^3$  (Malkoçoğlu, 1994); 50 saat buhar ile muamele görmüş kayın odununun tam kuru yoğunluk değeri 0,62 ve hava kuru yoğunluk değeri 0,63  $g/cm^3$  (Ünsal, 1998) olarak tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada bu odunun tam kuru yoğunluk değeri 0,63 ve hava kuru yoğunluk değeri 0,65  $g/cm^3$  olarak tespit edilmiştir. Kayın kaplama kullanılarak farklı tutkal türleri ile üretilen TAK tam kuru yoğunluk değeri 0,63 (ÜF), 0,62 (MÜF) ve 0,65 (FF) ve hava kuru yoğunluk değeri tam kuru yoğunluk değeri 0,66 (ÜF), 0,65 (MÜF) ve 0,68 (FF) olarak tespit edilmiştir (Bal, 2013; Bal, 2014); farklı ağaç türlerinden elde edilen kaplamalar ile üretilmiş tabakalı ağaç malzemenin yoğunlukları elde edildiği malzemeye göre yoğunluklarının daha yüksek tespit edildiği ve yoğunluktaki bu artışın tutkal miktarı, tutkalda kullanılan dolgu maddeleri, katkı maddeleri

ve pres basınç miktarının etkili olduğu belirtilmiştir (Bao vd., 2001; Wang ve Dai, 2005; Burdurlu vd., 2007; Çolak vd., 2007; Kurt, 2010). Kontrol numuneleri ile diğer gruplar karşılaştırıldığında ise kontrol numunelerinin hava kurusu yoğunluk ve tam kuru yoğunluklarının diğer gruplardan fazla olduğu gözlenmiştir. Bu durum kaplamaların tomruktan elde

edildiği yer, kaplamada bulunan diri odun, öz odun miktarı, pres basıncı, kullanılan tutkal miktarı ve masif odunun yoğunluğunun tomruğun hangi bölgesinde ölçüldüğü ile açıklanabilir (Bal, 2013; Bal, 2014) Odunun yoğunluğunun yüksek olması diğer mekanik özelliklerinin de yüksek olabileceğine bir işarettir (Haygreen ve Bowyer, 1996).



Şekil 4. Çekme makaslama direnci deney düzeneği.

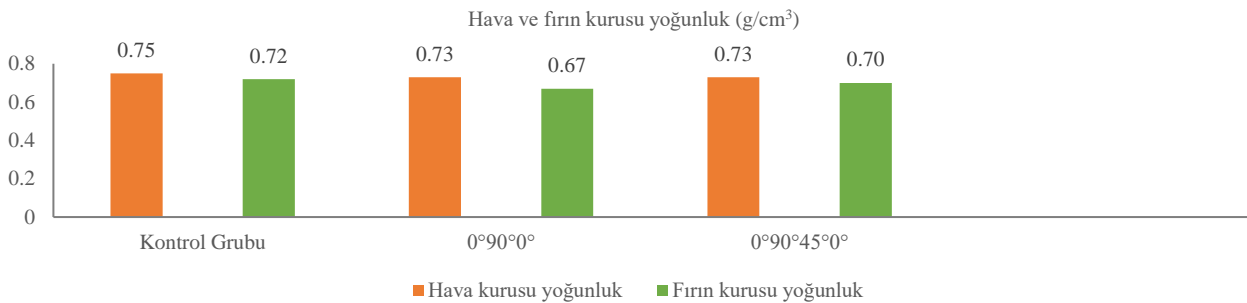
Figure 4. Tensile-shear strength test setup

Çizelge 4. Deney numunelerinden elde edilen fiziksel özelliklere ait değerler

Table 4. Physical properties of test samples

Test	Grup	Min.	Max.	$\bar{x}$	$\sigma$
HKY (gr/cm <sup>3</sup> )	Kontrol	0,73	0,78	0,75	2,08
	0°90°0°	0,71	0,75	0,73	4,78
	0°90°45°0°	0,70	0,76	0,73	6,01
TKY (gr/cm <sup>3</sup> )	Kontrol	0,69	0,74	0,71	0,016
	0°90°0°	0,63	0,69	0,66	0,021
	0°90°45°0°	0,66	0,70	0,68	0,006
KA (%)	2 saat Kontrol	0,50	2,85	1,45	0,74
	22 saat Kontrol	3,36	5,99	4,49	0,66
	2 saat 0°90°0°	0,91	5,43	2,37	1,30
	22 saat 0°90°0°	4,86	17,22	9,22	3,92
	2 saat 0°90°45°0°	0,70	5,95	2,52	1,75
	22 saat 0°90°45°0°	4,66	12,18	7,43	3,21
SA (%)	2 saat Kontrol	40,78	43,64	42,10	0,936
	22 saat Kontrol	46,20	49,55	47,85	1,090
	2 saat 0°90°0°	39,50	44,92	41,85	2,263
	22 saat 0°90°0°	44,58	49,90	47,08	1,860
	2 saat 0°90°45°0°	38,04	44,25	40,05	2,227
	22 saat 0°90°45°0°	43,06	49,90	45,02	1,592

HKY: Hava kurusu yoğunluk; TKY: Tam kuru yoğunluk; KA: Kalınlıkça artış; SA: Su alma; Max: En yüksek değer; Min: En düşük değer;  $\bar{x}$ : Ortalama değer;  $\sigma$ : Standart sapma.



Şekil 5. Deney numunelerin hava ve fırın kurusu değer grafiği

Figure 5. Air-dried and oven-dried values graph of test samples

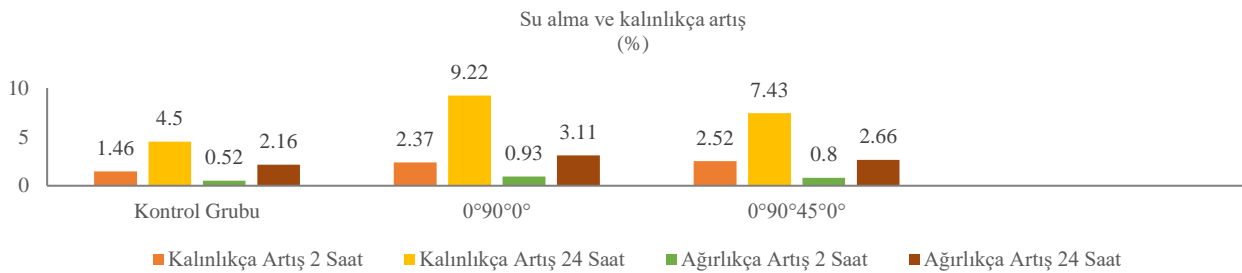
Deney numunelerinin kalınlıkça artış ve su alma değerleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının 2 saat sonunda ortalama kalınlıkça artış yüzdeleri sırasıyla %1,45, 2,37 ve 2,52 olarak tespit edilirken bu artış 22 saat sonunda yine aynı sıralamayla %4,49, 9,22 ve 7,43 olarak tespit edilmiştir. 2 saat sonunda en yüksek kalınlıkça artış ise, 0°90°45°0° deney numunesinde 22 saat sonunda en yüksek kalınlıkça artış ise, 0°90°0° deney numunelerinde meydana gelmiştir. Kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının 2 saat sonunda ortalama su alma miktarı yüzdeleri sırasıyla %42,10, 41,85 ve 40,05 olarak tespit edilirken bu artış 22 saat sonunda yine aynı sıralamayla %47,85, 47,08 ve 45,02 olarak tespit edilmiştir. 2 saat ve 22 saat sonunda en yüksek su alma miktarı ise, 0°90°0° deney numunelerinde meydana gelmiştir. Deney numunelerinin kalınlıkça artma ve su alma değerleri üzerinde lif yönü değişikliğinin etkili olmadığı suda bekleme süresinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Kayın odunu yoğunluğu yüksek olan bir türdür. Yoğunluğu yüksek olan ağaç malzemedeki hücre çeper maddesi miktarı fazla, boşluk miktarı az olduğu için aldığı kalınlıkça artma ve su alma miktarı düşük olur. Yoğunluğa ek olarak kayın kaplamaların katman hale getirildiğinde araya tutkal sürülmesi, pres basıncı ve pres sıcaklığının da kalınlıkça artma ve su alma miktarı üzerinde etkisi vardır (Özen 1981; Sulaiman vd., 2009; Shukla ve Kamdem, 2009; Bal, 2011; Kurt ve Cil, 2012).

Deney numunelerinden elde edilen mekanik özelliklere ait değerler Çizelge 5'te gösterilmiştir. Deney numunelerinin eğilme direnci değerleri Şekil 7'de ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri ise Şekil 8'de gösterilmiştir.

Şekil 7 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama eğilme direnci değerleri

sırasıyla 116,42, 100,19 ve 74,51 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. En yüksek eğilme direnci değeri kontrol numunelerinde tespit edilmiştir. Deney numunelerinin eğilme direnci değerleri üzerinde lif yönü değişikliğinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Gruplar arası fark incelendiğinde eğilme direnci testi (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol grubu numuneleri ile farklı lif yön açılarıyla üretilen numunelerin eğilmede elastikiyet değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). Bu sonuç, Yapılan çalışmalarda kaplamaların lif yönlerinin paralel diziliminin ahşap paneller veya mühendislik ürünü keresteler içerisinde, liflerin yönünün dik diziliminden daha yüksek bir eğilme direncine sahip hale getirdiği ifadeleriyle uyumludur (Tenorio vd., 2011; Alamsyah vd., 2023).

Şekil 8 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri sırasıyla 11300,34, 9558,17 ve 8385,28 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri kontrol numunelerinde en düşük ise 0°90°45°0° numune gruplarında tespit edilmiştir. Gruplar arası fark incelendiğinde eğilmede elastikiyet testi (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol grubu numuneleri ile farklı lif yön açılarıyla üretilen numunelerin eğilmede elastikiyet değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). Lif yönleri paralel olarak konumlandırılmış kaplama levhalarının yapışma mukavemetinin; çapraz konumlandırılmış kaplama lif yönünden daha yüksek olacağı ve yapışma mukavemetinin de üretilen malzemenin mekanik özelliklerini etkileyeceği literatürde belirtilmiştir. Bu anlamda elde edilen veriler literatürle uyumludur. (Kılıç vd., 2010; Tenorio vd., 2011; Prakash vd., 2019; Alamsyah vd., 2023).



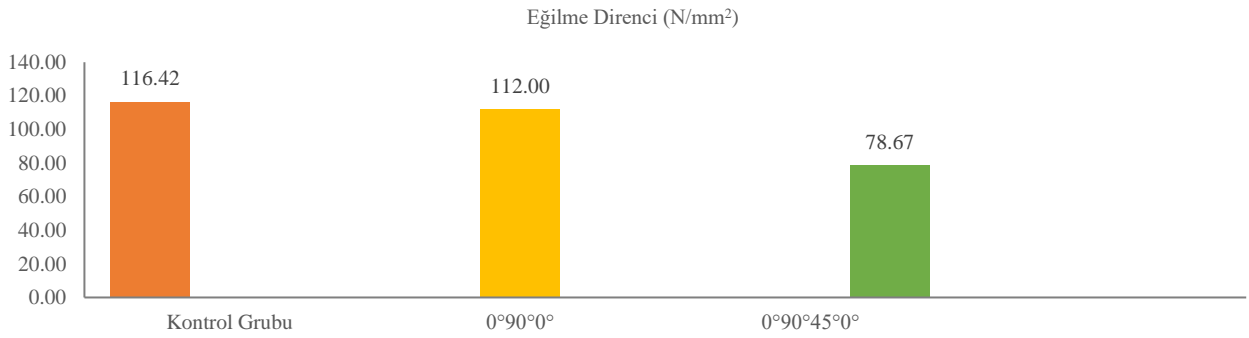
Şekil 6. Deney numunelerinin kalınlıkça artış ve su alma değer grafiği

Figure 6. Thickness increase and water absorption value graph of test samples

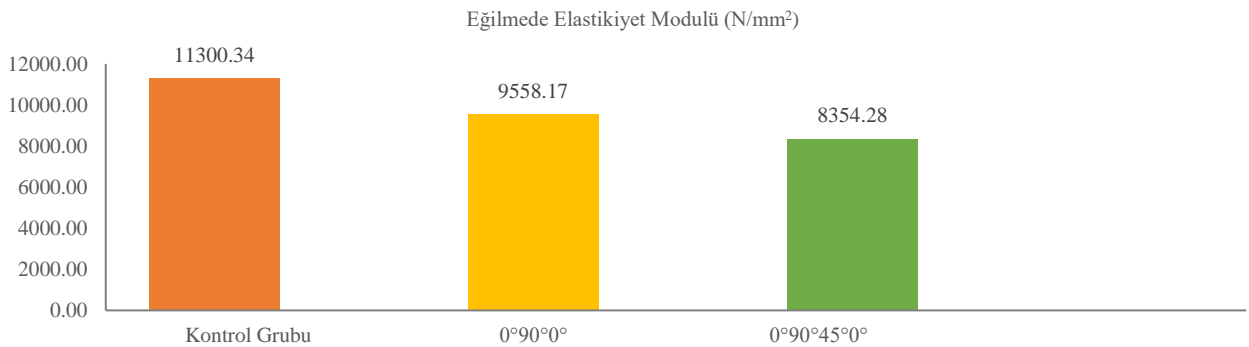
Çizelge 5. Deney numunelerinden elde edilen mekanik özelliklere ait değerler  
Table 5. Values of mechanical properties obtained from test samples

Test	Numune adı	Min.	Max.	$\bar{x}$	$\sigma$
ED (N/mm <sup>2</sup> )	Kontrol	100,57	132,82	116,42	9,80
	0°90°0°	82,29	112	100,19	8,01
	0°90°45°0°	68,67	78,67	74,51	3,95
EEM (N/mm <sup>2</sup> )	Kontrol	8555,52	12115,09	11300,33	1082,03
	0°90°0°	7299,64	10863,19	9558,17	938,60
	0°90°45°0°	7430,29	9277,89	8354,28	607,19
DD (kgm/cm <sup>2</sup> )	Kontrol	2,4	3,4	3,06	0,30
	0°90°0°	2,2	3,6	2,86	0,50
	0°90°45°0°	2,5	3,8	2,96	0,45
VTK (kN/mm)	Kontrol	35,50	41,70	3,79	1,97
	0°90°0°	32,00	39,50	3,63	2,50
	0°90°45°0°	22,50	32,30	2,72	2,45
ÇMD (N/mm <sup>2</sup> )	Kontrol	3,62	5,09	4,33	0,44
	0°90°0°	1,32	4,84	2,60	1,03
	0°90°45°0°	1,46	4,19	2,97	0,92
Sertlik	Kontrol	60,40	79,40	72,91	5,12
	0°90°0°	75,26	62,30	71,10	6,53
	0°90°45°0°	48,90	72,00	62,39	6,75

ED: Eğilme direnci; EEM: Eğilmede elastikiyet modülü; DD: Darbe direnci; VTK: Vida tutma kapasitesi; ÇMD: Çekme makaslama direnci; Max: En yüksek değer; Min: En düşük değer;  $\bar{x}$ : Ortalama değer;  $\sigma$ : Standart sapma.



Şekil 7. Deney numunelerinin eğilme direnci değer grafiği  
Figure 7. Flexural strength value graph of test samples



Şekil 8. Deney numunelerinin eğilmede elastikiyet modülü değer grafiği  
Figure 8. Flexural modulus of elasticity value graph of test samples

Deney numunelerinin dinamik eğilme direnci değerleri Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 9 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama dinamik eğilme direnci değerleri sırasıyla 8,16; 7,37 ve 7,40 kgm/cm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. En yüksek dinamik eğilme direnci değeri kontrol numunelerinde tespit edilmiştir. TAK'ın lif yönü değişikliğinin dinamik eğilme direncini düşürdüğü tespit edilmiştir. Lif yönü değişikliğinin TAK'ın darbe testi sonrası anlamlı bir azalmaya neden olmadığı tespit edilmiştir. Darbe testi sonrası (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol

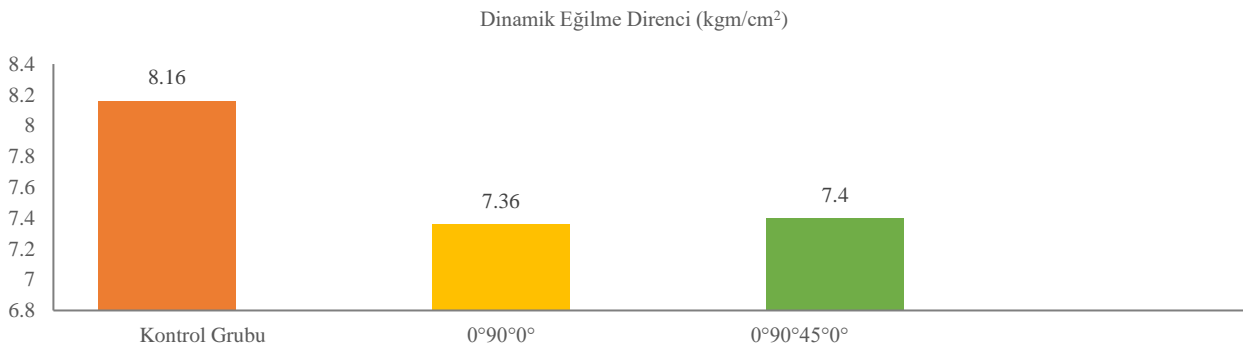
grubu numuneleri ile farklı lif yön açılarıyla üretilen numunelerin arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Literatürde yapılan bir çalışmada kayın odunu ve kayın kaplamamaları ile FF tutkalı kullanılarak üretilen TAK'ın eğilme direnci değerleri, 0,69 kgm/cm<sup>2</sup> olarak tespit edilirken bu değer kayın odunda 0,91 kgm/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. TAK dinamik eğilme direncinin yapıldığı malzemeye göre düşük çıkmasının nedeni tutkalın kırılğan-gevrek yapısından kaynaklandığı belirtilmiştir (Çolak vd., 2007).

Deney numunelerin statik sertlik değerleri Şekil 10'da gösterilmiştir. Şekil 10 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama statik sertlik değerleri sırasıyla 72,9, 71,1 ve 62 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. En yüksek statik sertlik değeri kontrol numunelerinde tespit edilirken en düşük sertlik değeri 0°90°45°0° deney numunelerinden elde edilmiştir. Lif yönü değişikliğinin TAK'ın statik sertliği düşürdüğü tespit edilmiştir. Gruplar arası fark incelendiğinde statik sertlik (Janka) testi (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol grubu numuneleri ile farklı lif yön açılarıyla üretilen numunelerin statik sertlik (Janka) değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). Kontrol numunesi ile 0°90°0° numunesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı ancak kontrol numunesi ile 0°90°45°0° numune grupları arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. Kayın odunun öz ve diri odunun sertlik değerini belirlemek için yapılan bir çalışmada 0,64 ve 0,66 gr/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir (Bal, 2013; Bal, 2014). Elde edilen değerler kayın odunundan elde üretilen TAK üretildiği malzemeye göre sertliğini arttırmıştır. Yapılan bir çalışmada farklı tutkallar ile üretilmiş TAK'ın sertlik değerleri üre formaldehit tutkalında 50 N/mm<sup>2</sup> melamin üre formaldehit tutkalında 52 N/mm<sup>2</sup> ve fenol formaldehit tutkalında ise 56 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, pres basıncının fazla uygulandığı yüzeyde statik sertlik miktarı da yüksek ölçülmüştür (Shukla ve Kamdem, 2009).

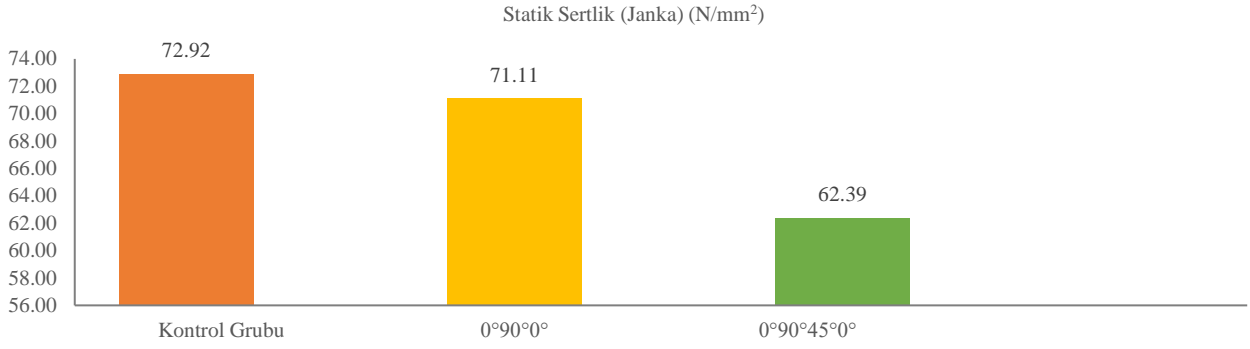
Deney numunelerinin çekme-makaslama direnci değerleri Şekil 11'de gösterilmiştir. Şekil 11 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama çekme-makaslama direnci değerleri sırasıyla 4,34, 2,60 ve 2,97 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. En yüksek çekme-makaslama direnci değeri kontrol numunelerinde tespit edilirken en düşük çekme-makaslama direnci 0°90°0° deney numunelerinden elde edilmiştir. Gruplar arası fark incelendiğinde çekme makaslama testi sonrası (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol grubu numuneleri ile, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının çekme makaslama direnci değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). TAK'da lif yönünün konumu birbiriyle örtüşür ve konumu nedeniyle sertlik üzerinde bir etkiye sahiptir. Paralel lif konumları, çapraz konumlara göre

daha yüksek sertlik değerleri vermektedir. Deney numunelerinde lif yönlendirmesine bağlı meydana gelen bu düşüş tabakalardaki kaplamaların farklı yönelimine bağlanabilir. Lif yönleri paralel kaplamalarda kuvvet kaplamasının yönüne dik iken, 0°90°0° deney guruplarında uygulanan kuvvet kaplamasının yönüne paralel olması ile açıklanabilir. Yapılan çalışmada, sarı kavak kaplamaları ve PVAc, MÜF, ÜF ve MF tutkalları kullanılarak üretilen TAK'ın çekme-makaslama direnci değerleri sırasıyla 2,7-2,3- 2,5- 2,8 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir (Shukla ve Kamdem, 2009). Başka bir çalışmada ise kayın kaplama ile üretilmiş TAK'ın çekme-makaslama direnci üre formaldehit tutkalında 7 N/mm<sup>2</sup> melamin üre formaldehit tutkalında 7 N/mm<sup>2</sup> ve fenol formaldehit tutkalında ise 7,4 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir (Bal, 2013).

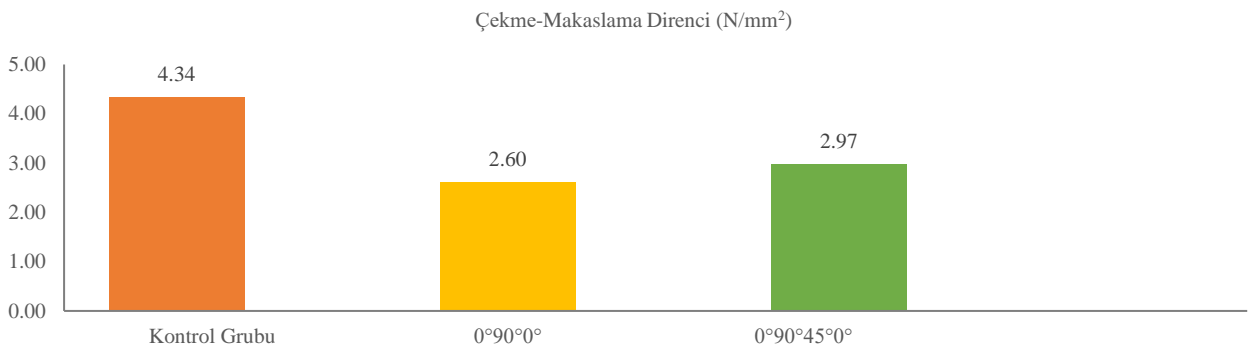
Deney numunelerinin vida tutma kapasitesine ait değerler Şekil 12'de ve vida tutma kapasitesine ait kuvvet-deformasyon grafikleri Şekil 13'te gösterilmiştir. Şekil 12 incelendiğinde kontrol, 0°90°0° ve 0°90°45°0° numune gruplarının ortalama vida tutma kapasitesi değerleri sırasıyla 38,68, 37,05 ve 27,80 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. En yüksek vida tutma kapasitesi değeri kontrol numunelerinde tespit edilirken en düşük vida tutma kapasitesi 0°90°45°0° deney numunelerinden elde edilmiştir. Lif yönü değişikliğinin TAK'ın vida tutma kapasitesinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Vida tutma kapasitesi üzerine yapılan çalışmalarda bu özelliğin yoğunluğuna, vida çapına, vidaların penetrasyon derinliğine, ağaç türüne, nem içeriğine, spiral damara, yapıştırıcı özelliklerine ve kaplama kalınlığına bağlı olduğunu gözlemlemiştir (Abdul vd., 2010; Alamsyah vd., 2023). Bununla birlikte, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, vida tutma kapasitesindeki paralel yönlendirilmiş lif yönüne göre daha düşük değer vermesinin, kaplamasının yönelimine atfedilebilir. Vida tutma kapasitesi testi (ANOVA) sonuçlarına göre, kontrol grubu numuneleri ile farklı lif yön açılarıyla üretilen numunelerin vida tutma kapasitesi değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur (p<0,05). Kontrol numunesi ile 0°90°0° numunesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı ancak kontrol numunesi ile 0°90°45°0° numune grupları arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.



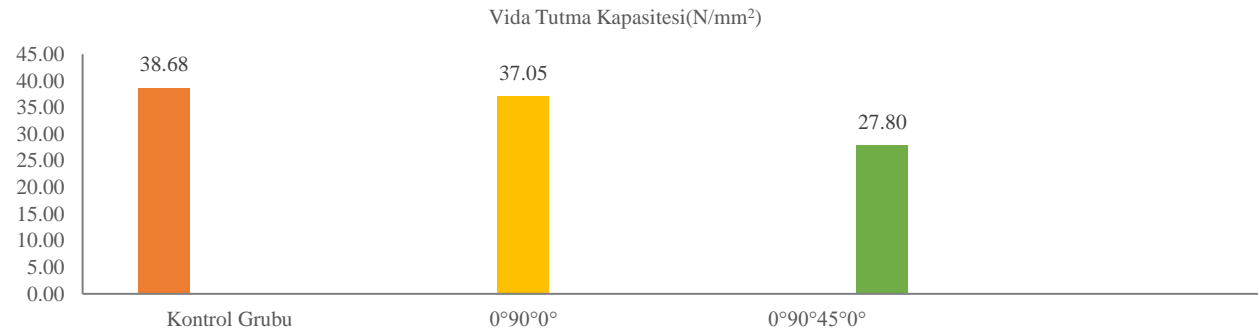
Şekil 9. Deney numunelerin dinamik eğilme direnci değer grafiği  
Figure 9. Dynamic flexural strength value graph of test samples



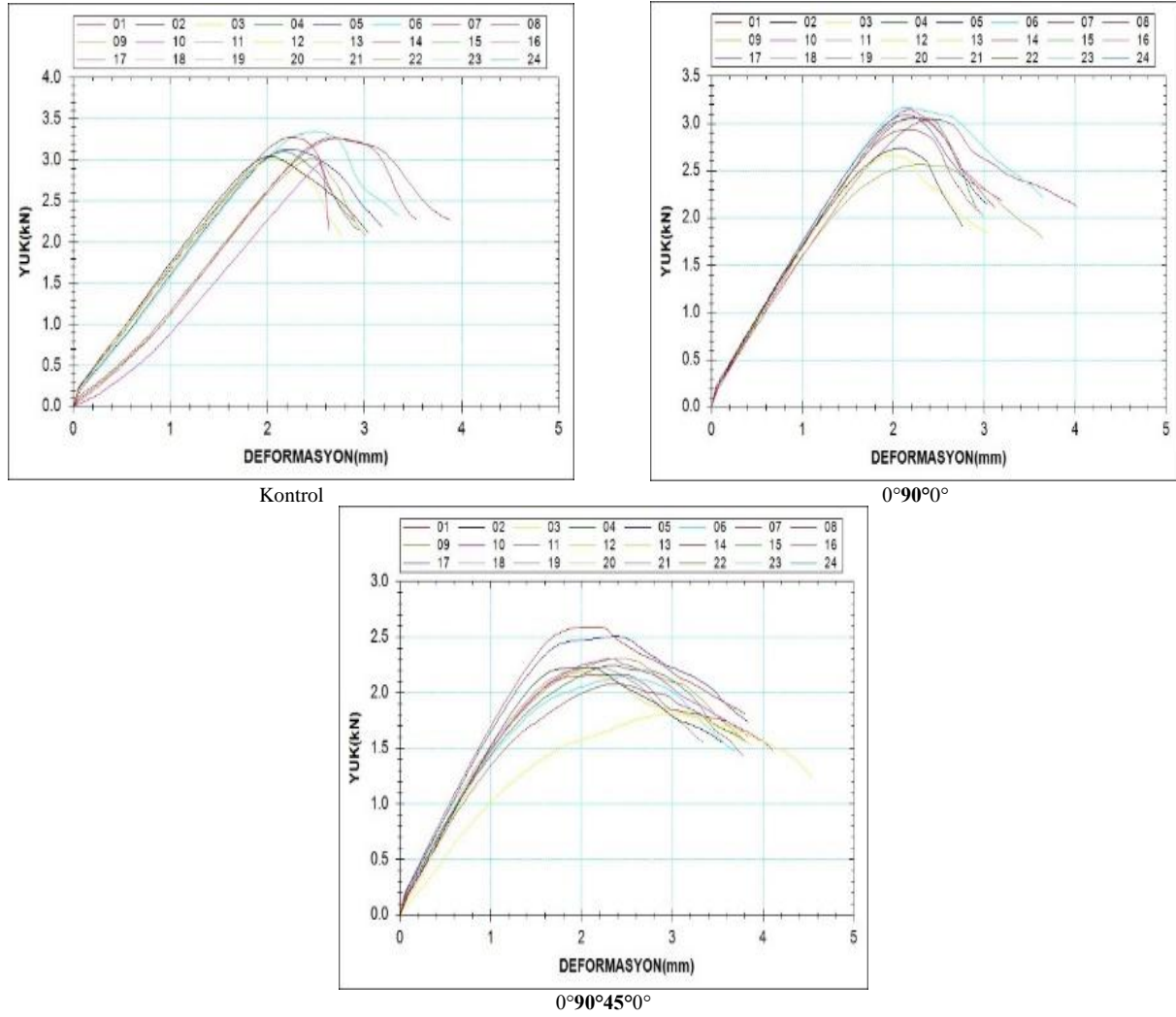
Şekil 10. Deney numunelerinin statik sertlik değeri grafiği  
Figure 10. Static hardness value graph of test samples



Şekil 11. Deney numunelerinin çekme-makaslama direnci değeri grafiği  
Figure 11. Tensile-shear strength value graph of test samples



Şekil 12. Deney numunelerinin vida tutma kapasitesine ait değeri grafiği  
Figure 12. Screw holding capacity value graph of test samples



Şekil 13. Vida tutma kapasitesine ait kuvvet-deformasyon grafikleri  
Figure 13. Force-deformation graphs for screw holding capacity

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, soyma yöntemi ile elde edilmiş Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) kaplamalar ile üretilmiş ve belirli katmanlarda lif yönü farklı açılarla değiştirilmiş TAK'ın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Deney numunelerinden elde edilen sonuçlara göre;

1. Deney numunelerinin hem hava hem de fırın kurusu yoğunlukları üzerinde lif yönü değişikliğinin hiçbir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir.
2. Deney numunelerinin kalınlıkça artış ve su alma değerleri üzerinde lif yönü değişikliğinin etkili olmadığı suda bekleme süresinin etkili olduğu tespit edilmiştir.
3. Kontrol numunesi değerleri ile karşılaştırıldıklarında  $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  numunelerde %3,8 oranında;  $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$  numunelerde ise %32,4 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü  $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  numunelerin değerleri  $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$  numunelerle karşılaştırıldığında ise eğilme direncindeki azalma oranı %29,8 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.
4. Kontrol numunesi değerleri ile karşılaştırıldıklarında  $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  numunelerde %15,42 oranında;  $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$

numunelerde ise %26,08 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü  $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  numunelerin değerleri  $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$  numunelerle karşılaştırıldığında ise eğilme elastikiyet modülü değerlerindeki azalma oranının %12,59 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.

5. Kontrol numunesi değerleri ile karşılaştırıldıklarında  $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  numunelerde %9,80 oranında azalma;  $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$  numunelerde ise %9,31 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü  $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  numunelerin değerleri  $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$  numunelerle karşılaştırıldığında ise dinamik eğilme direnci değerlerinde %0,54 oranında artış gerçekleştiği belirlenmiştir.
6. Kontrol numunesi değerleri ile karşılaştırıldıklarında  $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  numunelerde %2,48 oranında;  $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$  numunelerde ise %14,44 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü  $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  numunelerin değerleri  $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$  numunelerle karşılaştırıldığında ise statik sertlik değerlerindeki azalma oranının %12,26 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.
7. Kontrol numunesi değerleri ile karşılaştırıldıklarında  $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  numunelerde %40 oranında;  $0^{\circ}90^{\circ}45^{\circ}0^{\circ}$  numunelerde ise %31,52 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü  $0^{\circ}90^{\circ}0^{\circ}$  numunelerin

değerleri 0°90°45°0° numunelerle karşılaştırıldığında ise çekme-makaslama direnci değerlerinde %14,23 oranında artış gerçekleştiği belirlenmiştir.

8. Vida tutma kapasitesi kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında; 0°90°0° numunelerde %4,21 oranında; 0°90°45°0° numunelerde ise %28,13 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Lif yönü 0°90°0° numunelerin değerleri 0°90°45°0° numunelerle karşılaştırıldığında ise azalma oranının %25 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.

#### Açıklama

Bu araştırma İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Fonu tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: 2023-TYL-FEBE-0014). Yazarlar, Prof. Dr. Fatih Mengeloğlu, Prof. Dr. Bekir Cihad Bal ve Büşra Avcı'ya numune test yardımları için müteşekkirdir.

#### Kaynakça

- Abdul, H. P. S. .2010. Development and material of new hybrid plywood from oil palm biomass. *Mater Design*, 31, 417-424.
- Alamsyah, E. M., Darwis, A., Sutrisno, Y. S., Munawar, S. S., Malik, J., & Sumardi, I. .2023. Modified Grain Orientation of Laminated Veneer Characteristics of Three Fast-Growing Tropical Wood Species. *BioResources*, 18(3).
- ASTM D 1037-06, 2006. Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Bal, B. C. (2011). Okaliptüs (*Eucalyptus grandis*) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri ve lamine ağaç malzeme üretiminde kullanılması üzerine araştırmalar.Doktora tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Bal, B.C., 2013. Okaliptüs, kayın ve kavak soyma kaplamaları ile üretilen tabakalı kaplama kerestelerin (TKK) bazı fiziksel özellikleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14: 25-35.
- Bal, B.C., 2014. Some physical and mechanical properties of reinforced laminated veneer lumber, *Construction and Building Materials*, 68: 120-126.
- Bao, F., Fu, F., Choong, T., Hse, C., 2001. Contribution factor of wood properties of three poplar clones to strength of laminated veneer lumber. *Wood and Fiber Science*, 33(3): 345-352.
- Burdurlu, E., Kılıç, M., İlce, A.C., Uzunkavak, O., 2007. The effects of ply organization and loading direction on bending strength and modulus of elasticity in laminated veneer lumber (LVL) obtained from beech (*Fagus orientalis* L.) and Lombardy poplar (*Populus nigra* L.). *Construction and Building Materials*, 21: 1720-1725.
- Carrick, J., Mathieu, K., 2005. Durability of laminated veneer lumber made from blackbutt (*Eucalyptus pilularis*). international conference on durability of building materials and components; Lyon, France. pp. 55. 01/07/2005.
- Çolak, S., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., 2007. Effects of logs steaming, veneer drying and aging on the mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL). *Building and Environment*, 42: 93-98.
- Hassan, J., Eisele, M., 2015. BauBuche-the sustainable high-performance material. *Bautechnik*, 92: 40-45.
- Haygreen, J., Bowyer, J., 1996. *Forest Product and Wood Science: An Introduction*. 3rd Ed., Iowa State University Press, Ames, IA, USA.
- Heräjärvi, Henrik, ve diğerleri. Mühendislik ahşap ürünleri için hammadde olarak küçük çaplı İskoç çamı ve huş ağacı kerestesi. *Uluslararası Orman Mühendisliği Dergisi*, 2004, 15.2: 23-34.
- González, G., Moya, R., Monge, F., Córdoba, R., & Carlos Coto, J. (2004). Evaluating the strength of finger-jointed lumber of *Gmelina arborea* in Costa Rica. *New forests*, 28, 319-323.
- Kamala, B.S., Kumar, P., Rao, R.V., Sharma, S.N., 1999. Performance test of laminated veneers lumber (LVL) from rubber wood for different physical and mechanical properties. *Holz Roh Werkst*, 57: 114-116.
- Kılıç, Y., Burdurlu, E., Elbol, G., Ulupınar, M., 2010. Effect of layer arrangement on expansion, bending strength and modulus of elasticity of solid wood and laminated veneer lumber (LVL) produced from pine and poplar. *Gazi University Journal of Science*, 23(1): 89-96.
- Kurt, R., Mengeloğlu, F., Bektaş, İ., 2003. Beşinci ulusal deprem mühendisliği konferansı, 26-30 Mayıs 2003, Sayfa No: AE-0121 pp:6.
- Kurt, R., 2010. Suitability of three hybrid poplar clones for laminated veneer lumber manufacturing using melamine urea formaldehyde adhesive. *Bioresources*, 5(3): 1868-1878.
- Kurt, R., Cil, M., 2012. Effects of press pressures on glue line thickness and properties of laminated veneer lumber glued with phenol formaldehyde adhesive. *BioResources*, 7: 5346-5354.
- Kurt, R., Çil, M., Aslan, K., Çavuş, V., 2011. Effect of pressure duration on physical, mechanical, and combustibility characteristics of laminated veneer lumber (LVL) made with hybrid poplar clones. *Bioresources*, 6(4): 4886-4894.
- Malkoçoğlu, A., (1994). Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) odununun teknolojik özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Lam, F., 2001. Modern structural wood products. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 3: 238-245.
- Mengeloğlu, F., Kurt, R., 2004. Mühendislik ürünü ağaç malzemeler tabakalanmış kaplama kereste (TAK) ve tabakalanmış ağaç malzeme (TAM). *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1): 39-44.
- Nelson, S. (1997). Structural composite lumber. *Engineered wood products: A guide for specifiers, designers, and users*, 174-152
- Ozarska, B., 1999. A review of the utilization of hardwoods for LVL. *Wood Science and Technology*, 33(4): .341-351. DOI: 10.1007/s002260050120
- Özen, R. (1981). *Çeşitli faktörlerin kontrplağın fiziksel ve mekanik özelliklerine yaptığı etkilere ilişkin araştırmalar*. KTÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Fakülte yayın No: 120.
- Prakash, V., Uday, D. N., Sujatha, D., & Kiran, M. C. (2019). Laminated Veneer Lumber (LVL) from Fast Growing Plantation Timber Species Meliادubia. *International Journal of Science and Research*, 8(4), 1721-1723.
- Sasaki, H., Wan, Q., Kawai, S., 1993. Laminated veneer lumber and composite beams produced from tropical hardwood thinning, *Current Japanese Materials Resources*, 11: 55-66.
- Shukla, S., Kamdem, D.P., 2008. Properties of laminated veneer lumber (LVL) made with low density hardwood species: Effect of the pressure duration. *European Journal of Wood and Wood Products*, 66(2): 119-127.
- Shukla, S. R., & Kamdem, D. P. (2009). Properties of laboratory made yellow poplar (*Liriodendron tulipifera*) laminated veneer lumber: effect of the adhesives. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 4(67), 397-405.
- Sulaiman, O., Salim, N., Hashim, R., 2009. Evaluation on the suitability of some adhesives for laminated veneer lumber from oil palm trunks. *Materials and Design*, 30: 3572-3580.
- Tenorio, C., Moya, R., Muñoz, F., 2011. Comparative study on physical and mechanical properties of laminated veneer lumber and plywood panels made of wood from fast-growing *Gmelina arborea* trees. *Journal of Wood Science*, 57(2): 134-139.
- TS ISO 13061-1, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri”- Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi. TSE, Ankara



- TS ISO 13061-2, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri- Bölüm 2: Fiziksel ve mekanik deneyler için yoğunluğun belirlenmesi. TSE, Ankara
- TS ISO 13061-3, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri- Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri- Bölüm 3: Statik eğilmede nihai mukavemet tayini. TSE, Ankara
- TS ISO 13061-4, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri- Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri- Bölüm 4: Statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini, TSE, Ankara
- TS ISO 13061-10, 2021. Odunun çarpmada eğilme dayanımının tayini, TSE, Ankara
- TS-EN 13446, 2005. Ahşap esaslı levhalar- Bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini. TSE, Ankara
- TS ISO 13061-12, 2021. Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri- Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri- Bölüm 12: Statik sertliğin tayini. TSE Ankara
- TS 3969 EN 314-1,1998 Kontrplak kaplanmış-Yapışma kalitesi bölüm 1: Deney metotları. TSE.,Ankara
- TS 1002, 1979 Soyma kaplamalık kayın tomruğu TSE Ankara
- Ünsal, Ö., 1998. Buharlanmış ve buharlanmamış kayın (*Fagus orientalis* L.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.
- Wang B. J., Dai, C., 2005. Hot-pressing stress graded aspen veneer for laminated veneer lumber (LVL). *Holzforschung*, 59: 10–17.
- Wong, E. D., Razali, A. K., Shuichi, K., 1996. Properties of rubber wood LVL reinforced with Acacia veneers. *Wood research: bulletin of the Wood Research Institute Kyoto University*, 83: 8-16.

## Kovada Gölü Milli Parkı'nın rekreasyon potansiyelinin belirlenmesi

Merve Nur Çağlayan<sup>a,\*</sup> 

**Öz:** Kentlerin büyümesiyle birlikte, kent sakinlerinin doğayla temas kurma gereksinimi de artmıştır. Stresten uzaklaşmak isteyen bireyler, doğa rezervleri, ormanlık alanlar ve şehir parkları gibi yeşil alanları tercih etmeye başlamıştır. Bu bağlamda, yeşil alanların ve su kenarlarının rekreasyona kazandırılması büyük önem arz etmektedir. Milli parklar, bu tür doğal alanlar arasında öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, Kovada Gölü Milli Parkı'nın rekreasyon potansiyelini değerlendirmek amacıyla, Gülez yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, çeşitli ölçütlerin puanlanarak belirli bir formül çerçevesinde hesaplanmasını içermektedir. Çalışma sonuçlarına göre, Kovada Gölü Milli Parkı'nın peyzaj ve iklim değerleri yüksek puan almıştır. Ancak, rekreatif kolaylıklar açısından parkın yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Genel değerlendirme neticesinde, parkın rekreasyon potansiyeli puanı %70 olarak hesaplanmış ve 'Ormanıçi Rekreasyon Potansiyeli Yüksek' olarak nitelendirilmiştir. Bu bulgular, Kovada Gölü Milli Parkı'nın rekreasyon açısından önemli bir alan olduğunu ve doğayla iç içe dinlenme arayışında olanlar için ideal bir mekân teşkil ettiğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Kovada Gölü Milli Parkı, Rekreasyon potansiyeli, Rekreasyon, Gülez Yöntemi

## Determination of the recreation potential of Kovada Lake National Park

**Abstract:** With the expansion of cities, the need for urban residents to connect with nature has increased. Individuals seeking to escape stress have begun to prefer green spaces such as nature reserves, forested areas, and urban parks. In this context, the integration of green spaces and waterfronts into recreational activities is of great importance. Among such natural areas, national parks stand out as significant sites. This study evaluates the recreational potential of Kovada Lake National Park using the Gülez method. This method involves scoring various criteria and calculating a final score within a specific formula. According to the study results, the park received high scores for its landscape and climatic attributes. However, it was found to be insufficient in terms of recreational facilities. Based on the overall assessment, the park's recreational potential score was calculated as 70%, categorizing it as having a "High Forest Recreation Potential." These findings indicate that Kovada Lake National Park is a significant area for recreation and serves as an ideal destination for individuals seeking relaxation in a natural setting.

**Keywords:** Kovada Lake National Park, Recreation potential, Recreation, Gülez Method

### 1. Giriş

Boş zaman, hem çalışma hayatıyla doğrudan ilişkili olması hem de toplumsal denge ve huzuru sağlamadaki önemi nedeniyle kritik bir konudur. İş ve sorumlulukların baskısından kurtulma ve özgürleşme anlamına gelen boş zaman, insanların gevşeme ve rahatlama ihtiyacını karşılayan bir kaçış imkânı sunmaktadır (Öztürk, 2018). Rekreasyon ise, insanların boş zamanlarında keyif ve tatmin amacıyla yaptıkları, yaşamlarını zenginleştiren etkinliklerdir. Rekreasyon, bireylerin boş zamanlarında bireysel ya da grup halinde eğlenceli ve tatmin edici etkinlikler yaparak yenilenmelerini sağlar. Gönüllü katılım gerektiren bu faaliyetler, aktif veya pasif olarak, spor, gezi ve eğlence gibi çeşitli biçimlerde gerçekleştirilebilir. Rekreasyon, katılımcılara huzur ve mutluluk hissi verirken, psikolojik denge, fiziksel ve mental kondisyon sağlamakta ve özgürlük duygusu uyandırmaktadır (Ay ve Güzel, 2021). Rekreasyonun bireyler ve toplum üzerindeki olumlu etkileri, bu alana duyulan ihtiyacın temelini oluşturmaktadır. Boş zamanlarını etkin şekilde değerlendiren bireyler, fiziksel, zihinsel, duygusal, sosyal ve psikolojik olarak olumlu sonuçlar elde etmektedir. Rekreasyon faaliyetleri bireyin özel ihtiyaçlarına göre

planlandığında, sağlanan faydalar daha da belirgin hale gelmektedir (Çetiner, 2019).

Son yıllarda, ormanların rekreasyon alanı olarak popülerliği de çeşitli ihtiyaçlara bağlı olarak artmıştır. Bu ilgi, özellikle kentlerde yaşayan insanların doğayla temas kurma ihtiyacını yansıtmaktadır (Dudek, 2017). Ayrıca kronik hastalıklar ve kanser gibi pek çok hastalık, hareketsiz yaşam tarzı ve kronik stres ile yakından bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, şehir planlamacıları vatandaşların sağlık ve refahını artırmak amacıyla, stresi azaltmaya yardımcı olan ve fiziksel aktiviteyi teşvik eden kamusal alanlar tasarlamaktadır. İnsanlar genellikle stresten uzaklaşmak için doğa rezervleri, ormanlık alanlar ve şehir parkları gibi yeşil alanları tercih etmektedir (Hansmann vd., 2007). Bu alanlardan biri olan milli parklar rekreasyon açısından oldukça önemlidir.

Milli park, "bilimsel ve estetik bakımından, milli ve milletlerarası ender bulunan tabii ve kültürel kaynak değerleri ile koruma, dinlenme ve turizm alanlarına sahip tabiat parçaları" olarak tanımlanmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024a). Milli parklar, genellikle biyolojik çeşitliliğin yüksek olduğu, endemik ve tehdit altındaki türlerin yaşadığı alanları kapsamaktadır. Bu parklar, koruma

✉ <sup>a</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Rekreasyon Yönetimi Bölümü, Isparta

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): mervecağlayan@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 14.06.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 16.01.2025



**Citation** (Atf): Çağlayan, M.N., 2025. Kovada Gölü Milli Parkı'nın rekreasyon potansiyelinin belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 77-86.

DOI: [10.18182/tjf.1501535](https://doi.org/10.18182/tjf.1501535)

ve halkın eğlenmesi amacıyla kamuya açık tutulmaktadır. Milli parklar, çevresel eğitim, bilimsel araştırma ve doğa turizmi için önemli fırsatlar sunmaktadır (Eagles vd., 2002). Orman ve göl gibi su kenarları üzerinde yapılmış çalışmalara bakıldığında orman ve su kenarlarına yapılan ziyaretler ve aktivitelerin psikolojik sağlık üzerinde olumlu etkileri olduğu ve (Maller vd., 2006; White vd., 2010; Bratman vd., 2012) fizyolojik faydalar sağladığı (Pretty vd., 2005; Park vd., 2009; Völker ve Kistemann, 2011) belirtilmektedir. Ayrıca, çocukların doğa ile etkileşimi yoluyla empati, sorumluluk ve çevre dostu davranışları geliştirildiği ifade edilmektedir (Cheng ve Monroe, 2012).

Tüm bu faydalar çerçevesinde rekreasyon etkinliklerine kaynak oluşturabilecek yeşil alanlar ve su kenarlarının rekreasyona kazandırılması önem taşımaktadır. Literatürde rekreasyon ile ilgili değerlerin ortaya çıkarılması, alanların araştırılarak doğru bilgilerin sunulması, bireylerin taleplerini tahmin edilmesine yönelik çalışmalar da bu doğrultuda artış göstermektedir (Bestard ve Font, 2010). Rekreasyon potansiyeli, bir yerin rekreasyonel faaliyetleri destekleme kapasitesi olarak açıklanmaktadır. Rekreasyon potansiyelini tahmin etmek için "içerilen doğal çekicilik" ve "eğlence fırsatı" gibi ölçütler kullanılmaktadır (Chhetri ve Arrowsmith, 2008). Literatürde yer alan çeşitli ölçütler dışında en çok karşılaşılan analiz ve yöntemler Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı analiz (Termansen, 2013), SWOT analizi (Meriç ve Bozkurt, 2017) ve Gülez Yöntemi (Surat, 2017) olmuştur. Bu çalışmada "Gülez Yöntemi" tercih edilmiştir. Alanın fiziksel, biyolojik, sosyal ve ekonomik özelliklerini kapsamlı bir şekilde analiz ederek detaylı bir değerlendirme olanağı sunması ve Türkiye'de geliştirilmiş bir yöntem olduğu için, Türkiye'nin doğal ve kültürel koşullarına uygun çözümler sunması ile faydalı olacağı düşünülmüştür.

Bu çalışma Isparta ilinde bulunan Kovada Gölü Milli Parkının mevcut rekreatif potansiyelini ve iyileştirilebilecek alanlarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın amacı doğrultusunda kullanılan yöntemin ölçütlerine ilişkin bilgiler

toplanmıştır. İlk olarak peyzaj değeri, iklim değeri ve ulaşılabilirlik özelliklerini belirlemek amacıyla doküman analizi yapılmıştır. Rekreatif kolaylık ve olumsuz etkenler için araştırma alanında katılımcı gözlem tekniğinden yararlanılmıştır. Doküman analizinden edinilen bilgiler ayrıca alanda gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ise bulgular bölümünde sunulmuştur. Bu çalışma, alanın rekreasyona kazandırılması, bilinirliğinin artırılması ve çeşitli öneriler ile alanın gelişiminin desteklenmesi açısından katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve yöntem

Araştırmada Gülez (1990) tarafından geliştirilen "Ormanıçi Rekreasyon Potansiyeli Belirleme" yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde çeşitli ölçütlere puan verilmekte ve puanlar belirli bir formüle göre hesaplanmaktadır. Elde edilen sonuç ise araştırma alanının rekreasyon potansiyelini göstermektedir. Toplam puan üzerinde, peyzaj değeri % 35, iklim değeri %25, ulaşılabilirlik % 20 ve rekreatif kolaylık % 20 etkiye sahiptir. Puanlama ölçütleri ve puanları aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir (Çizelge 1).

Gülez Yöntemi formülü (1), (Gülez, 1990) ise şöyledir:

$$P + I + U + RK + OSE = \% RP \quad (1)$$

P: Peyzaj değeri, İ: İklim değeri, U: Ulaşılabilirlik, RK: Rekreatif kolaylık, OSE: Olumsuz etkenler, RP: Rekreasyon potansiyeli

Araştırma alanı, araştırmacı tarafından sık ziyaret edilen bir alan olmakla beraber detaylı gözlem için haziran ayında hafta içi ve hafta sonu olmak üzere 2 kez ziyaret edilmiştir. Alanda uzun süre vakit geçirilerek her bir unsuru detaylıca gözlemlenme imkânı olmuştur. Gülez yönetimine (1990) göre alanın puan değerlendirmesi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Gülez Yöntemi ölçütleri ve puanları (Gülez, 1990)

Table 1. Gülez Method criteria and scores (Gülez, 1990)

Formüldeki öğeler	Öğenin özellikleri	Maximum puan	Açıklama
Peyzaj değeri (P)	Alanın büyüklüğü	4 puan	10 ha'dan büyük (4 puan)
			5-10 ha (3 puan)
			1-5 ha (1 puan)
	Bitki örtüsü	8 puan	Ağaçlık, çalılık, çayırılık (7-8 puan)
			Yalnız ağaçlık ve çayırılık (6-7 puan)
			Çalılık, çayırılık, seyrek ağaçlık (5-6 puan)
Yalnız çalılık ve çayırılık (3-4 puan)			
Deniz, göl, akarsular	8 puan	Çalılık, seyrek ağaçlık (3-4 puan)	
		Çayırılık, seyrek ağaçlık (2-3 puan)	
		Yalnız çayırılık (1-3 puan)	
		Deniz kıyısı (7-8 puan)	
		Göl kıyısı (6-7 puan)	
Yüzeysel durum	5 puan	Akarsu kıyısı (4-5 puan)	
		Dereceler (1-4 puan)	
		Düz alan (5 puan)	
Görsel kalite	4 puan	Hafif dalgalı (4 puan)	
		Az meyilli, yer yer düzlük (3 puan)	
		Az engebeli (2 puan)	
Diğer özellikler	6 puan	Orta engebeli (1 puan)	
		Panoramik görünüm (3-4 puan)	
			Güzel görüş ve Vistalar (2-3 puan)
			Alanın genel görsel estetik değeri (1-3 puan)
			Doğal anıt, mağara, çağlayan, tarihsel ve kültürel değerler, yaban hayvanları, kuşlar vb. (1-6 puan)

Çizelge 1. devamı  
Table 1. continued

Formüldeki öğeler	Öğenin özellikleri	Maximum puan	Açıklama
İklim değeri (İ)	Sıcaklık	10 puan	Yaz aylar (Haz. Tem. Ağs.) 21- 29 (6 puan)
			ortalaması °C: 22-28 (7 puan)
			16-34 (1 puan)
			17-33 (2 puan)
			18-32 (3 puan)
İklim değeri (İ)	Yağış	8 puan	19-31 (4 puan)
			20-30 (5 puan)
			Yaz ayları (Haz. Tem. Ağs) 250 (4 puan)
			toplamları mm: 300 (3 puan)
			50 (8 puan)
İklim değeri (İ)	Güneşlenme	5 puan	100 (7 puan)
			150 (6 puan)
			200 (5 puan)
			Yaz ayları bulutluluk ortalaması 4-6 (3 puan)
			0-2 (5 puan)
İklim değeri (İ)	Rüzgârlık	2 puan	6-8 (2 puan)
			2-4 (4 puan)
			8-9 (1 puan)
			Yaz ayları ortalama rüzgar hızı
			1 m/sec'den az (2 puan)
Ulaşılabilirlik (U)	Bulunduğu bölgenin turistik önemi	4 puan	1-3 m/sec (1 puan)
			Akdeniz, Ege, Marmara kıyı bandı: 3-4 puan Karadeniz kıyı bandı (2-3 puan)
	Bulunduğu bölgede en az 100.000 nüfuslu kent olması	5 puan	Önemli karayolu güzergâhları, turizmde öncelikli yöreler (1-3 puan)
			20 km'ye kadar uzaklık (4-5 puan)
			50km (3-4 puan)
	Ulaşılan zaman süresi (yakındaki en az 5.000 nüfuslu kentten)	4 puan	100km (2-3 puan)
			200km: (1-2 puan)
	Ulaşım (taksi ve özel oto dışında)	4 puan	Yürüyerek 1 saate kadar ya da taşıtla 0-1/2 saat (4P)
			1/2-1 (3 puan)
			1-2 (2 puan)
Ulaşım (taksi ve özel oto dışında)	3 puan	2-3 (1 puan)	
		Yürüyerek gidilebilme ya da her an taşıt bulabilme (3-4 puan)	
Ulaşım (taksi ve özel oto dışında)	3 puan	Belirli saatlerde taşıt bulabilme (1-3 puan)	
		Örneğin teleferik olması, denizden ulaşılabilme vb. (1-3 puan)	
Rekreatif kolaylıklar (RK)	Piknik tesisleri	4 puan	Sabit piknik masa, ocak vb. (niteliklerine göre) (1-4 puan)
	Su durumu	3 puan	İçme ve kullanma su olanakları (niteliklerine göre) (1-3 puan)
	Geceleme tesisleri	2 puan	Sabit geceleme tesisleri (2 puan)
			Çadır/sız kamp (1-2 puan)
	WC'ler	2 puan	Niteliklerine göre (1 -2 puan)
	Otopark	2 puan	Niteliklerine göre (1 -2 puan)
	Kır gazinosu, Satış büfesi	2 puan	Niteliklerine göre (1 -2 puan)
	Bekçi ve görevliler	2 puan	Sürekli bekçi / görevli (2P)
			Hafta sonlarında (1P)
	Diğer kolaylıklar	3 puan	Örneğin plaj, kabin ve duş tesisleri, kiralık sandal olanakları, top vb. oyun ve spor alanları, tesisleri vb. (niteliklerine göre) (1 -3 puan)
Olumsuz etkenler (OSE)	Hava kirliliği	-3	Kirlilik derecesine göre (-1) - (-3) puan
	Güvenceli olmaması	-2	Güvence durumuna göre (-1)- (-2) puan
	Su kirliliği	-1	Deniz, göl ve akarsular için (-1) puan
	Bakımsızlık	-1	Alanda yeterli bakımın yapılmaması(-1) puan
	Gürültü	-1	Trafik, kalabalık vb. gürültüler (-1) puan
	Diğer olumsuz etkenler	-2	Örneğin taş ve çakıl ocakları, inşaat ve fabrika kalıntıları vb. (-1) - (-2) puan

Çizelge 2. Gülez Yöntemi puanlama tablosu  
Table 2. Gülez Method scoring table

% 30'dan aşağı	Ormaniçi rekreasyon potansiyeli çok düşük
% 30 - % 45	Ormaniçi rekreasyon potansiyeli düşük
% 46 - % 60	Ormaniçi rekreasyon potansiyeli orta
% 61 - % 75	Ormaniçi rekreasyon potansiyeli yüksek
% 75'den yukarı	Ormaniçi rekreasyon potansiyeli çok yüksek

Çalışmada da kullanılmış olan Gülez Yöntemi ile yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu yöntem ile, Polat ve Polat (2012) Karabük Yenice ormanları üzerinde, Eröz ve Aslan (2017) Kırklareli Istanca ormanları üzerinde, Gül ve Yılmaz (2019) Samsun kıyı şeridi üzerinde, Birinci vd. (2016) Gümüşhane Limni Gölü Tabiat Parkı üzerinde çalışmıştır ve daha birçok araştırmacı çeşitli alanlar üzerinde Gülez Yöntemini kullanmıştır.

### 2.1. Araştırma sahası

Isparta ili, Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde, Antalya Bölümü'nün Göller Yöresinde yer almaktadır. Coğrafi konumu 30° 20' ve 31° 33' doğu boylamları ile 37° 18' ve 38° 30' kuzey enlemleri arasındadır. Isparta ili 13 ilçe, bu ilçelere bağlı 17 belde ve 195 köyden oluşmaktadır (Kervankıran ve Eryılmaz, 2014). Kovada Gölü Milli Parkı ise, Eğirdir ve Sütçüler ilçe sınırları içerisinde bulunmaktadır. Kovada Gölü, karstik göllerden olup, kuzey-güney doğrultusunda uzanmaktadır (Bahadır, 2012).

Kovada Gölü Milli Parkında, 810 hektar sulak alan, 4.722 hektar orman alanı ve 1001 hektar tarım arazisi bulunmaktadır (Şekil 1). Parkta 28'i endemik olmak üzere 361 tür, 44 alttür ve 10 varyete tespit edilmiştir. Kasnak meşesi, Isparta-Eğirdir ve Kovada Gölü arasında yayılış göstermektedir ve adını fiçi ve esnek malzeme yapımında kullanılmasından almıştır (Yurttaş Çelik, 2019).

Kovada Gölü'nün en derin yeri 7 metredir ve yeşil renk veren tortular nedeniyle gölün dibi görülememektedir. Kovada Gölü Milli Parkı içinde eski medeniyetlere ait kalıntılar bulunmamakla birlikte, yakın çevresinde önemli tarihi ve arkeolojik alanlar mevcuttur. Göl, Greko-Romen Pisidia bölgesine yakındır ve Neolitik dönemden Osmanlı dönemine kadar çeşitli medeniyetlerin izlerini taşıyan Yazılı Kanyon-Kral Yolu, Ağlasun (Sagalassos), Burdur (Hacılar Höyüğü), Eğirdir (Dündar Bey Medresesi, Hızır Bey Camii), Atabey Medresesi ve Yalvaç (Pisidia bölgesi) gibi önemli

kalıntı ve yapılar bulunmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024b).

### 3. Bulgular

Kovada Gölü Milli Parkının rekreasyon potansiyelini belirlemeye yönelik olan bu çalışmanın bulgularına aşağıda yer verilmektedir.

#### 3.1. Peyzaj değeri

Bu bölümde alana ait peyzaj değeri kriterleri değerlendirilmiştir.

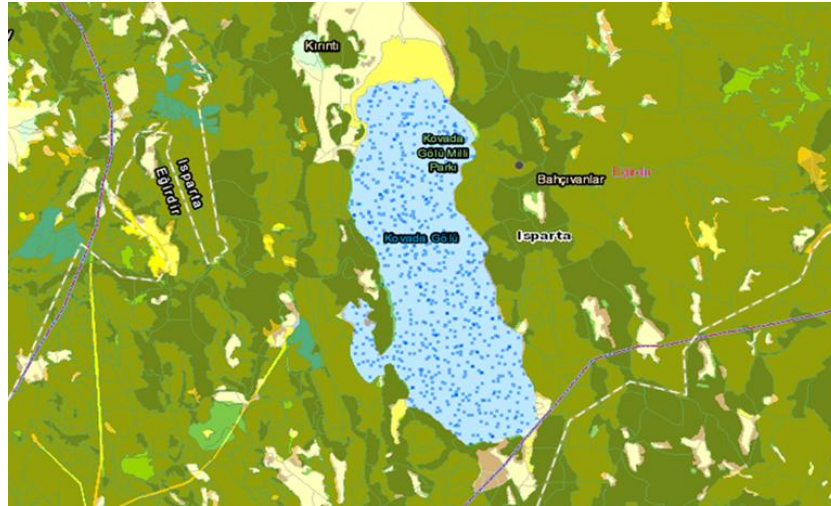
**Alanın büyüklüğü:** Kovada Gölü Milli Parkının büyüklüğü 6.534 hektardır (Türkiye Kültür Portalı, 2024). Puanlama sistemine göre 10 hektardan büyük alanlara 4 puan verilmektedir. Kovada Gölü, bu kriterlere göre 4 puan almıştır.

**Bitki örtüsü:** Kovada Gölü Milli Parkının bitki örtüsüne bakıldığında (Şekil 2) sık ağaçlık ve çalılıklardan oluştuğu gözlemlenmiştir. Kullanıma açık alanlarda çayırılık alan oldukça azdır. Puanlamaya göre yalnız ağaçlık ve çayırılık alanlara 6-7 puan verilmektedir, çayırılık alanların az olması sebebiyle 1 puan düşürülerek Kovada Gölü Milli Parkına 6 puan verilmesi uygun görülmüştür.

**Deniz, göl, akarsular:** Kovada Gölü Milli Parkının 810 hektarlık alanını göl oluşturmaktadır. Puanlamaya göre göl kıyısına 6-7 puan verilmektedir. Böylelikle, Kovada Gölü Milli Parkı bu kriterden 7 puan almaktadır.

**Yüzeysel durum:** Kovada Gölü Milli Parkının yüzeysel durumu incelendiğinde (Şekil 3), az engebeli olduğu görülmüştür. Az engebeli alanlar 2 puan almaktadır. Alan da bu kriterden 2 puan almıştır.

**Görsel kalite:** Kovada Gölü Milli Parkında hem göl seviyesinde hem de seyir terasında panoramik görüntü bulunmaktadır (Şekil 4) dolayısıyla bu kriterden 4 puan almaktadır.



Şekil 1. Kovada Gölü ve çevresi (OGM, 2024)  
Figure 1. Lake Kovada and its surroundings



Şekil 2. Kovada Gölü Milli Parkı bitki örtüsü  
Figure 2. Vegetation of Kovada Lake National Park



Şekil 3. Kovada Gölü Milli Parkının yüzeysel durumu  
Figure 3. Surface condition of Kovada Lake National Park



Şekil 4. Kovada Gölü Milli Parkının panoramik görüntüleri  
Figure 4. Panoramic images of Kovada Lake National Park

*Diğer özellikler:* Milli park, birçok sürüngen, kuş ve memeli türüne ev sahipliği yapmaktadır. Parkta 167 kuş, sekiz memeli, dört balık ve 13 sürüngen türü bulunmaktadır. Göl, sazan, kadife, sudak, havuz balığı ve kerevit barındırmaktadır. Memeliler arasında yaban domuzu, yaban keçisi, sansar, porsuk ve tilki bulunmaktadır. Yaban keçisi ve yırtıcı kuşlar kayalıklarda barınırken, su kuşları sazlık alanlarda üreme ve beslenme faaliyetlerini sürdürmektedir (Yurttaş Çelik, 2019). Bu hayvanlar bir tanıtım merkezinde maket olarak sergilenmektedir. Ayrıca, alan Kırıntı Köyü Çınar Ağacı ile tabiat anıtına da sahiptir (Şekil 5). Dolayısıyla alana 6 puan verilmiştir.

### 3.2. İklim değeri

*Sıcaklık:* Kovada Gölü Milli Parkının yaz aylarının sıcaklık ortalamasına (Haziran, Temmuz, Ağustos) bakıldığında, Isparta ilinin 1929-2023 ölçüm periyodunda haziran ayı ortalaması 19,9 °C, Temmuz ayı 23,5 °C, Ağustos ayı 23,4 °C'dir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024b). Ayların toplam ortalaması ise 22,2 °C'dir dolayısıyla, alan bu kriterden 7 puan almaktadır.

*Yağış:* Kovada Gölü Milli Parkının yaz aylarının yağış ortalamasına (Haziran, Temmuz, Ağustos) incelendiğinde, Isparta ilinin 1929-2023 ölçüm periyodunda haziran ayı ortalaması 35,7 mm, Temmuz ayı 15,5 mm, Ağustos ayı 14 mm'dir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024b). Ayların toplam yağış ortalaması ise 21,7 mm'dir dolayısıyla, alan bu kriterden 8 puan almaktadır.

*Güneşlenme:* Kovada Gölü Milli Parkının yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) güneşlenme süresi incelendiğinde, Isparta ilinin 1929-2023 ölçüm periyodunda haziran ayı ortalaması 10 saat, Temmuz ayı 11,1 saat, Ağustos ayı 10,5 saattir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024b). 3 ayın toplamına bakıldığında bu süre 10,5 saattir, Kovada Gölü Milli Parkının yaz aylarında genel olarak açık olduğu söylenebilir. Bu nedenle alan kriterden 5 puan almıştır.

*Rüzgarlık:* Isparta ilinin rüzgâr hızı ortalamalarına kaynaklarda rastlanmamıştır ancak Türkiye Rüzgâr Atlası'na

bakıldığında orman alanlarını 3,5 ms – 4,5 ms arasında olduğu görülmektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024a). Dolayısıyla kesin bir bilgi alınmadığı için alan buradan puan alamamaktadır.

### 3.3. Ulaşılabilirlik

*Bulunduğu bölgenin turistik önemi:* Kovada Gölü Milli Parkı Antalya karayolu üzerinde yer almaktadır. Ayrıca Akdeniz Göller Yöresi içerisinde bulunmaktadır. Dolayısıyla alan bu kriterden 3 puan almıştır.

*Bulunduğu bölgede en az 100.000 nüfuslu kent olması:* Kovada Gölü Milli Parkına en yakın 100.000 nüfuslu kent Isparta şehir merkezidir. Aralarındaki mesafe ise yaklaşık 54,7 kilometredir. Bu yüzden alan bu kriterden 3 puan almıştır.

*Ulaşılan zaman süresi (yakındaki en az 5.000 nüfuslu kentten):* Kovada Gölü Milli Parkına en yakın 5.000 nüfuslu kent Eğirdir ve Sütçüler ilçeleridir. Taşıt ile Eğirdir'den ulaşım 25 dakika, Sütçüler'den 28 dakika sürmektedir. Böylece alan bu kriterden 4 puan almaktadır.

*Ulaşım (taksi ve özel oto dışında):* Özel taşıtlar dışında Eğirdir'de bulunan otopark içerisinde belirli saatlerde ilçelere hareket eden minibüsler bulunmaktadır. Dolayısıyla alan bu kriterden 3 puan almaktadır.

*Ulaşımında diğer kolaylıklar:* Kovada Gölü Milli Parkına ulaşımında ilçe minibüsleri ve özel taşıtlar dışında herhangi bir alternatif ulaşım rastlanılmamıştır. Alan bu kriter kapsamında puanlandırılmamıştır.

### 3.4. Rekreatif kolaylıklar

*Piknik tesisleri:* Kovada Gölü Milli Parkı içerisinde yer alan piknik tesisleri arazinin yapısından dolayı hem sayı olarak az hem de kullanışlı değildir. Çoğu piknik masası sabitlenmemiş ve eğimli alanda yer almaktadır. Ocaklar ise korumasız ve kullanışsızdır (Şekil 6.). Alan bu kriterden 1 puan almıştır.



Şekil 5. Kovada Gölü Milli Parkının diğer peyzaj özellikleri  
Figure 5. Other landscape features of Kovada Lake National Park



Şekil 6. Kovada Gölü Milli Parkında bulunan piknik tesisi  
Figure 6. Picnic facility in Kovada Lake National Park

*Su durumu:* Alan içerisinde yalnızca otopark girişinde ve tanıtım ofisine ait alanda temiz kullanma suyu bulunmaktadır. İçme suyu satış büfesinden temin edilmektedir. Dolayısıyla alan bu kriterden 1 puan almıştır.

*Geceleme tesisleri:* Alana ait bir geceleme ve kamp tesisi bulunmamaktadır. Bireysel imkanlarla orman içinde ve göl kenarında çadırlı kamp yapılmaktadır. Bu kriter üzerinden alan 1 puan olarak değerlendirilmektedir.

*Tuvaletler:* Alan içerisinde tanıtım ofisi ve otopark içerisinde tuvalet bulunmaktadır. Nitelik bakımından iyi olarak değerlendirilmiş ve alana bu kriter kapsamında 2 puan verilmiştir.

*Otopark:* Kovada Gölü Milli Parkının girişinde bir otopark yer almaktadır. Olası bir yoğunlukta kullanışlı olmayacağı düşünülmektedir dolayısıyla, alan bu kriterden 1 puan almıştır.

*Kır gazinosu, satış büfesi:* Alan içerisinde tanıtım ofisinin yanında bir satış büfesi bulunmaktadır. Büfeye ait masa ve sandalyeler bulunmakta aynı zamanda yiyecek içecek hizmeti vermektedir. Alan oldukça kullanışlı ve yeterli görülerek 2 puan ile değerlendirilmiştir.

*Bekçi ve görevliler:* Alan içerisinde 2 görevli bulunmaktadır. Otopark, tanıtım ofisi ve genel alan ile ilgilenmektedirler. Hafta sonu dahil olarak her gün alanda oldukları göz önünde bulundurularak bu kriter üzerinden 2 puan verilmiştir.

*Diğer kolaylıklar:* Alan içerisinde rekreasyon etkinliklerini destekleyecek hiçbir kolaylık ile karşılaşılmamıştır.

### 3.5. Olumsuz etkenler

*Hava kirliliği:* Alanda piknik tesisi çok az olduğu ve çok küçük bir alanda ateş yakılmasına izin verildiği için hava oldukça temizdir.

*Güvenceli olmaması:* Alanda insan hayatı için tehlike oluşturacak bir unsur gözlemlenmemiştir. Gölde boğulma durumuna karşı bir önlem alınmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla alanın güvencesinde 1 puan düşürülmüştür.

*Su kirliliği:* Alan içerisinde gölün oldukça temiz olduğu görülmüştür, yalnızca göl içerisinde otlama görülmektedir bunun dışında herhangi bir su kirliliği gözlemlenmemiştir.

*Bakımsızlık:* Alan içerisinde kullanılan ortamlar oldukça bakımlıdır. Yalnızca piknik masa ve ocakları ile oturma alanları bakımsızdır. Bakımsızlık dolayısıyla 1 puan düşürülmüştür.

*Gürültü:* Alan içerisinde araba, iş makinası, kalabalık gibi gürültü oluşturacak herhangi bir unsur bulunmadığından gürültü gözlemlenmemiştir.

*Diğer olumsuz etkenler:* Alan içerisinde olumsuz etki yaratacak başka bir unsur görülmemiştir.

Gülez yöntemine göre Kovada Gölü Milli Parkının detaylı puan tablosu aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 3).

Gülez yöntemine ait ölçütler ve puanları dikkate alınarak yapılan puanlama sonucu Çizelge 4'te gösterilmektedir. Tabloya göre alanın peyzaj değeri ile iklim değeri oldukça iyi bir puan almıştır. En düşük puanlama rekreatif kolaylıklar kriterlerinde olmuştur. Alanın toplam rekreasyon potansiyeli puanı ise (%) 70 olarak hesaplanmıştır. Aldığı puana göre Kovada Gölü Milli Parkının rekreasyon potansiyeli "Yüksek" olarak değerlendirilmiştir.



Çizelge 3. Kovada Gölü Milli Parkının Gülez yöntemine göre değerlendirilmesi

Table 3. Evaluation of Kovada Lake National Park according to the Gülez method

Formüldeki öğeler	Öğenin özellikleri	Maximum puan	Kovada Gölü Milli Parkının aldığı puan
Peyzaj değeri (P)	Alanın büyüklüğü	4 puan	4
	Bitki örtüsü	8 puan	6
	Deniz, göl, akarsular	8 puan	7
	Yüzeysel durum	5 puan	2
	Görsel kalite	4 puan	4
	Diğer özellikler	6 puan	6
İklim değeri (İ)	Sıcaklık	10 puan	7
	Yağış	8 puan	8
	Güneşlenme	5 puan	5
	Rüzgârlık	2 puan	-
Ulaşılabilirlik (U)	Bulunduğu bölgenin turistik önemi	4 puan	3
	Bulunduğu bölgede En Az 100.000 Nüfuslu Kent Olması	5 puan	3
	Ulaşılan zaman süresi (yakındaki en az 5.000 nüfuslu kentten)	4 puan	4
	Ulaşım (taksi ve özel oto dışında)	4 puan	3
	Ulaşımında diğer kolaylıklar	3 puan	-
Rekreatif kolaylıklar (RK)	Piknik tesisleri	4 puan	1
	Su durumu	3 puan	1
	Geceleme tesisleri	2 puan	1
	WC'ler	2 puan	2
	Otopark	2 puan	1
	Kır gazinosu, Satış büfesi	2 puan	2
	Bekçi ve görevliler	2 puan	2
	Diğer kolaylıklar	3 puan	-
Olumsuz etkenler (OSE)	Hava kirliliği	-3	-
	Güvenceli olmaması	-2	-1
	Su kirliliği	-1	-
	Bakımsızlık	-1	-1
	Gürültü	-1	-
Diğer olumsuz etkenler	-2	-	

Çizelge 4. Kovada Gölü Milli Parkının Gülez yöntemine göre toplam puanı

Table 4. Total score of Kovada Lake National Park according to the Gülez method

Formüldeki öğeler	Maximum Puan	Alanın Değerlendirme Puanı
Peyzaj değerli (P)	35	29
İklim değeri (İ)	25	20
Ulaşılabilirlik (U)	20	13
Rekreatif kolaylıklar (RK)	20	10
Olumsuz etkenler (OSE)	(-10 puan)	(-2)
Rekreasyon potansiyeli (RP) %	100	(%) 70

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Kovada Gölü Milli Parkı, 6.534 hektarlık bir alana sahip olup, peyzaj kriterleri bakımından oldukça zengindir. Geniş ağaçlık alanları ve göl kıyısındaki doğal güzellikler, ziyaretçilere huzurlu bir ortam sunmaktadır. Bu peyzaj unsurları, doğa ile iç içe olma ihtiyacını karşılayarak ziyaretçilerin doğaya olan bağlılığını artırabilir. Bitki örtüsü yoğun ağaçlık ve çalılıklardan oluşmakta, göl kıyısı ve panoramik görüntüleri ile dikkat çekmektedir. Alanın yüzeysel durumu az derecede engebeldir ve görsel kalite açısından da yüksek puanlar almıştır. Milli park, birçok yaban hayvanına ev sahipliği yaparak biyolojik çeşitlilik açısından zengin bir yapıya sahiptir.

İklim açısından değerlendirildiğinde, yaz aylarındaki sıcaklık ortalaması 22,2 °C olup, yağış ortalaması ise 21,7 mm'dir. Güneşlenme süresi ise yaz aylarında günde ortalama 10,5 saattir. Rüzgâr hızı ortalamaları belirlenmemiş olsa da iklim koşulları genel olarak rekreasyon faaliyetlerine uygunluk göstermektedir. Ilıman yaz iklimi ile, yürüyüş, kamp gibi açık hava etkinlikleri için ideal bir ortam

sunulmaktadır. Aynı zamanda, göl etrafındaki serin ortam yazın sıcak günlerinde ziyaretçilere rahatlatma imkânı sağlamaktadır.

Rekreatif kolaylıklar açısından parkın mevcut durumu pek tatmin edici değildir. Parka erişim süresi makul olmakla birlikte, ulaşımında yaşanan bazı sınırlamalar, ziyaretçi sayısını olumsuz etkileyebilir. Özel taşıtlar dışındaki toplu taşıma seçeneklerinin artırılması ve ulaşım sürelerinin kısaltılması, parkın daha fazla ziyaretçi çekmesini sağlayabilir. Parkın piknik alanlarının sınırlı ve kullanışsız olması, ziyaretçilerin rahat bir ortamda vakit geçirmelerini engellemektedir. Özellikle daha fazla sabit masa ve ocak gibi altyapı iyileştirmeleri, piknik faaliyetlerini daha cazip hale getirebilir. Ayrıca, su ve geceleme tesislerinin artırılması, uzun süreli ziyaretleri teşvik edebilir. Göldeki otlama ve bazı güvenlik eksiklikleri, ziyaretçi deneyimini olumsuz etkileyebilir. Gölde boğulma gibi olası tehlikelerin önlenmesi için cankurtaran önlemleri alınmalı ve su kalitesi düzenli olarak denetlenmelidir. Parkın rekreasyon potansiyeli %70 olarak belirlenmiş olsa da bu potansiyelin daha yüksek seviyelere çıkarılması mümkündür. Özellikle, peyzaj ve iklim

avantajlarının daha iyi tanıtılması ve eksik olan rekreatif tesislerin geliştirilmesi, parkın cazibesini artırabilir. Parkın biyolojik çeşitliliği korunurken, rekreasyonel faaliyetler de sürdürülebilir bir şekilde planlanmalıdır. Özellikle, ziyaretçi sayısının ve faaliyetlerin kontrollü bir şekilde yönetilmesi hem doğal kaynakların korunmasını hem de ziyaretçi deneyiminin kalitesinin artırılmasını sağlayabilir.

Gülezer yöntemine göre yapılan puanlama sonucunda, Kovada Gölü Milli Parkı'nın peyzaj ve iklim değerleri yüksek puan almış, ancak rekreatif kolaylıklar açısından düşük puan almıştır. Toplam rekreasyon potansiyeli puanı %70 olarak hesaplanmış ve bu, parkın rekreasyon potansiyelinin 'Yüksek' olarak değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Sonuç olarak, Kovada Gölü Milli Parkı, doğal güzellikleri ve iklim koşulları ile yüksek rekreasyon potansiyeline sahip olmakla birlikte, rekreatif tesislerin ve güvenlik önlemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu iyileştirmeler, parkın ziyaretçiler için daha cazip ve kullanışlı hale gelmesini sağlayacağı düşünülmektedir.

Aynı yöntemin kullanıldığı diğer çalışmalara bakıldığında ise, Altunöz vd. (2014) Hamsilos Tabiat Parkı üzerine yaptığı çalışmada, parkın rekreasyon potansiyeli %68 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada, bölgenin zengin bitki örtüsü, temiz havası ve panoramik görünümü sayesinde yüksek peyzaj değerine sahip olduğu belirtilmiştir. Ancak, Hamsilos Tabiat Parkı'nda konaklama, yiyecek-içecek hizmetleri ve sportif aktiviteler gibi rekreatif kolaylıkların yetersizliği dikkat çekmiştir.

Benzer şekilde Türker vd. (2014) Dalyan Destinasyonu üzerine yaptıkları çalışmada, bölgenin rekreasyon potansiyeli %79 olarak belirlenmiştir. Dalyan hem deniz hem göl ekosistemlerini barındıran eşsiz coğrafyası ve Akdeniz iklimi sayesinde oldukça yüksek peyzaj ve iklim değerlerine sahiptir. Bunun yanı sıra, Dalyan Destinasyonunun diğer çalışmalara kıyasla daha gelişmiş rekreatif altyapıya sahip olduğu, bu durumun rekreatif kolaylıklar puanını olumlu yönde etkilediği vurgulanmıştır.

Surat'ın (2017) Deriner Barajı ve çevresi üzerine gerçekleştirdiği çalışmada, bölgenin rekreasyon potansiyeli %63 olarak bulunmuş ve bu potansiyelin peyzaj ve iklim özelliklerinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Ancak, alanın düşük puan almasının temel nedenleri arasında ulaşılabilirlik, rekreatif olanakların yetersizliği ve olumsuz çevresel etkenler yer almaktadır.

Yılmaz vd. (2009) Kafkasör Kent Ormanı üzerine yaptığı çalışmada, alanın rekreasyon potansiyeli %66,9 olarak saptanmıştır. Çalışmada, bu yüksek değer peyzaj özellikleri ve mevcut rekreatif kolaylıklardan kaynaklandığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, bölgenin peyzaj özelliklerinin diğer çalışmalarda incelenen alanlara göre daha sınırlı olduğu ifade edilmiştir.

Çavuş ve Aker'in (2019) Turgut Özal Tabiat Parkı üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada ise alanın rekreasyon potansiyeli %70 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada, bu değer temelinde alanın doğal kaynakları ve mevcut rekreatif olanakların etkili olduğu vurgulanmıştır. Ancak, analiz edilen bölgenin ulaşılabilirlik ve rekreatif olanaklar açısından yetersiz olduğu, bu durumun toplam potansiyel değerini olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir.

Son olarak, Korkut ve Şimşek'in (2009) Tekirdağ kıyı şeridi üzerine yaptığı çalışmada, bölgenin rekreasyon potansiyeli %65 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada, peyzaj ve iklim özellikleri ile ulaşılabilirliğin oldukça iyi olduğu, ancak endüstriyel atıkların varlığı ve rekreatif kolaylıkların

eksikliğinin olumsuz etkenler olarak öne çıktığı ifade edilmiştir.

Literatürde yer alan bu çalışmalardan hareketle, rekreatif kolaylıkların genellikle ihmal edilen bir unsur olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, rekreatif olanakların geliştirilmesine yönelik stratejilerin oluşturulması önem arz etmektedir. Özellikle konaklama, yiyecek-içecek hizmetleri, sportif ve kültürel aktiviteler gibi altyapı unsurlarının iyileştirilmesi, ziyaretçi memnuniyetini artıracak ve alanın rekreasyon potansiyelini tam anlamıyla değerlendirmesine sağlayacaktır. Ayrıca, rekreatif kolaylıkların eksikliğini gidermeye yönelik projelerin planlanması ve uygulanması, benzer destinasyonlar için örnek teşkil edebilecek sürdürülebilir bir yönetim yaklaşımı sunabilir.

Literatürde yer alan diğer çalışmalarla beraber, Kovada Gölü Milli Parkı'nın rekreasyon potansiyelini belirlemeye yönelik elde edilen bulgular, yerel yönetimler, turizm sektörü ve çevre koruma kuruluşları için önem taşımaktadır. Yerel yönetimler ve belediyeler, bu verilerle parkın altyapısını ve rekreasyonel tesislerini geliştirerek bölgenin turizm potansiyelini artırabilir. Turizm sektörü, parkın yüksek rekreasyon değeri sayesinde yeni turizm faaliyetleri ve hizmetler planlayabilir. Ayrıca, çevre koruma kuruluşları ve doğa severler, parkın doğal güzelliklerini ve biyolojik çeşitliliğini koruma çabalarını bu bulgular ışığında daha etkili bir şekilde sürdürebilirler. Bu nedenle, bulguların değerlendirilmesi, bölgede sürdürülebilir rekreasyona ve çevresel korumaya önemli bir temel oluşturacağı düşünülmektedir. Çalışma sonuçları kapsamında Kovada Gölü Milli Parkı için geliştirilen öneriler ise şöyledir:

- Piknik alanları yeniden düzenlenmeli, daha fazla sabit masa, ocak ve gölgelikli alanlar eklenmelidir. Bu alanlar, ziyaretçilerin kullanımına uygun hale getirilmeli ve bakımlı tutulmalıdır.
- Parkta yürüyüş ve bisiklet yolları gibi doğa sporlarına uygun alanlar tasarlanmalıdır. Bunun yanı sıra, göl çevresinde su sporları (örneğin; kano, kürek) ve balıkçılık faaliyetlerine yönelik düzenlemeler yapılabilir.
- Parka erişim sağlayan toplu taşıma seçenekleri artırılmalı, özellikle yerel minibüs ve otobüs seferleri sıklaştırılmalıdır. Bu, özellikle araçsız gelen ziyaretçiler için önemli bir gelişme olacaktır.
- Gölde boğulma gibi risklere karşı güvenlik önlemleri artırılmalı, cankurtaran veya acil durum ekipmanları bulundurulmalıdır.
- Parkın tanıtımı artırılmalı, özellikle açık alan rekreasyonu, ekorekreasyon, doğa turizmi ve ekoturizm açısından daha geniş kitlelere ulaşılması sağlanmalıdır. Parkın biyolojik çeşitliliği ve doğal güzellikleri hakkında bilgilendirici panolar veya tanıtım merkezleri kurulabilir.
- Parkın güzelliklerinin tanıtımı için dijital platformlar, sosyal medya ve turizm portalları aktif olarak kullanılabilir. Ayrıca, bölgeye ait broşürler, tanıtım videoları ve interaktif web siteleri aracılığıyla daha fazla kitleye ulaşılabilir.
- Park içinde kurulacak yeni tesislerin çevre dostu malzemelerden yapılması ve enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerle donatılması önemlidir. Örneğin, güneş panelleriyle enerji sağlanan aydınlatma sistemleri ve su tasarrufu sağlayan arıtma sistemleri parkın ekolojik ayak izini küçültebilir.

**Kaynaklar**

- Altunöz, Ö., Tırlı, A., Arslan, Ö. E., 2014. Hamsilos Tabiat Parkı'nın rekreasyon potansiyelini belirlemeye yönelik bir araştırma. *Journal of Recreation and Tourism Research*, 1(1): 20-38.
- Ay, E., Güzel, M. O., 2021. Rekreasyonel bir faaliyet olarak bisiklet turizmi: Hatay bisiklet yolu ve çevresi üzerine bir değerlendirme. *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(10): 972-988.
- Bahadır, M., 2012. Kovada Gölü havzası ekosistemine genel bir bakış. *Electronic Turkish Studies*, 7(4): 947-963.
- Bestard, A. B., Font, A. R., 2010. Estimating the aggregate value of forest recreation in a regional context. *Journal of Forest Economics*, 16(3): 205-216.
- Birinci, S., Zaman, M., Bulut, İ., 2016. Limni Gölü Tabiat Parkının (Gümüşhane) rekreasyon potansiyeli. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(46): 285-294.
- Bratman, G. N., Hamilton, J. P., Daily, G. C., 2012. The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health. *Annals of the New York academy of sciences*, 1249(1): 118-136.
- Cheng, J. C. H., Monroe, M. C., 2012. Connection to nature: Children's affective attitude toward nature. *Environment and Behavior*, 44(1): 31-49.
- Chhetri, P., Arrowsmith, C., 2008. GIS-based modelling of recreational potential of nature-based tourist destinations. *Tourism Geographies*, 10(2): 233-257.
- Çavuş, A., Aker, P., 2021. Turgut Özal Tabiat Parkı'nın rekreasyon potansiyelinin belirlenmesi. *Turizm Akademik Dergisi*, 8(1): 193-212.
- Çetiner, H., 2019. Sağlık rekreasyonu kapsamında terapötik rekreasyon uygulamaları. *Journal of Recreation and Tourism Research*, 6(4): 405-411.
- Dudek, T., 2017. Recreational potential as an indicator of accessibility control in protected mountain forest areas. *Journal of Mountain Science*, 14(7): 1419-1427.
- Eagles, P. F., McCool, S. F., Haynes, C. D., 2002. Sustainable tourism in protected areas: Guidelines for planning and management. *Gland: IUCN*. 8: 1-191.
- Gül, S., Yılmaz, A., 2019. Samsun şehri kıyı şeridinin rekreasyon potansiyelinin Gülez'in açık hava rekreasyon potansiyelinin değerlendirilmesi yöntemi ile belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi/Turkish Journal of Geographical Sciences*, 17(2): 318-344.
- Gülez, S., 1990. Ormaniçi rekreasyon potansiyelinin saptanması için geliştirilen bir değerlendirme yöntemi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 40(2): 132-147.
- Hansmann, R., Hug, S. M. Seeland, K., 2007. Restoration and stress relief through physical activities in forests and parks. *Urban Forestry & Urban Greening*, 6(4): 213-225.
- Kervankıran, İ., Eryılmaz, A., 2014. Isparta ili milli parklarının rekreasyonel faaliyetlerde kullanımı. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (29): 81-110.
- Korkut, D. S. A., Şimşek, D. S., 2009. Kıyı şeridi rekreasyon potansiyelinin belirlenmesinde bir yöntem uygulaması: Tekirdağ merkez ilçe örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(3): 315-327.
- Maller, C., Townsend, M., Pryor, A., Brown, P., St Leger, L., 2006. Healthy nature healthy people: 'contact with nature' as an upstream health promotion intervention for populations. *Health Promotion International*, 21(1): 45-54.
- Meriç, S., Bozkurt, Ö., 2017. Van Gölü'nün rekreasyonel turizm potansiyelinin SWOT analizi ile değerlendirilmesi. *Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(1): 154-167.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2024a. Rüzgar Atlası. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ankara, <https://mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx> Erişim: 13.06.2024.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2024b. Isparta iline ait resmi istatistikler. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ankara, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISPARTA> . Erişim: 13.06.2024.
- OGM, 2024. E- Harita Uygulaması. <https://cbs.ogm.gov.tr/vatandas/> Erişim: 12.06.2024.
- Öztürk, Y., 2018. Boş zaman, rekreasyon ve turizm kavramları arasındaki ilişkinin karşılaştırmalı bir analizi. *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi*, 1(2): 31-42.
- Park, B. J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Morikawa, T., Kagawa, T., Miyazaki, Y., 2009. Physiological effects of forest recreation in a young conifer forest in Hinokage Town, Japan. *Silva Fenn*, 43(2): 291-301.
- Polat, S., Polat, S. A., 2012. Karabük Yenice Ormanları'nın rekreasyon potansiyelinin değerlendirilmesi, I. Rekreasyon Araştırmaları Kongresi, 12-15 Nisan, Antalya, 629-643.
- Pretty, J., Peacock, J., Sellens, M., Griffin, M., 2005. The mental and physical health outcomes of green exercise. *International Journal of Environmental Health Research*, 15(5): 319-337.
- Surat, H., 2017. Gülez yöntemine göre Deriner Baraj Gölü ve yakın çevresi rekreasyonel potansiyelinin değerlendirilmesi ve alan kullanım önerilerinin geliştirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(3): 247-257.
- Sü Eröz, S.S., Aslan, E., 2017. Istanca Yıldız Ormanlarının rekreasyon potansiyelinin Gülez metodu ile değerlendirilmesi. *Kesit Akademi Dergisi*, (9): 83-107.
- Tarım ve Orman Bakanlığı 2024a. Kovada Gölü Milli Parkı. Tarım ve Orman Bakanlığı, 6. Bölge Müdürlüğü, Milli Parklar. <https://bolge6.tarimorman.gov.tr/Menu/17/Milli-Parklar> Erişim: 13.06.2024
- Tarım ve Orman Bakanlığı 2024b. Temel Kavramlar, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Menu/34/Temel-Kavramlar#:~:text=Milli%20Park%3A%20Bilimsel%20ve%20estetik,turizm%20alanlar%C4%B1na%20sahip%20tabiat%20par%C3%A7alar%C4%B1d%C4%B1r> Erişim: 12.06.2024.
- Termansen, M., McClean, C. J., Jensen, F. S., 2013. Modelling and mapping spatial heterogeneity in forest recreation services. *Ecological Economics*, 92: 48-57.
- Türker, G. Ö., Türker, A., Güzel, Ö., 2014. Turistik ürün çeşitlendirmesi kapsamında Dalyan destinasyonunun rekreasyon potansiyelinin değerlendirilmesi. *International Journal of Sport Culture and Science*, 2(Special Issue 2): 70-86.
- Türkiye Kültür Portalı 2024. Kovada Gölü Isparta. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Ankara, [https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/isparta/gezilecekler /kovada-golu-milli-parki](https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/isparta/gezilecekler/kovada-golu-milli-parki) Erişim: 13.06.2024.
- Völker, S., Kistemann, T., 2011. The impact of blue space on human health and well-being–Salutogenetic health effects of inland surface waters: A review. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214(6): 449-460.
- White, M., Smith, A., Humphries, K., Pahl, S., Snelling, D., Depledge, M., 2010. Blue space: The importance of water for preference, affect, and restorativeness ratings of natural and built scenes. *Journal of Environmental Psychology*, 30(4): 482-493.
- Yılmaz, H., Karavaş, B., Yüksel Erdoğan, E., 2009. Gülez yöntemine göre Kafkasör Kent ormanının rekreasyonel potansiyelinin değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10 (1):53-61.
- Yurttaş Çelik, H., 2019. Kovada Gölü Milli Parkı. *Türkiye Turizm Ansiklopedisi*. <https://turkiyeturizmansiklopedisi.com/kovada-golu-milli-parki> Erişim: 12.06.2024.

## Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama kullanarak mavi-yeşil altyapıların analizi: Isparta örneği

Elif Ela Nur Yavuz<sup>a</sup> , Seda Örucü<sup>b,\*</sup> 

**Öz:** Kentleşme sürecinin doğurduğu çevresel sorunlar, doğa ve ekosistemi koruyan kentsel planlama yaklaşımlarının gelişmesine neden olmuştur. Doğa ve ekosistem temelli planlama yaklaşımları, kentlerde geçirgen yüzeylerin oluşturulması, biyoçeşitliliği destekleyen uygulamaların artırılması açısından sürdürülebilir kentlerin oluşumuna katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda çevre dostu olarak kabul edilmiş mavi-yeşil altyapı (MYA) yaklaşımı küresel bir sorun olarak görülen iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve kentsel dirençliliğin sağlanması için uygun bir yaklaşım olarak benimsenmektedir. Yeşil altyapılar (YA), parklar, bahçeler, ormanlar, koruluklar ve diğer açık alanlar gibi farklı bileşenleri içerebilirken mavi altyapılar (MA) ise su yönetimi ve sürdürülebilirliği için planlanmıştır. Bu açıdan kentsel yaşam kalitesinin artırılması ve ekosistemlerin korunması için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanında mevcut kentsel MYA'ların uydu görüntüleri kullanılarak analizinin yapılmasının kentlerde iklim değişikliği etkilerinin azaltılması için stratejiler geliştirilmesinde olanak sağlayabileceği öngörülmektedir. Buna göre bu çalışmada Isparta kenti merkez ilçe sınırlarında yer alan MYA'lar, bir CBS yazılımı olan QGIS programı ve uzaktan algılama (UA) teknolojileri kullanılarak büyüklük, nitelik, etki alanı gibi kriterlere göre analiz edilip iklim değişikliğinin olası etkilerini azaltmadaki rolü/etkisi bağlamında değerlendirilmiştir. MYA bulunan mahalle ve çevresindeki ulaşım olanaklarına göre de analiz edilen altyapılarla nüfusun ilişkisi de kurularak sosyo-ekolojik bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Coğrafi bilgi sistemleri, İklim değişikliği, Mavi altyapı, Yeşil altyapı, Uzaktan algılama

## Analyzing green-blue infrastructures using geographical information systems and remote sensing: A case study of Isparta

**Abstract:** The environmental issues arising from urbanization have spurred the development of urban planning approaches that conserve nature and ecosystems. Nature-based planning supports the formation of sustainable cities by promoting permeable surfaces and increasing biodiversity-supporting practices within metropolitan areas. In this context, the environmentally friendly approach known as blue-green infrastructure (BGI) has been adopted as a suitable method for mitigating the effects of climate change, which is recognized globally as an environmental issue and enhances urban resilience. Green infrastructure (GI) encompasses various components such as parks, gardens, forests, woodlands, and other open spaces, while blue infrastructure (BI) is specifically designed for water management and sustainability. In terms of improving urban life quality and preserving ecosystems, analyzing existing urban BGI using satellite imagery within a Geographic Information System (GIS) framework could facilitate the development of strategies to reduce the impacts of climate change in cities. Accordingly, in this study, BGI within the central district boundaries of Isparta City has been analyzed based on criteria such as size, quality, and impact area using QGIS software and remote sensing technologies. The role/effectiveness of BGI in mitigating potential climate change effects has been evaluated within this context. Additionally, a socio-ecological assessment was conducted to analyze the relationship between population and infrastructure based on transportation options in neighborhoods with BGI.

**Keywords:** Geographic information systems, Climate change, Blue infrastructure, Green infrastructure, Remote sensing

### 1. Giriş

Çevre sorunlarına neden olan insan faaliyetleri, iklim değişikliğinin etkilerini hızlandırarak küresel bir problem haline getirmiştir. Bununla beraber iklim değişikliği, küresel bir çevre sorunu olarak değerlendirilmekte olup, insan kaynaklı faaliyetler sonucunda atmosferdeki sera gazlarının artışı ve bu artışın iklim üzerinde uzun vadeli değişiklikler oluşturması anlamına gelmektedir (Bernstein vd., 2008; Kassim vd., 2013; Wonka, 2015). Bu değişimin temelinde insan etkili faaliyetlerin olduğu ve bunların sonucunda artan sıcaklığın ise küresel ısınmaya neden olduğu

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) güncel değerlendirme raporuna göre de desteklenmiştir. Buna rağmen, Birleşmiş Milletler Kalkınma Politikası Komitesi tarafından tanımlandığı ve sınıflandığı şekilde gelişmekte olan ve gelişmişlik düzeyi zayıf olan bazı ülkeler tarafından iklim değişikliği bir çevre sorunu olarak kabul edilmemektedir (Bernstein vd., 2008; Gosseries vd., 2019).

İklim değişikliği yaşam için son derece önemli birçok soruna sebep olmaktadır. Örneğin, dünya genelinde sıcaklıkların artması, iklim ve hava olaylarının şiddetlenmesi, deniz seviyelerinin yükselmesi, buzulların erimesi ve su kaynaklarının azalması; iklim değişikliğinin sebep olduğu

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta, Türkiye

<sup>b</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta, Türkiye

\* <sup>Corresponding author</sup> (İletişim yazarı): sedaorucu@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 25.10.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 04.02.2025



**Citation** (Atıf): Yavuz, E.E.N., Örucü, S., 2025. Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama kullanarak mavi-yeşil altyapıların analizi: Isparta örneği. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 87-96. DOI: [10.18182/tjf.1573608](https://doi.org/10.18182/tjf.1573608)

önemli problemlerdir. Bu sorunlar, ekosistemleri etkilemekte ve insan sağlığı, gıda üretimi, su kaynakları, turizm ve enerji gibi birçok sektör için olumsuz sonuçlara neden olmaktadır (Demirbaş ve Aydın, 2020).

Sosyal, kültürel ya da ekonomik açıdan gelişmişlik düzeyi her ne olursa olsun iklim değişikliği dünya üzerinde farklı coğrafyalarda etkisini gösteren bir sorun haline gelmiştir. Öyle ki günümüzde hava kirliliği, ölüme neden olduğu düşünülen ani kaza ve felaketlerden daha büyük oranda insan hayatının kaybına yol açmaktadır. Sonuç olarak kentsel doku çoğalırken doğal alanlar giderek yok olmaktadır (Çetin, 2015; Çetin vd., 2018). Bu durum toplumda farklı gelir gruplarına mensup kişilerin kentsel yeşil alanlardan yararlanma konusunda eşit koşullara sahip olmasının önüne geçmektedir (Önder ve Polat, 2012). Kentsel alanların doğal ve kültürel parametrelere bağlı sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi mekân organizasyonunun da doğal ve kültürel dengeyi gözeterek şekilde yapılmasını gerektirmektedir (Gergin, 2024; Partigöç ve Dinçer, 2024). Ayrıca, kentlerde su yüzeylerinin de iklim değişikliğinden etkilenen alanların başında geldiği kabul edildiğinde, bu alanlardaki olumsuz durumların tespiti de oldukça önemlidir (El-Bouhali vd., 2024). Bununla beraber yeşil alanlar ekosistem üzerinde büyük öneme sahiptir. Günümüzde ekosistemlerin kapasitesinin üstünde yoğun kullanımın görünür bir sonucu olan iklim değişikliği, global bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır (Demirbaş ve Aydın, 2020). İnsan faaliyetlerinin çevresel ve ekolojik kriz üzerindeki etkisi, kentlerde nüfusun taşıma kapasitesini aşarak biyolojik çeşitlilik kaybına yol açmaktadır. Bu durum, kentlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için yeni yaklaşımlar geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Görmüş vd., 2021). Çevre dostu ve sürdürülebilir altyapı sistemleri olarak tanımlanabilen mavi-yeşil altyapı (MYA), söz konusu yaklaşımlar arasında son yıllarda oldukça ilgi görmektedir (Liu ve Russo, 2021; Liu vd., 2023; Parlak ve Atik, 2023).

Yeşil altyapı (YA), doğal yeşil alanları koruyarak ve insan sağlığına olumlu etkiler sağlayarak, çevre sorunlarının çözümünde etkin bir rol oynamaktadır. Mavi altyapı (MA) ise, su yönetimi ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için tasarlanmış altyapı sistemleridir (Çizelge 1). 2013 yılında Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan YA ile ilgili raporda doğal ekosistemlerin sağlıklı şekilde işleyişini destekleyen ve ekosistem hizmetlerinin sağlanması için oluşturulmuş birbirleri ile ilişki içindeki yarı doğal, doğal ve kültürel sistemler olarak tanımlanmaktadır (Kassim vd., 2013).

YA, insan eliyle oluşturulmuş yarı doğal ve kültürel kentsel yeşil alanların tümünü (okul bahçeleri, kent parkları, spor alanları, çatı bahçeleri), doğal olarak bulunan ormanlar ve sulak alanlar gibi ekosistemleri kapsamaktadır (Coşkun Hepcan, 2019; Vieira vd., 2018). Kentsel YA, kentsel alanlarda su yolları, yeşil yollar, sulak alanlar, parklar, ekolojik alanlar ve rezervler gibi yeşil ağları sağlayan bir

yaşam destek sistemi görevi de görmektedir (Liu ve Russo, 2021; Liu vd., 2023; Selim, 2021). MYA kullanımı, şehirlerdeki sürdürülebilirliğe katkıda bulunarak ve çevresel sorunları azaltarak, iklim değişikliğine dirençli olmada mühim bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, suyun sürdürülebilir kullanımını teşvik ederken, aynı zamanda şehirlerin estetiğini ve insanların yaşam kalitesini de artırır (Baylan ve Demir, 2020; Bellezoni vd., 2021; Öztaş Karlı ve Artar, 2021). İklim değişikliğinin kentlerdeki nedenleri arasında yeşil alanların yetersizliği gösterilirken MYA analizi ile iklim değişikliğine karşı kentsel dirençliliğin belirlenmesi arasında ilişki kurulabileceği düşünülmektedir. MYA ve bunların kentlerdeki ve çepelerindeki fonksiyonel alanları ve ilişkileri, kent sakinlerine geniş bir yelpazede ekosistem hizmeti sağlama potansiyeline sahiptir (Du Toit vd., 2018; Elmqvist vd., 2013; Haase vd., 2014). Sıcaklık artışları, zayıf çevresel kalite ve sınırlı sosyal katılım gibi acil sorunları ele alan MYA'ların aynı zamanda iklim değişikliğinin etkileri, açık hava rekreasyon ihtiyaçları ve sosyal aktivite alanları gibi daha geniş kentsel sürdürülebilirlik sorunlarının azaltılmasına da katkıda bulunduğu kabul edilmektedir (Arnberger vd., 2022; Kabisch vd., 2017; Raymond vd., 2017).

Teknolojik gelişmeler sayesinde doğal altyapı sistemleri olarak anılan MYA ile ilgili, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak mekânsal ölçekte değerlendirme yapmak mümkün olmaktadır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri de sağladığı avantajlar sayesinde doğal kaynakların planlama ve yönetimi konularında nitelik ve nicelik olarak değerlendirmeler yapılabilmektedir (Dervişoğlu vd., 2020). İklim değişikliğinin etkilerini ya da bir peyzajın dirençliliğini belirlemek için uydu görüntülerini kullanarak CBS tabanlı değerlendirmeler yapmak uygun bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Sörensen vd., 2021). Bu şekilde çalışma alanındaki doğal yapının korunması için uygun stratejiler geliştirmek mümkün olabilmektedir.

Çalışma alanı olarak seçilen Isparta merkez ilçesi bulunduğu coğrafya, bünyesindeki doğal peyzaj özellikleriyle Göller Bölgesi'nde yer alan önemli bir alandır. Bunun yanında çeşitli endemik türlere ev sahibi olan Isparta, biyoçeşitlilik açısından oldukça geniş bir potansiyel barındırmaktadır (Kaytanlıoğlu vd., 2023; Özçelik, 2023). Buna göre kent merkezinin sahip olduğu MYA'nın belirlenmesi iklim değişikliği ile ilgili stratejilerin geliştirilmesinde uygun bir yöntem olarak kullanılabilir. Öyle ki son yıllarda küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin belirlenmesinde su yüzeylerine ilişkin değişimlerin uzaktan algılama teknikleri ile belirlenmesine yönelik çalışmalar dikkat çekmektedir (Yiğit vd., 2022). Bunun yanında su yüzeylerini belirlemede haritalama ve mekânsal değerlendirmeler de yenilikçi yaklaşımlardır (Bijaber vd., 2024).

#### Çizelge 1. Anahtar kavramlar ve tanımları

Table 1. Key concepts and definitions

Anahtar kavram	Tanım
Yeşil altyapı	Stratejik olarak planlanmış ve yönetilen, doğal ve yarı doğal alanlardan oluşan bir sistem olup, geniş bir yelpazede ekosistem hizmetleri sunmayı amaçlamaktadır (Hansen ve Pauleit, 2014; Kassim vd., 2013).
Mavi altyapı	Akarsular, kanallar, göller, sulak alanlar gibi su elemanlarının tümü (Arslan ve Örcü, 2024; Mexia vd., 2018).

Buna göre, kentsel ve kırsal peyzaj alanlarının tümünde meydana gelecek olası değişimlerin tahmini, ekolojik ve sosyal parametrelerin birlikte değerlendirilmesi ve sürdürülebilirlik yaklaşımının uygulanması bağlamında altyapı sistemlerinin oldukça değerli bir bakış açısı sunduğunu söylemek mümkündür. Bu bağlamda kentsel alanlarda MYA'nın önemine dikkat çekilerek bu alanların mevcut varlığının belirlenmesi ve yeterlilikleri üzerine yapılan çalışmaların iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaktaki rolüne vurgu yapılmaktadır. Bu çalışmada CBS yazılımlarından QGIS ve UA teknikleri kullanılarak kentsel YA mekânsal analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, Isparta ili kent merkezinde iklim değişikliği etkilerini belirlemek amacıyla MYA sistemleri konusunda mekânsal bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen Isparta İli Merkez İlçesi'ndeki MYA sistemleri analiz edilmiş ve bu süreçte CBS ile UA teknolojilerinden yararlanılmıştır. Araştırmada ele alınan sorular ise şu şekilde sıralanmıştır:

1) MYA sistemleri, CBS ve UA kullanılarak analiz edilebilir mi?

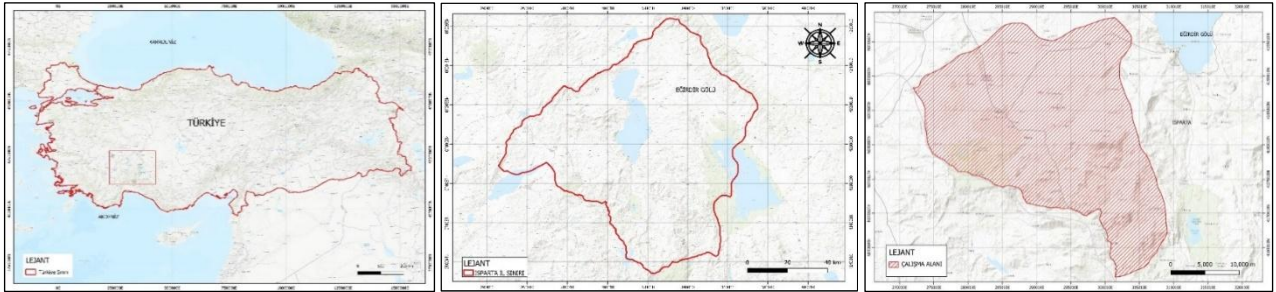
2) MYA sistemlerinin belirlenmesi yoluyla, iklim değişikliği karşısında kentlerin dirençliliği konusunda değerlendirme yapmak mümkün müdür?

## 2. Materyal ve yöntem

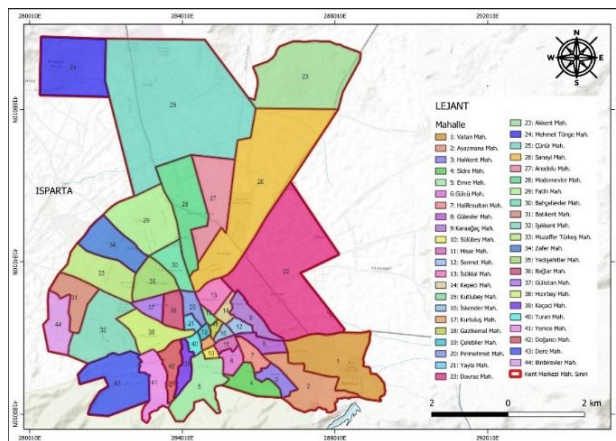
### 2.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini Türkiye'deki Göller Bölgesi'nde bulunan, 30°33' doğu boylamları ve 37°46' kuzey enlemleri arasında 8933 km<sup>2</sup>'lik bir alanda konumlanan Isparta ili Merkez İlçesi oluşturmaktadır (Şekil 1). Endemik tür çeşitliliği bakımından verimli bir potansiyele sahip olup, kent merkezi fauna ve flora açısından da oldukça önemli türleri bünyesinde barındırmaktadır. Bu bağlamda ekosistemin çeşitliliği ve sürdürülebilirliği önem arz etmektedir (Görmüş vd., 2021; Kervankıran ve Eryılmaz, 2015). Merkez ilçe sınırları içinde yer alan mahalleler Şekil 2'de gösterilmektedir.

Çalışmada kullanılan diğer materyal ise, 31.10.2017'de fırlatılan 3m mekânsal çözünürlüğe sahip PlanetScope uydu görüntüsüdür. Yüksek çözünürlüklü PlanetScope takım uydusuna ait görüntüler, bulutluluk durumu ve iklim koşulları değerlendirildiğinde 27.06.2023 tarihli görüntüler uygun olarak belirlenmiş ve 2 uydu görüntüsü indirilmiştir (<https://www.planet.com/>). Open Street Map (OSM) açık kaynak kodlu çalışma alanına ait harita ve veriler ise ilgili projenin web sitesinden elde edilmiştir (<https://www.openstreetmap.org/#map=13/37.79229/30.50148>).



Şekil 1. Çalışma alanı  
Figure 1. Study area



Şekil 2. Mahalle sınırları  
Figure 2. Neighborhood units

OSM projesi dünya üzerindeki çok sayıda ülkede gönüllü katılım yoluyla oluşturulan ve pek çok şehrin özgün haritasını barındıran bir sistemdir. Bunun yanı sıra vektörel formatta Copernicus Land Monitoring Service (Kopernik Arazi İzleme Hizmeti) web sayfasından elde edilen 2018 tarihli CORINE arazi örtüsü vektör verisi indirilmiştir (<https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>). CORINE arazi örtüsü verisi güncel arazi kullanımını belirlemek amacıyla kullanılmıştır (Güven vd., 2024). Bunun yanında bakı, eğim ve yükseklik analizlerinin yapılması amacıyla 12,5x12,5 metre çözünürlüğe sahip ALOS-PALSAR uydusundan elde edilen sayısal yükseklik modeli (Digital Elevation Model-DEM) ve raster olarak temin edilen topoğrafik altlıklar kullanılmıştır (<https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/>). Çalışma alanına ait mevcut açık ve yeşil alanları gösteren harita ve veriler Isparta Belediyesinden doğrudan temin edilmiştir (Azami vd., 2017; MTA, 2024) (Çizelge 2).

## 2.2. Yöntem

Bu çalışmada dört aşamalı bir yöntem uygulanmıştır. Birinci aşama çalışma alanının fiziksel özelliklerini tanımlamak için topoğrafik haritalar üretilmesidir. Bununla beraber uydu görüntülerinin indirilmesi, geometrik ve radyometrik olmak üzere gerekli düzeltme işlemlerinin gerçekleştirilmesi ve MYA'yı belirlemek için kullanılacak olan NDWI (Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi) ve NDVI (Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü Farkı İndeksi) indekslerine ait haritaların oluşturulmasıdır. İkinci aşama, uydu görüntülerinin sınıflandırılmasıdır. Üçüncü aşama, topoğrafik verilerin analizi ve MYA sistemleri ile ilişkilendirilmesi, son aşama ise NDWI ve NDVI kullanılarak bu indekslerin MYA'ları tespit etmedeki potansiyeli bağlamında irdelenmesidir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, ekosistemlerin korunması, sürdürülebilir kullanımının sağlanması ve etkin yönetimi konusunda teknolojik modellere dayanan stratejilerin oluşturulmasına katkı sağlaması hedeflenmektedir (Kılıç ve Arslan, 2022).

Buna göre, birinci aşamada mekânsal veri tabanı oluşturulmuş ve çalışma alanında yerinde gözlem ve incelemeler yapılmıştır. PlanetScope web sayfasından indirilen uydu görüntülerinin sahip olduğu bantlara göre birleştirme (mozaik) işlemi ERDAS Imagine 2020 programı kullanılarak yapılmıştır. Bu aşamada radyometrik düzeltmeler otomatik olarak yapılmıştır. Geometrik düzeltmeleri de yapılan uydu görüntüleri WGS-84-UTM-Zone-36N koordinat sistemine kaydedilmiş ve Isparta İli Merkez İlçe sınıırına göre kesilerek analiz işlemine hazır hale getirilmiştir.

## Çizelge 2. Dijital materyaller

Table 2. Digital materials

Veri adı	Tanımı	Kaynak
Uydu görüntüleri	PlanetScope uydusuna ait 27.06.2023 tarihli veriler	<a href="https://www.planet.com/">https://www.planet.com/</a>
DEM (Digital Elevation Model/Sayısal Yükseklik Modeli)	Sayısal yükseklik modeli (SYM) (m)	<a href="https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/">https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/</a>
OSM açık kaynak kodlu kent verisi	Mahalle sınır ve büyüklükleri (m <sup>2</sup> )	<a href="https://www.openstreetmap.org/">https://www.openstreetmap.org/</a>
Parklar ve yeşil yol haritası	Mevcut açık ve yeşil alanlar (m <sup>2</sup> )	Isparta Belediyesi, Park ve Bahçeler Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.
Arazi örtüsü/Arazi kullanımı	CORINE Arazi örtüsü sınıfları	<a href="https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover">https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover</a> <a href="https://corinecbs.tarimorman.gov.tr/">https://corinecbs.tarimorman.gov.tr/</a>

Ayrıca çalışma alanında arazi çalışmaları gerçekleştirilerek MYA'ya ait örneğin; parklar, ormanlık alanlar ve su yüzeylerinden noktasal koordinatlı veriler alınarak doğrulama yapılmıştır. MYA'yı UA ve CBS kullanarak belirlemek amacıyla NDVI ve NDWI üretilmesi için aşağıdaki formüllerden yararlanılmıştır. Söz konusu indeksler yeşil alanların, orman alanlarının ve su yüzeylerinin belirlenmesinde uzaktan algılama kullanan çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedir (Kadı ve Yılmaz, 2024; Tawfeeq ve Atasever, 2023). NDVI (Myneni vd., 1995) (1-2) hesaplanması için;

$$NDVI=(NIR-R)/(NIR+R) \quad (1)$$

formülü kullanılmaktadır. Bu formülde bahsedilen;

*NIR*: Yakın kızılötesi bandı

*R*: Kırmızı bandı göstermektedir.

$$NDVI=(B8-B6)/(B8+B6) \quad (2)$$

Bu analizde parlaklık filtreleri uygulanarak çıplak alanlar değerlendirme dışı bırakılmıştır ve bu aşamada bitki örtüsünün türüne bakılmaksızın tüm yeşil alanların bulunabileceği spektral aralıklarda testler yapılarak sınıflandırılma işlemi gerçekleştirilmiştir (Aram vd., 2019; Liu vd., 2023)

NDVI'dan üretilmiş ve su yüzeylerinin belirlenmesi ile analizi için kullanılan NDWI (Gao, 1996). NDWI'nin genel formülü (3-4);

$$NDWI=(Green-NIR)/(Green+NIR) \quad (3)$$

*NIR*: Yakın kızılötesi bandı

*Green*: Görünür yeşil bandı göstermektedir.

$$NDWI=(B4-B8)/(B4+B8) \quad (4)$$

NDVI, -1 ile 1 arasındaki değerler ile ifade edilir ve bu değerler çeşitli yüzey tiplerini tanımlamaktadır. Negatif değerler genellikle bulutlar, su yüzeyleri ve kar ile ilişkilidir. Sıfıra yakın değerler ise genellikle kayalar ve çıplak toprakları temsil etmektedir. NDVI fonksiyonunun çok düşük değerleri (0,1 veya daha az) kaya, kum veya kar gibi açık alanlara karşılık gelmektedir. Orta düzeydeki değerler (0,2 ile 0,3 arası) çalılık ve çayır alanlarını yansıtırken, yüksek değerler (0,6 ile 0,8 arası) ılıman ve tropik ormanları ifade etmektedir. 0,3 ile 1 arasındaki değerler bitki örtüsünü temsil eder ve yeşil rengin koyulaşması, bitki yoğunluğunun ve bitki örtüsünün klorofil seviyelerinin arttığını gösterir. Örneğin, otsu bitkiler daha düşük klorofil seviyelerine sahipken, çalılar ve ağaçlar daha yüksek klorofil seviyelerine sahiptir.

NDWI değerleri ise, -1 ile +1 aralığında hesaplanmakta olup, değer +1'e yaklaştıkça su yüzeylerinin artış gösterdiği gözlemlenmektedir (Aksoy vd., 2019; Andersson vd., 2019).

İkinci aşamada uydu görüntülerin sınıflandırılması için çeşitli bant kombinasyonları kullanılarak altyapıları niteleyecek şekilde mahalle sınırları seçilmiştir. MYA'ya göre sınıflandırılan uydu görüntüleri nitel olarak değerlendirilmesinin yanında büyüklük ve nüfusa oranla nicel değerlendirmeye de tabi tutularak iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasındaki kentin potansiyeli/dirençliliği konusunda değerlendirmeler yapılmıştır (Aksoy vd., 2019; Andersson vd., 2019).

Çalışmanın üçüncü aşamasında farklı bant kombinasyonları kullanılarak yeşil alanlar seçilmiştir (Çizelge 3). Isparta Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü'nden alınan yeşil alanlara ait veriler vektör formatta "shp" uzantılı olarak sınıflandırılarak kullanıcı nüfusunun diğer mahallere oranla daha fazla olduğu yerlerdeki yeşil alanların durumu belirlenmiştir. Altyapı sınıflarına uygun olarak uydu görüntülerindeki piksellere sınıf bilgileri atanmıştır. Çalışmada eğitim pikselleri (örnek alanlar) MYA görülen yerlerde seçilmiş ve piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır.

Son aşamada uydu görüntülerinin kontrollü sınıflandırmasıyla elde edilen ve MYA'yı gösteren raster formatındaki harita ile çalışma alanının fiziksel özelliklerini gösteren topoğrafik veriler, yükseklik, bakı ve eğim haritaları ile MYA indeksleri eşik değerlerine göre kodlanarak sınıflandırılmış ve vektör formatında kaydedilmiştir. Bu veriler çalışma alanı sınırına göre kesilerek MYA potansiyeli belirlenmiştir. Aynı zamanda mahallelere göre altyapı potansiyelleri incelenerek mevcut MYA durumu tespit edilmiştir.

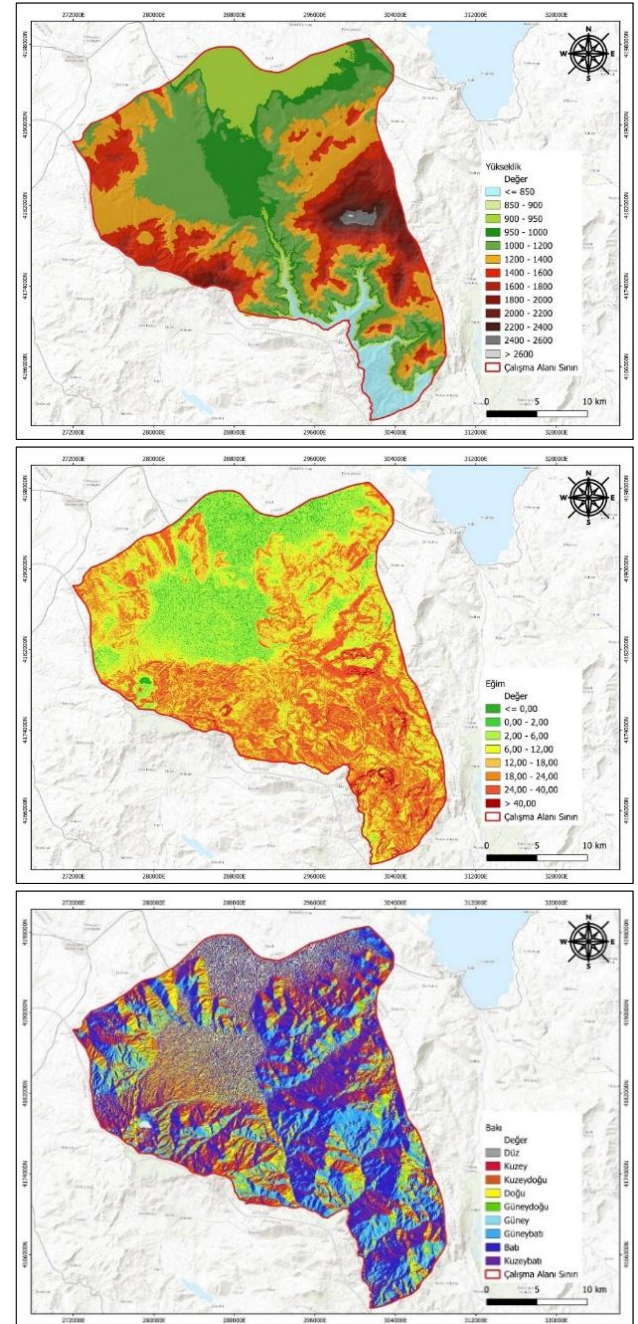
### 3. Bulgular

Çalışma alanı için oluşturulan topoğrafik haritalar arazinin fiziksel özelliklerini tanımlamak amacıyla QGIS 3.32.3 programında üretilmiştir. Çalışma alanındaki yükseklik sınıfları 13 kategoriye ayrılmış olup, yüksekliklerin 850 m ile 2600 m arasında değiştiği görülmüştür (Şekil 3a). Bu bağlamda, alanın eğimi FAO-UNESCO, (2003)'e göre 8 sınıfa ayrılarak incelenmiş ve yüzde cinsinden değerlendirildiğinde, %18 ile %40 eğim aralığındaki alanların daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Chen vd., 2014). Buna göre yerleşim alanlarının %2 ve %12 aralığındaki alanlarda büyük oranda olduğu, bunun yanı sıra %18 ve %40 aralığındaki eğimli alanlarda ise yerleşimlerin nadir olduğu görülmüştür (Şekil 3b). Çalışma alanının bakışı ise ana ve ara yönler ile düz alanlar olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3c). Bu kapsamda altyapı mekanizmalarının mekânsal çözümlemesinde kullanılmak üzere üretilmiş olan bu topoğrafik haritalar Şekil 3'te gösterilmiştir.

Daha sonra arazi örtüsünü tanımlamak amacıyla CORINE arazi örtüsü verisinden yararlanılmıştır (Şekil 4). Buna göre çalışma alanındaki arazi örtüsü MYA ve diğer alanlar olarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen bulgular, çalışma alanında yeşil altyapıların diğer altyapı türlerine kıyasla daha geniş bir alan kapladığını ortaya koymuştur. İndekslerin değerlendirilmesi sonucunda, NDVI indeksinin altyapı belirleme açısından en yüksek performansı sergilediği belirlenmiştir.

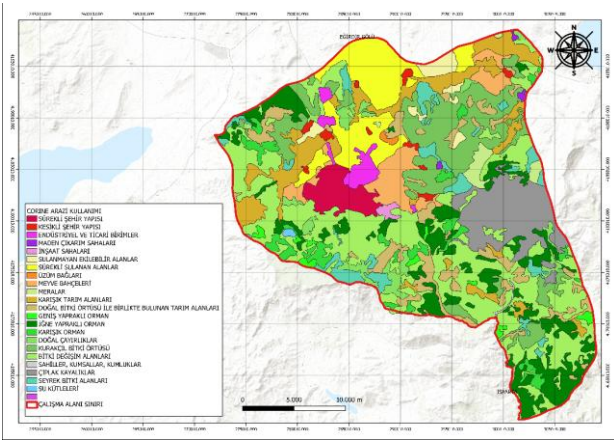
Çizelge 3. PlanetScope bantları ve karakterleri  
Table 3. PlanetScope bands and characteristics

Band no	Karakter
B1	Kıyı Mavisi/Su buharı (Coastal Blue)
B2	Mavi (Blue)
B3	Green I
B4	Yeşil (Green)
B5	Sarı (Yellow)
B6	Kırmızı (Red)
B7	Bitki örtüsü Kırmızı Kenar (Red Edge)
B8	Yakın kızılötesi (Near-infrared-NIR)



Şekil 3. Yükseklik (a), Eğim (b), Bakı (c)  
Figure 3. Elevation (a), Slope (b), Aspect (c)





Şekil 4. 2018 CORINE Arazi Örtüsü  
Figure 4. 2018 CORINE Land Cover

Buna göre, NDWI indeksi kullanılarak elde edilen veriler, MA analizi için kullanılmıştır (Şekil 5). Haritada, +1'e yaklaşan yüksek değerler genellikle mavi görünmekte ve yüksek su içeriğine veya su yüzeyine karşılık gelmektedir; -1'e kadar olan daha düşük değerler ise kuraklık koşullarının açıklayıcı işaretleri olarak; ilgi sulu olmayan bir yüzeyler olarak belirlenmiştir. Haritada su yüzeyleri koyu mavi renk ile gösterilmiştir. Gri renkli alanlar ise kabartma harita yöntemiyle vurgulanmış olup, yerleşim alanları, tarım arazileri ve ormanlık alanları kapsamaktadır.

Analiz edilen NDVI değer aralıkları ve bu aralıklara karşılık gelen değerleri, alanın yüzdesel dağılımıyla birlikte aşağıda sunulmaktadır (Chouari, 2024; Sahebjalal ve Dashtekian, 2013).

- -1 ile 0 arasında NDVI değerine sahip alanlar (% 48,96): Bu aralık, su yüzeyleri, kar, kayalar ve diğer negatif yansıtıcı yüzeylerle ilişkilendirilmiştir. Çalışma alanının yaklaşık yarısını oluşturan bu alanlar, su ve diğer negatif yüzeylerin geniş bir alan kapladığını göstermektedir.
- 0 ile 0,1 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%6,94): Çıplak topraklar, kayalar veya bitki örtüsünün olmadığı alanlar bu aralıkta yer almaktadır. Bu, çalışma alanında bitki örtüsünün az olduğu bölgeleri temsil etmektedir.
- 0,1 ile 0,2 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%11,78): Çok düşük bitki örtüsü yoğunluğunu temsil eden bu aralık, kayalık veya kumlu alanlarla ilişkilendirilmiştir.
- 0,2 ile 0,3 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%13,55): Orta düzeyde bitki örtüsüne sahip çalılık ve çayır alanları bu grupta yer almaktadır. Bu, çalışma alanındaki bitki örtüsü çeşitliliğinin orta düzeyde yoğunluk gösteren bir bölümünü ifade etmektedir.
- 0,3 ile 0,4 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%16,64): Sağlıklı otsu bitki örtüsüne sahip bölgeler bu grubu oluşturmaktadır. Bu alanlar, çalışma alanındaki bitki örtüsünün nispeten sağlıklı olduğu kısımları ifade etmektedir.
- 0,4 ile 0,6 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%2,13): Yoğun bitki örtüsüne sahip bölgeler bu aralıkta yer almaktadır. Bu değerler, özellikle tarım alanları ile ilişkilendirilebilir.
- 0,6 ile 1 arasında NDVI değerine sahip alanlar (%0,002): Çok yoğun ve verimli bitki örtüsüne sahip alanlar bu grupta yer almaktadır.

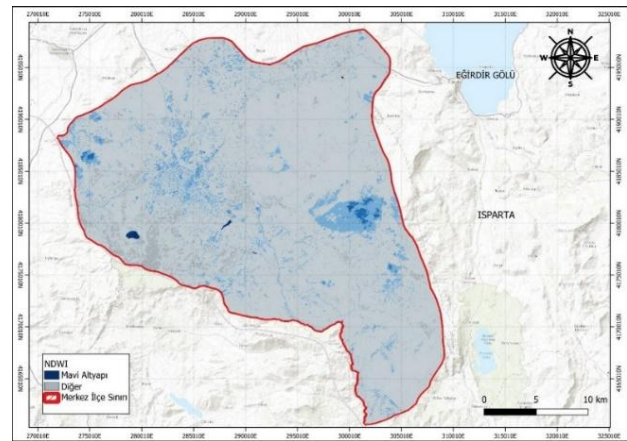
Bu değerler, yoğun ormanlık alanları ifade etmektedir. Ancak, bu aralıkta yer alan alanların çalışma bölgesinde

oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. NDVI analizine dayalı bulgular, çalışma alanında su yüzeylerinin ve negatif yansıtıcı yüzeylerin (kar, kayalık gibi) ağırlıklı bir paya sahip olduğunu, ancak belirli bölgelerde sağlıklı ve yoğun bitki örtüsünün de bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, alanın ekolojik yapısını ve bitki örtüsü yoğunluğunu değerlendirmek için önemli bir veri sağlamaktadır (Rahmi vd., 2024; Van Oijstaeijen vd., 2020).

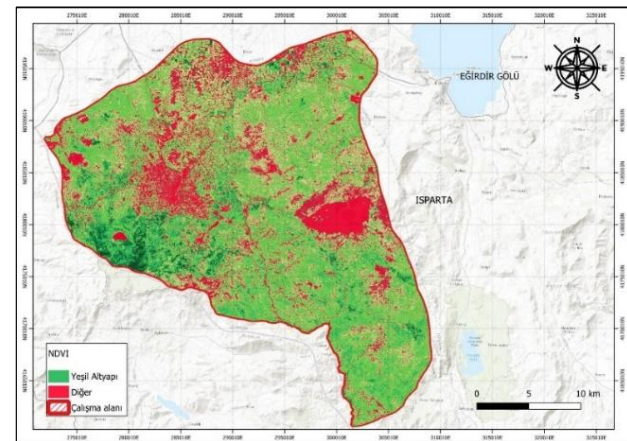
NDVI tabanlı YA analizindeki mekansal dağılıma bakıldığında, yoğun bitki örtüsüne sahip alanlar (0,4-0,6) Gölcük Gölü çevresinde gözükmektedir. Çünür, Mehmet Töngü, Akkent, Anadolu, Modernevler, Bahçelievler, Fatih, Binbirevler, Işıkent, Halıkent, Gülevler ve merkez odaktaki diğer mahalleler tarım arazisi ve çayır alanları (0,0-0,2) olarak gözükmektedir. Sidre, Dere, Ayazmana, Vatan, Davraz, Yenice, Emre, Doğancı mahalleleri ise bitki örtüsü varlığının (0,2-0,4) olduğu mahallelerdir (Şekil 6).

Isparta Belediyesi'nden elde edilen veriler doğrultusunda mahalle sınırları içindeki yeşil alanlar Şekil 7'de gösterilmiştir.

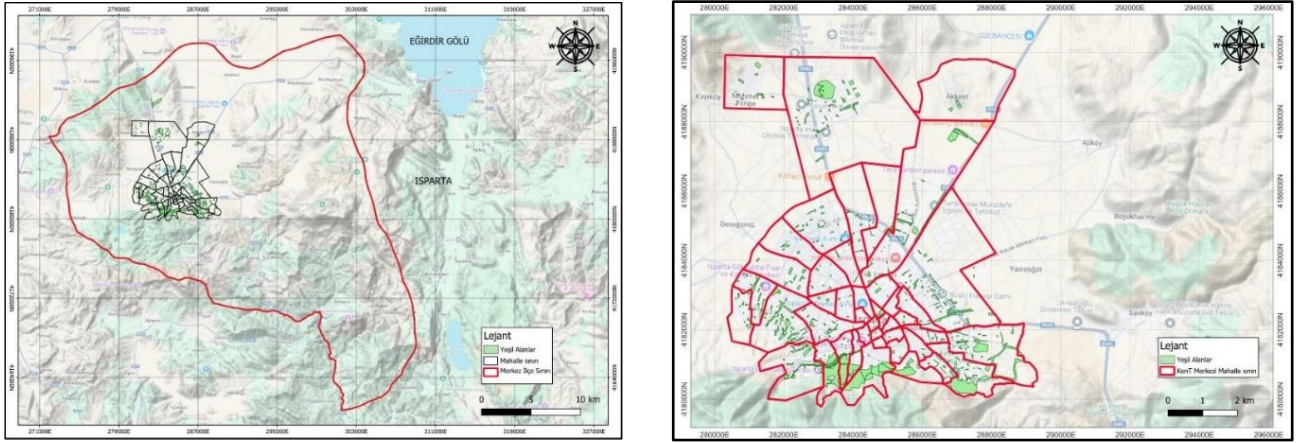
Buna göre çalışma alanında yeşil alanların büyüklükleri belirlenerek mahalle bazında kişi başına düşen yeşil alan miktarı hesaplanmıştır (Çizelge 4).



Şekil 5. Mavi altyapı analizi  
Figure 5. Blue infrastructure analysis



Şekil 6. Yeşil altyapı analizi  
Figure 6. Green infrastructure analysis



Şekil 7. Çalışma alanında yeşil alan varlığı  
Figure 7. Green spaces in study area

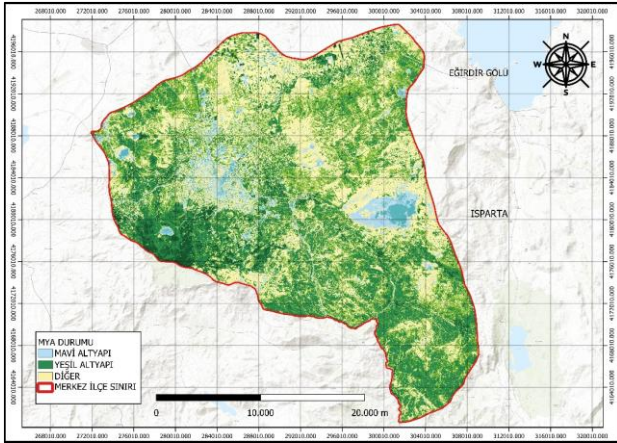
Çizelge 4. Kişi başına düşen yeşil alan miktarı (m<sup>2</sup>)

Table 4. Availability of green spaces per individual (m<sup>2</sup>)

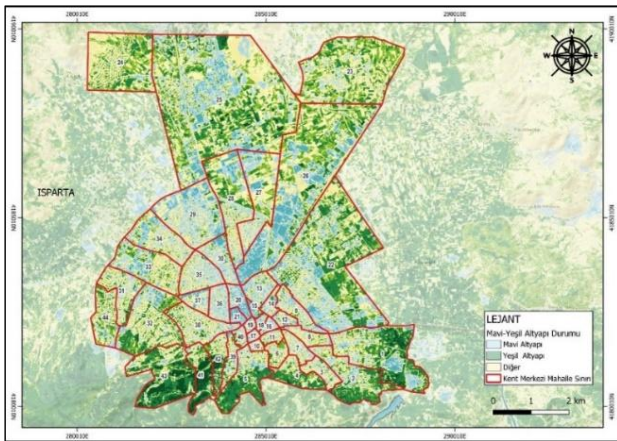
No	Mahalle adı	Yeşil alan (m <sup>2</sup> )	Nüfus (kişi sayısı)	Kişi başına düşen yeşil alan miktarı (m <sup>2</sup> )
1	Akkent	24334	2537	9,60
2	Anadolu	19580	7360	2,66
3	Ayazmana	402601	8990	44,78
4	Bağlar	5813	7356	0,79
5	Bahçelievler	15801	6987	2,26
6	Batıkent	95422	6237	15,30
7	Binbirevler	28407	2487	11,42
8	Çelebiler	708	895	0,79
9	Çünür	355172	25.452	13,96
10	Davraz	168649	23.397	7,21
11	Dere	570914	1612	354,16
12	Doğancı	713515	1914	372,79
13	Emre	461643	4975	92,79
14	Fatih	39087	15058	2,59
15	Gazikemal	558	2853	0,19
16	Gülcü	8092	2899	2,79
17	Gülevler	16462	2888	5,70
18	Gülistan	10593	4883	2,17
19	Halıkent	277100	6498	42,64
20	Halifesultan	2857	5398	0,53
21	Hızırbey	46299	11279	4,10
22	Hisar	8878	1970	4,51
23	Işıkkent	202444	8359	24,22
24	İskender	6410	1701	3,77
25	İstiklal	15121	7856	1,92
26	Karaağaç	8566	7450	1,15
27	Keçeci	677040	1330	509,05
28	Kepeci	1480	3154	0,47
29	Kurtuluş	1516	1170	1,29
30	Kutlubey	25697	462	55,62
31	Mehmet Töngce	37517	3049	12,30
32	Modernevler	38959	7875	4,95
33	Muzaffer Türkeş	42810	5176	8,27
34	Pirimehmet	2793	4896	0,57
35	Sanayi	202345	4719	42,88
36	Sermet	16468	2366	6,96
37	Sidre	194893	2260	86,23
38	Sülübey	276	1146	0,24
39	Turan	2175	1622	1,34
40	Vatan	287163	6716	42,76
41	Yayla	0,00	2207	0,00
42	Yedişehitler	9620	12438	0,77
43	Yenice	590795	1753	337,02
44	Zafer	14269	8504	1,68

Çalışma alanına ait CBS tabanlı veriler incelendiğinde imar planında park ve refüj gibi YA olarak görülen alanlarda otopark, konut alanı ve tarım alanı gibi farklı işlevlerin olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında toplam yeşil alan miktarı 3.696.408 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanının güncel nüfusu (271.396 kişi) göz önünde bulundurulduğunda kişi başına düşen yeşil alan miktarının 13,62 m<sup>2</sup> olduğu hesaplanmıştır. Bu bağlamda kişi başına düşen yeşil alan miktarı dünya kentlerine kıyasla oldukça yetersizdir.

MYA analizi sonucu Şekil 8a'da görülmektedir. Bu analize göre YA oranının MA 'a göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, doğu bakılı bölgeler ile kent merkezinin bulunduğu kuzeybatıda MA'a rastlanmıştır. Çalışma alanında MA %8 oranında YA ise %63 oranında bulunmaktadır. Diğer alanlar ise %29 oranında bulunmaktadır. Mahalle bazında incelendiğinde (Şekil 8b), Sanayi, Pirimehmet, Bahçelievler, Fatih, Zafer, Yayla, Çünür, Davraz, Vatan, Kurtuluş, İstiklal, Sermet, Karaağaç, Kepeci, Kepeci, Turan, Hızırbey ve Muzaffer Türkeş mahallelerinde YA'nın kapladığı alanın daha az olduğu görülmektedir. Bu da nüfusa oranla kent merkezinde yeterince doğal altyapının bulunmadığının bir göstergesi olarak ortaya çıkmaktadır.



Merkez İlçe MYA (a)



Merkez Mahalle MYA (b)

Şekil 8. Mavi-yeşil altyapı analizi

Figure 8. Blue-green infrastructure analysis

#### 4. Tartışma ve sonuç

CBS ve UA kullanılarak Isparta merkez ilçe sınırları kapsamında gerçekleştirilen bu çalışmada doğal altyapılar nicelik ve nitelik açısından incelenmiştir. Arazi örtüsü ve arazi yapısının altyapı kavramı çerçevesinde mekânsal olarak da analizi yapılmış ve doğal altyapıların kapladığı alanlar, bu alanların topoğrafyası gibi fiziksel özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Kentlerin sahip olduğu yeşil alanların kentliye sağladığı fiziksel faydaların yanında ruhsal faydaları da çok sayıda araştırma ile kanıtlanan bir gerçektir (Askan ve Yılmaz, 2016; Kara ve Oruç, 2020; Özer vd., 2010; Özdede vd., 2021; WHO, 2016). Bu açıdan bakıldığında kentlerde doğal altyapılarının artırıldığı oranda çevresel sorunlara karşı daha dayanıklı kentlerin oluşturulması ve buna bağlı olarak da sağlıklı çevrelerde yaşayan insan sayısının artması mümkün olacaktır. Türkiye'de kişi başına düşen açık ve yeşil alan miktarı, gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır (Maryanti vd., 2017; Koçan, 2021; Özgeriş, 2023). Bu da kentlerde açık ve yeşil alanları değerlendiren çalışmaların önemini artırmaktadır.

Çalışma alanında elde edilen dikkat çekici bulgulardan biri, Yayla Mahallesi'nde herhangi bir açık yeşil alan varlığına rastlanmamasıdır. Yayla mahallesinin nüfusunun 2.207 kişi olmasıyla birlikte mahalle büyüklüğünün 148.323 m<sup>2</sup> olduğu ve konumsal olarak da kentsel çekirdekte yer alması göz önüne alınırsa bu mahalhenin sağlıklı yaşam koşulları bakımından iyi bir durumda olmadığını söylemek mümkündür. Buna karşın Halikent, Emre ve Ayazmana mahallelerinde kişi başına düşen yeşil alan miktarının dünya standartlarına uygun şekilde 40 m<sup>2</sup>'yi geçtiği görülmektedir (Cüce ve Ortaçesme, 2020). Bu çalışmanın sonucunda, incelenen 38 mahallede kişi başına düşen yeşil alan miktarının, dünya genelindeki gelişmiş ülkelerdeki değerlerin (Örneğin; Stockholm'de 87,5 m<sup>2</sup>, Vitoria-Gasteiz'de 46,12 m<sup>2</sup>) oldukça altında kaldığı görülmektedir. Aynı zamanda bu durumun yeşil alan miktarının yeterliliği açısından uluslararası örneklerle karşılaştırıldığında önemli bir eksiklik oluşturduğu belirlenmiştir (Irmak ve Avcı, 2019; Khan, 2019; WHO, 2017). Bu kapsamda yerleşim bölgelerinde doğal altyapıların yetersiz oluşunun iklim değişikliğinin etkilerini hızlandırarak kentsel ekosistemin sürdürülebilirliğine karşı tehdit oluşturacağı düşünülmektedir.

Topoğrafya verilerine dayalı olarak yapılan değerlendirmelerde, çalışma alanında yoğun olarak tespit edilen yeşil altyapının güney ile güneybatı bölgelerinde yayıldığı ve eğimin %10'dan az olduğu kesimlerde tarım arazileri ve yerleşim alanlarının yoğunlaştığı belirlenmiştir. Ayrıca, yıllık ortalama yağış miktarının yüksek olduğu ve verimli tarım topraklarına sahip olan Çünür ve Fatih gibi kuzey kesimlerde konumlanan mahallelerin büyük oranda sulu tarım topraklarına sahip olmasına rağmen bu alanlarda da kentsel yapılaşmanın yoğun olarak bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, topoğrafya ve iklimsel verilerin dikkate alınmadan kentleşme süreçlerinin sürdürüldüğünün açık bir kanıtı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ayrıca, MA kapsamında yapılan analizler yukarıda belirtilen sulu tarım alanlarında kentleşme faaliyetlerinin yoğunluğu sebebiyle yer altı su potansiyelinin yanlış değerlendirildiğinin bir göstergesidir. Yani, MA'ların tehdit altında olduğunu göstermektedir. Oysaki MA'lar, artan sıcaklıklara ve iklim değişikliğine karşı kritik öneme sahip

yüzeyleylerdir. Bu alanların baskı altında olması ekosistemler için ciddi sorunlar yaratmaktadır (Baylan ve Demir, 2020).

Sonuç olarak; kentlerin planlanması yönetimi ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında ilgili paydaşlara ve konu ile ilgili çalışma yapmak isteyen araştırmacılara bu çalışmada kullanılan yöntem ve tekniklerin yol göstermesi ve yöntem açısından uygulanabilir bir örnek olması beklenmektedir.

#### Açıklama

“2209-A- Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı” kapsamında yazarlar TÜBİTAK’a teşekkürlerini sunarlar.

#### Kaynaklar

- Aksoy, T., Serhat, S., Çabuk, A., 2019. Sulak alanların yönetimi kapsamında su indeksinin uzaktan algılama ile tespiti, *Göller Yöresi. GSI Journals Serie B: Advancements in Business and Economics*, 2(1): 35-48.
- Andersson, E., Langemeyer, J., Borgström, S., McPhearson, T., Haase, D., Kronenberg, J., Röscher, L., 2019. Enabling green and blue infrastructure to improve contributions to human well-being and equity in urban systems. *Bioscience*, 69(7): 566-574.
- Aram, F., García, E. H., Solgi, E., Mansournia, S., 2019. Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon*, 5(4): 8-19.
- Arnberger, A., Macháč, J., Brabec, J., 2022. Exploring public preferences and preference heterogeneity for green and blue infrastructure in urban green spaces. *Urban Forestry, Urban Greening*, 75: 127-695.
- Arslan, E.S., Örüçü, Ö.K., 2024. Spatial analysis of infrastructure types in Kızıldağ National Park using remote sensing and GIS. 1st International Conference of Environmental Remote Sensing and GIS, 11-12 July 2024, Zagreb, Croatia, pp. 71.
- Askan, G., Yılmaz, H., 2016. Erzincan kenti açık-yeşil alanlarında kullanılan bitkisel materyalin belirlenmesi. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 91: 57-74.
- Azami, M., Gündoğan, R., Yakupoğlu, T., 2017. Farklı kaynaklardan üretilmiş sayısal yükseklik modelleri kullanılarak oyuntu erozyonunun bazı topoğrafik karakteristiklerinin belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 51: 9-21.
- Baylan, E., Demir, A., 2020. Yeşil altyapı sisteminde sulak alanlar; dönemeç deltası: Van Örneği. *Peyzaj*, 2(1), 46-56.
- Bellezoni, R. A., Meng, F., He, P., Seto, K. C., 2021. Understanding and conceptualizing how urban green and blue infrastructure affects the food, water, and energy nexus: A synthesis of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 289: 125825.
- Bernstein, L., Bosch, P., Canziani, O., Chen, Z., Christ, R., Riahi, K., 2008. IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Geneva: IPCC. ISBN 2-9169-122-4.
- Bijaber, N., Rochdi, A., Yessif, M., El Yacoubi, H., 2024. Mapping the structural vulnerability to drought in Morocco. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 92: 264-280.
- Chen, X., Hu, T., Ren, F., Chen, D., Li, L., Gao, N., 2014. Landscape analysis of geographical names in Hubei province, China. *Entropy*, 16(12): 6313-6337.
- Chouari, W., 2024. Assessment of vegetation cover changes and the contributing factors in the Al-Ahsa Oasis using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Regional Sustainability*, 5(1): 100111.
- Coşkun Hepcan, Ç., 2019. Kentlerde iklim değişikliği ile mücadele için yeşil altyapı çözümleri. *İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi, İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (İklimIN)*, Ankara.
- Cüce, B., Ortaçşme, V., 2020. Kentsel yeşil alanlara erişilebilirlik. *Peyzaj*, 2(2): 65-77.
- Çetin, M., 2015. Determining the bioclimatic comfort in Kastamonu city. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187: 1-10.

- Çetin, M., Sevik, H., Yigit, N., 2018. Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190: 1-9.
- Demirbaş, M., Aydın, R., 2020. 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4): 163-179.
- Dervişoğlu, A., Bilgiliöglü, B. B., Yağmur, N., 2020. Comparison of pixel-based and object-based classification methods in determination of wetland coastline. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 7(2): 213-220.
- Du Toit, M. J., Cilliers, S. S., Dallimer, M., Goddard, M., Guenat, S., Cornelius, S. F., 2018. Urban green infrastructure and ecosystem services in Sub-Saharan Africa. *Landscape and Urban Planning*, 180: 249-261.
- El-Bouhali, A., Amyay, M., Ech-Chahdi, K. E. O., 2024. Combined impact of drought and land use changes on water resources in the Tabular Middle Atlas, Morocco. *Revista De Estudios Andaluces*, 48: 202-220.
- Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., Wilkinson, C., 2013. Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities: a global assessment. *Springer Nature*, 1: 699-755.
- FAO-UNESCO, 2003. The Digital Soil Map of the World, Version 3.6. Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=1935532>, Accessed: 22.03.2024.
- Gao, B. C., 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3): 257-266.
- Gergin, E. D., 2024. İklim değişikliğine dirençli kentler: Dünya’da ve Türkiye’de iyi yerel yönetim uygulama örnekleri. *Erzurum Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (18): 94-111.
- Gosseris, A., Kadayıfçı, R., Atalay, S., 2019. Urgenda İklim Değişikliği Davası. *Ekoloji Kolektifi*, Ankara.
- Görmüş, S., Oktay, E., Cengiz, S., 2021. Kentsel ekosistemin dayanıklılık hedefini karşılamada ekolojik planlama yaklaşımları. *Peyzaj*, 3(2): 122-134.
- Güven, O., Yıldırım, Ü., Güler, C., Kurt, M. A., 2024. Land use and land cover classes affected by the possible sea level rise in Mersin City Center (Türkiye). *Advanced GIS*, 4(1): 15-23.
- Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgström, S., Breuste, J., Elmqvist, T., 2014. A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation. *Ambio*, 43(4): 413-433.
- Hansen, R., Pauleit, S., 2014. From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. *Ambio*, 43(4): 516-529.
- Irmak, M. A., Avcı, B., 2019. Avrupa yeşil başkentlerin yeşil alan politikalarının incelenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8: 1-19.
- Kabisch, N., Van Den Bosch, M., Laforteza, R., 2017. The health benefits of nature-based solutions to urbanization challenges for children and the elderly—a systematic review. *Environmental Research*, 159: 362-373.
- Kadı, F., Yılmaz, O. S., 2024. Orman içi açıklıklara ait zamansal değişimlerin uzaktan algılama teknikleri ile Google Earth Engine platformunda tespit edilmesi: Trabzon-Düzköy İlçesi Örneği. *Geomatik*, 9(2): 141-155.
- Kara, D., Oruç, G., 2020. Birey-doğa ilişkisinin yeniden kurgulanması bağlamında ekoterapötik mekânlar: birey doğa ilişkisi ve ekoterapötik mekânlar. *Tasarım+ Kuram*, 16(31): 257-277.
- Kassim, H., Peterson, J., Bauer, M. W., Connolly, S., Dehousse, R., Hooghe, L., Thompson, A., 2013. The European Commission of the Twenty-First Century. *Oup Oxford*.

- Kaytanhoğlu, E. H. T., Negiz, M. G., Gülsoy, S., Fakir, H., 2023. Isparta Gölçük Tabiat Parkı'ndaki odunsu flora çeşitliliği ve çevresel değişkenlerle ilişkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 10(1): 23-31.
- Kervankıran, İ., Eryılmaz, A. G., 2015. Millî parkların sürdürülebilir kullanımı ve yönetim planı önerisi: Isparta İli Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 34: 173-190.
- Khan, A.M., 2019. Revisiting planning standards for open spaces in urban areas from global and national perspectives. *Journal of Bangladesh Institute of Planners*, 12(1): 1-20.
- Kılıç, E., Arslan, E.S., 2022. Uzaktan algılama teknikleri ile altyapı sistemlerinin konumsal analizi: Burdur Havzası Örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 232: 146-155.
- Koçan, N., 2021. Bayburt kenti kentsel açık yeşil alan yeterliği üzerine bir araştırma. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 33(1): 21-29.
- Liu, O.Y., Russo, A., 2021. Assessing the contribution of urban green spaces in green infrastructure strategy planning for urban ecosystem conditions and services. *Sustainable Cities and Society*, 68: 102772.
- Liu, Z., Zhou, Y., Yang, H., 2023. Urban green infrastructure affects bird biodiversity in the Coastal Megalopolis Region of Shenzhen City. *Applied Geography*, 151: 102860.
- Maryanti, M., Khadijah, H., Uzair, A. M., Ghazali, M. M. M., 2017. The urban green space provision using the standards approach: issues and challenges of its implementation in Malaysia. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 210: 369-379.
- Mexia, T., Vieira, J., Príncipe, A., Anjos, A., Silva, P., Lopes, N., Pinho, P., 2018. Ecosystem services: urban parks under a magnifying glass. *Environmental Research*, 160: 469-478.
- MTA Genel Müdürlüğü, 2024. Uzaktan algılama araştırmaları ALOS-PALSAR, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/birimler/uacbs-uydu-palsar>, Erişim:05.12.2024.
- Myneni, R.B., Hall, F.G., Sellers, P.J., Marshak, A.L., 1995. The interpretation of spectral vegetation indexes. *Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2): 481-486.
- Önder, S., Polat, A. T., 2012. Kentsel açık-yeşil alanların kent yaşamındaki yeri ve önemi. *Kentsel Peyzaj Alanlarının Oluşumu ve Bakım Esasları Semineri*, 19: 73-96.
- Özçelik, H., 2023. Isparta ilinin önemli bitki alanları ve özellikleri. *Journal of Protected Areas Research*, 2(1): 26-62.
- Özdede, S., Hazar Kalonya, D., Aygün, A., 2021. Pandemi sonrası dönemde kişi başına düşen kentsel yeşil alan ihtiyacını yeniden düşünmek. *İdealkent, Covid-19 Sonrası Kentsel Kamusal Mekânların Dönüşümü*, 12: 362-388.
- Özer, S., Aklıbaşında, M., Zengin, M., 2010. Erzurum Kenti örneğinde kullanılan kuşatma elemanlarının kent imajı üzerindeki etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2): 123-130.
- Özgeriş, M., 2023. Aktif yeşil alanların niceliksel ve niteliksel analizi: Erzurum Adnan Menderes mahallesi örneği. *Jenas Journal of Environmental and Natural Studies*, 5(1): 68-84.
- Öztaş Karlı, R. G., Artar, M., 2021. Kentsel su yönetiminde araç olarak su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(1):145-162.
- Parlak, E., Atik, M., 2023. Antalya Kenti Konyaaltı İlçesi mavi altyapı durumunun değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60(4): 689-703.
- Partigöç, N. S., Dinçer, C., 2024. The multi-disaster risk assessment: a-gis based approach for Izmir city. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 9(1): 61-76.
- Rahmi, M. A.A., Parikesit, P., Withaningsih, S., 2024. Vegetation change analysis using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Sumedang Regency. In *E3S Web of Conferences: 2<sup>nd</sup> International Colloquium on Youth, Environment and Sustainability (ICYES 2023)*, 23 February 2024, EDP Sciences, pp. 02007.
- Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., Calfapietra, C., 2017. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy*, 77: 15-24.
- Sahebjalal, E., Dashtekian, K., 2013. Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods. *African Journal of Agricultural Research*, 8(37): 4614-4622.
- Selim, S., 2021. Yeşil mutabakat çerçevesinde kentsel yeşil alanların yeşil altyapı sistemine entegrasyonu: Antalya-Konyaaltı Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(3): 636-643.
- Sörensen, J., Persson, A. S., Olsson, J. A., 2021. A data management framework for strategic urban planning using blue-green infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 299: 113658.
- Tawfeeq, A. F., Atasever, Ü. H., 2023. Wetland monitoring by remote sensing techniques: A case study of Işıklı Lake. *Advanced Remote Sensing*, 3(1): 19-26.
- Van Oijstaeijen, W., Van Passel, S., Cools, J., 2020. Urban green infrastructure: a review on valuation toolkits from an urban planning perspective. *Journal of Environmental Management*, 267: 110603.
- Vieira, J., Matos, P., Mexia, T., Silva, P., Lopes, N., Freitas, C., Pinho, P., 2018. Green spaces are not all the same for the provision of air purification and climate regulation services: The Case of Urban Parks. *Environmental Research*, 160: 306-313.
- WHO, 2016. World Health Organization, 2016. Urban green spaces and health, World Health Organization. Regional Office for Europe, Copenhagen, <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/who-345751?lang=en>, Erişim: 04.12.2024.
- WHO, 2017. World Health Organization, 2017. Urban green spaces: a brief for action. World Health Organization. Regional Office for Europe, Copenhagen, <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/who-344116>, Erişim: 04.12.2024.
- Wonka, A., 2015. The European Commission. European Union. Routledge.
- Yiğit, A. Y., Kaya, Y., Şenol, H. İ., 2022. Monitoring the change of Turkey's tourism city Antalya's Konyaaltı shoreline with multi-source satellite and meteorological data. *Applied Geomatics*, 14(2): 223-236.

## Belemedik Tabiat Parkı örneğinde korunan alanlarda biyotop haritalama

Gamze Karadaş<sup>a,\*</sup> , Nuriye Say<sup>b</sup> 

**Öz:** Korunan alanların ilan edilmesi ve yönetim planlarının hazırlanması süreçlerinde, biyotop haritaları mekânın kültürel ve doğal yapısına dair önemli veriler sağlayan bir araç niteliğindedir. Bu özelliği sayesinde sadece korunan alanlar için değil, aynı zamanda ekolojik tabanlı mekânsal planlama süreçlerinde altlık veri olarak da kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Adana ilinin Pozantı ilçesinde, Toros Dağları'nın eteklerinde konumlanan Belemedik Tabiat Parkı'nın biyotoplarının tespiti ve haritalandırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, CORINE Biyotop Projesi'nin sınıflandırma sistemi ve standart alan kayıt formunun oluşturulması için NUTS sistemi esas alınarak biyotop tiplerinin kodlaması yapılmıştır. Araştırmanın bulguları, orman biyotoplarının parkın ekolojik yapısında baskın bir rol oynadığını, çalılık ve çayırılık alanların biyolojik çeşitliliğe kayda değer katkılar sağladığını ve tatlı su ekosistemlerinin korunması gereken hassas habitatlar arasında yer aldığını göstermektedir. Oluşturulan biyotop haritası, Belemedik Tabiat Parkı'nın ekolojik ve kültürel sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlayacak planlama ve koruma stratejileri için sağlam bir temel sunmaktadır. Sonuç olarak, biyotop haritalarının bir planlama materyali olarak kullanılmasına, alanın yönetim planlarının hazırlanmasında, rekreasyon ve turizm potansiyeline sahip bölgelerin kullanım ilkelerinin belirlenmesinde aktif bir rol oynamasına yönelik öneriler sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Belemedik Tabiat Parkı, Biyotop haritalama, Korunan alan yönetimi

## Biotope mapping in protected areas in the example of Belemedik Nature Park

**Abstract:** In the processes of declaring protected areas and preparing management plans, biotope maps are a tool that provides important data on the cultural and natural structure of the area. Thanks to this feature, they are used as base data not only for protected areas but also in ecologically based spatial planning processes. This study aims to identify and map the biotopes of Belemedik Nature Park located at the foothills of the Toros Mountains in the Pozantı district of Adana province. In this context, the NUTS system was used as the basis for the coding of biotope types in order to create the classification system and standard area registration form of the CORINE Biotope Project. As a result of field observations and analyses, 13 sub-biotope types were defined in detail under 5 main biotope categories. The findings of the study show that forest biotopes play a dominant role in the ecological structure of the park, shrub and meadow areas provide significant contributions to biodiversity, and freshwater ecosystems are among the sensitive habitats that need to be protected. The created biotope map provides a solid foundation for planning and protection strategies that will contribute to the ecological and cultural sustainability goals of Belemedik Nature Park. As a result, suggestions were presented for the use of biotope maps as a planning material, for the preparation of management plans of the area, and for playing an active role in determining the principles of use of areas with recreation and tourism potential.

**Keywords:** Belemedik Nature Park, Biotope mapping, Protected area management

### 1. Giriş

Koruma-kullanma dengesi gözetilmeksizin gerçekleştirilen insan faaliyetleri, küresel iklim değişikliği, biyoçeşitlilik kaybı, çölleşme ve çevresel kirlilik gibi pek çok çevresel sorunun ortaya çıkmasına yol açmış ve bu sorunlar, insan yaşamını tehdit eden önemli boyutlara ulaşmıştır. Bu olumsuzluklara karşı, doğal ve kültürel peyzaj değerlerinin milli park, tabiat parkı, tabiatı koruma alanı, muhafaza ormanları ve sulak alanlar gibi yasal statülerle korunması, gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde aktarılmasını sağlayacak etkili bir yöntem olarak görülmektedir. Peyzajların yasal koruma altına alınması, hem ulusal hem de uluslararası düzeyde doğal, tarihi ve kültürel kaynakların korunması açısından ülkelerin sahip olduğu en güçlü araçlardan biri

olarak kabul edilmektedir. Yasal ve yönetsel düzenlemelerle insan müdahalelerine getirilen kısıtlamalar, bu alanların yalnızca doğal ve kültürel kaynakların değil, aynı zamanda biyoçeşitliliğin ve biyotopların korunmasında da kritik fonksiyonlar üstlenmesini sağlamaktadır (Binboğa, 2023; Karadaş, 2025).

Ülkemizde, doğal ve kültürel peyzaj değerlerine sahip alanların korunmasına yönelik çeşitli yasal düzenlemeler yapılmış ve bu alanlar genel olarak "korunan alanlar" olarak adlandırılmıştır. Türk hukuk sisteminde, Anayasa'nın 63. maddesi, "Devlet, tarih, kültür ve tabiat varlıklarının ve değerlerinin korunmasını sağlar, bu amaçla destekleyici ve teşvik edici tedbirleri alır..." şeklinde bir hüküm içermekte olup, doğal ve kültürel peyzaj değerlerinin korunması anayasal bir güvence olarak belirlenmiştir (Yücel, 2010).

✉ <sup>a</sup> Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana

<sup>b</sup> Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana

\* **Corresponding author** (İletişim yazarı): gakaradas@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 29.01.2025, **Accepted** (Kabul tarihi): 12.03.2025



**Citation** (Atıf): Karadaş, G., Say, N., 2025. Belemedik Tabiat Parkı örneğinde korunan alanlarda biyotop haritalama. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 97-104. DOI: [10.18182/tjf.1629378](https://doi.org/10.18182/tjf.1629378)

Ayrıca, 2783 sayılı Milli Parklar Kanunu'nun 2. maddesinde, tabiat parkları, "bitki örtüsü ve yaban hayatı özelliklerine sahip, manzara bütünlüğü içinde halkın dinlenme ve eğlenme faaliyetlerine uygun doğal alanlar" olarak tanımlanmıştır (MBS, 2023; Karadaş ve Yalçınkaya, 2023). Tarihsel bir perspektiften bakıldığında, 2025 yılı itibarıyla Türkiye'de toplam 269 tabiat parkının bulunduğu görülmektedir (DKMPGM, 2025). Bu düzenlemeler, doğal ve kültürel mirasın korunmasına yönelik devletin sorumluluğunu ve bu alanların korunmasını sağlamayı amaçlayan hukuki çerçeveyi ortaya koymaktadır. Çevre mevzuat çerçevesinde korunan alan statüsüne sahip olan tabiat parkları, hem doğal hem de kültürel peyzaj değerleri taşıyan, ekolojik ve biyolojik çeşitlilik açısından zengin, doğal sistem bütünlüğünü koruyan alanlar olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, tabiat parkları, insan faaliyetlerine uygun rekreasyonel fırsatlar sunarak, koruma esnekliği açısından diğer korunan alanlardan farklılık göstermektedir. Bu özellikleri, tabiat parklarını yalnızca ekosistem koruma açısından değil, aynı zamanda toplumun doğa ile etkileşimini destekleyen önemli alanlar olarak öne çıkarmaktadır.

Latince kökenli bir kelime olan "biyotop", canlıların yaşam alanı veya ortamı olarak tanımlanmaktadır. Terim, ilk kez 1908 yılında Alman bilim insanı Friedrich Dahl tarafından kullanılmıştır ve 1877'de Karl Möbius tarafından tanımlanan "biyosönoz" kavramının tamamlayıcısı olarak ortaya çıkmıştır. Biyotop, canlıların yaşam faaliyetlerini sürdürdüğü, etkileşimde bulunduğu, beslenme barındığı, sınırları belirlenebilen bir ortam olarak tanımlanmaktadır. Yılmaz (1986), biyotopu, canlıların karşılıklı iletişim kurabildiği ve sınırlanabilen fiziksel çevre olarak ifade ederken, Çepel (1996) biyotopu, sahip olduğu tekdüze özellikleriyle ayrılabilen bir yaşam alanı olarak tanımlamaktadır. Ayrıca, biyotoplar, çevresindeki diğer yaşam alanlarından, fiziksel ve biyolojik özellikleri nedeniyle ayrılabilen, belirli sınırları olan yaşam alanları olarak kabul edilmektedir (Yücel vd., 2012). Günümüzde, biyotoplar, doğal ve kültürel potansiyelin değerlendirilmesiyle, floristik çeşitlilik ve homojen olmayan yaşam mekânları olarak değerlendirilmektedir. Biyotop örnekleri arasında göller, tarlalar, bataklıklar, mağaralar ve adalar yer almaktadır (Fidan, 2006; Çimen, 2019).

Biyotoplar, küresel ölçekte toprak, su ve hava kirliliği, iklim değişikliği, küresel ısınma ve çölleşme gibi çeşitli tehditlerle karşı karşıyadır. Bu tehditlerle mücadelede, sürdürülebilir ekolojik planlamaların başarılı olabilmesi için koruma ve kullanım arasındaki dengenin sağlanması gerekmektedir. Bu süreçte, biyotop haritaları, çevresel analizler ve planlama kararlarının oluşturulmasında kritik bir mekânsal veri kaynağı olarak önem kazanmaktadır. Biyotop haritalama, habitat alanlarının tanımlanması ve bu alanların ekolojik özelliklerine göre sınıflandırılması sürecini içerir. Ekolojik planlamalarda, biyotop haritalarının kullanımı, koruma ile kullanım arasındaki dengeyi sağlamak ve çevresel sürdürülebilirliği güvence altına almak amacıyla temel bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Tabiat parkları, yıl boyunca yoğun rekreasyonel taleplerle karşılaşan, yerel halk, ziyaretçiler ve turistler tarafından sıkça tercih edilen korunan alanlar olup, bu alanların doğal, kültürel ve tarihi değerlerinin sürdürülebilir şekilde korunması ve planlanması, yalnızca mevcut tehditleri değil, aynı zamanda halkın sosyokültürel yapısını da göz önünde bulundurmaya gerektirmektedir. Biyotop haritaları, bu süreçte ekosistemlerin korunması ve sürdürülebilirliğinin

sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Tabiat parkları, nesli tehlike altında olan ve endemik türler için yaşam alanı sağlayarak, ekosistem çeşitliliğinin korunmasına katkıda bulunmaktadır. Biyotop haritalama, bu parkların farklı ekosistemlerini tanımlayarak, habitatların korunmasını ve ekolojik çeşitliliğin sürekliliğini sağlamada etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Tabiat parklarının biyoçeşitlilik açısından sunduğu zenginlik, biyotop haritalamanın bu alanlardaki habitat ve türlerin belirlenmesine olanak tanınmasını mümkün kılmaktadır. Etkili yönetim stratejilerinin geliştirilmesi için, parkların taşıdığı peyzaj değerlerinin ve ekosistem işleyişinin derinlemesine anlaşılması büyük önem taşımaktadır (Beket, 2018). Bu bağlamda biyotop haritalama, türlerin dağılımı hakkında yöneticilere bilgi sunarak, uygun koruma stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamakta, aynı zamanda alanın zaman içerisindeki değişimlerini izlemek ve değerlendirmek amacıyla etkili bir izleme aracı olarak kullanılmaktadır.

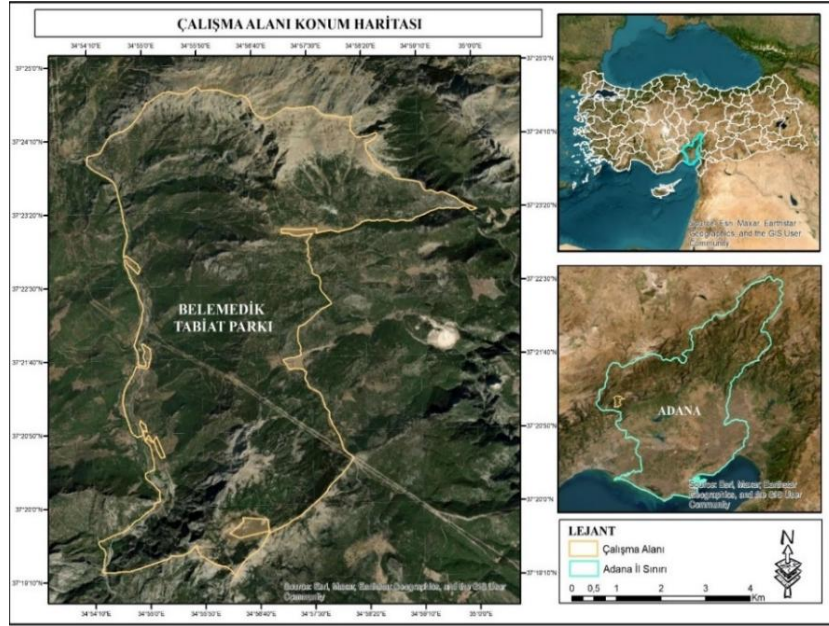
Uzun vadede tabiat parklarının korunması ve biyoçeşitliliğin izlenmesi, biyotop haritalama ile yakından ilişkilidir. Bu haritalama sonuçları, ekosistemlerin işleyişi ve türlerin dağılımı hakkında önemli veriler sunarak, kamuoyunu doğal yaşamın önemi konusunda bilinçlendirmekte ve eğitici bir araç olarak işlev görmektedir. Bu şekilde, doğal yaşamın korunmasına yönelik desteklerin artmasına katkıda bulunur. Sonuç olarak, tabiat parklarının yönetimi ve biyotop haritalaması, ekosistemlerin sağlıklı işleyişinin sürdürülmesi ve biyoçeşitliliğin korunması açısından ayrılmaz bir bütün oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu iki kavramın entegrasyonu ve birlikte değerlendirilmesi, doğal alanların korunması ve yönetilmesi için gereklidir.

Bu çalışmada, Belediyek Tabiat Parkı'nın doğal potansiyelini oluşturan biyotop tiplerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, biyotop haritalama verilerinin, Belediyek Tabiat Parkı ekosistemlerinin korunması ve yönetimi için stratejik karar alma süreçlerinde önemli bir referans kaynağı olarak kullanılabilme potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Belediyek Tabiat Parkı, Adana ili Karaisalı ve Pozantı ilçeleri sınırlarında, 37° 19' 16" - 37° 24' 42" kuzey enlemleri ile 34° 54' 08" - 35° 00' 02" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Topoğrafik analizler, parkın kuzeyde 2400 metre yüksekliğe ulaşan Akdağ ile sınırlandığını, batı ve güney sınırlarının Çakıt Suyu tarafından belirlendiğini, doğuda ise Ardıçlı Tepe ile komşu olduğunu göstermektedir. Bu coğrafi unsurlar, parkın doğal yapısını ve ekosistem çeşitliliğini şekillendiren temel faktörler arasında yer almaktadır. Belediyek Tabiat Parkı, 02 Aralık 2014 tarihinde tabiat parkı statüsü kazanmış olup, Pozantı'ya 9 km, Adana'ya ise 117 km mesafede konumlanmakta ve toplamda 4349,10 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Parkın deniz seviyesinden yüksekliği 275 metre ile 2412 metre arasında değişiklik göstermektedir. Parkın ana kaynak değerleri arasında, batı sınırını belirleyen Çakıt Suyu, kuzeyde Akdağ'a bağlı kayalık ekosistemler ve genelinde yayılım gösteren ormanlık alanlar yer almaktadır (DKMPGM, 2022). Çalışma alanının coğrafi sınırları, Şekil 1'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanının konum haritası

Figure 1. Location map of the study area

Çalışma alanının topoğrafik çeşitliliği (eğim, bakı ve yükselti), iklim ve toprak özellikleri, habitat çeşitliliğinin artmasına katkı sağlamaktadır. Bu heterojen yapı, bitki çeşitliliğini zenginleştirerek bölgenin biyolojik değerini artırmaktadır. Akdeniz Fitocoğrafik bölgesi sınırları içerisinde yer alan Belemelik Tabiat Parkı, bu konumu nedeniyle flora çeşitliliği bakımından son derece zengindir. Parkta bulunan Maki ve Kızılçam ormanı birliktelikleri, mevcut iklim ve toprak koşulları ile uyumlu olarak gelişim göstermiştir. Ayrıca, Tüylü Meşe, Maki ve Frigana birliktelikleri, ekosistemler arası etkileşimlerin ve çeşitliliğin belirgin bir göstergesidir. Saf Kızılçam Ormanı ile Karaçam ve Andız Ardıcı Ormanı, parkın biyolojik çeşitliliğini artıran önemli ekosistemlerdir. Sedir, Gökmar ve Karaçam türlerinin oluşturduğu karışık ormanlar, bölgeye özgü bitki türlerini barındıran kritik habitatlar sunmaktadır. Bu bitki çeşitliliği, ekosistem dengesinin korunması açısından büyük önem taşımakta olup, doğal güzelliklerin yanı sıra ekosistem işleyişine de katkı sağlamaktadır. Belemelik Tabiat Parkı'nda tespit edilen 287 bitki taksonu ve 11 endemik bitki türü, parkın biyoçeşitlilik açısından zenginliğini ve korunmaya değer bir alan olduğunu açıkça göstermektedir (DKMPGM, 2022). Bu bulgular, bölgenin ekolojik değeri ve biyolojik çeşitliliğinin sürdürülebilir yönetimi için önemli veriler sunmaktadır.

## 2.2. Yöntem

Bu çalışma, aşağıda belirtilen beş ana aşama çerçevesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2):

**Çalışmanın ilk aşamasında**, araştırmanın teorik altyapısı oluşturulmuş ve mevcut teorik yaklaşımların değerlendirilmesiyle çalışma çerçevesi belirlenmiş ve araştırmanın amacı ile önemi ortaya konmuştur. **İkinci aşama**, çalışma alanının çevresel, fiziki ve kültürel özelliklerinin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesine odaklanmıştır. Bu analizde, coğrafi konum, iklimsel veriler, topografik özellikler (yükseklik, eğim ve bakı gibi), bitki

örtüsü ve Meşcere tipleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. **Üçüncü aşama**, uydu görüntüleri ve görsel yorumlama analizi kullanılarak güncel CORINE arazi örtüsü sınıflarının tespiti üzerine odaklanmıştır. NUTS sistemi ve Avrupa Birliği CORINE biyotopları standart alan kayıt formu gibi kaynaklardan faydalanarak, çalışma alanındaki vejetasyon ve habitat sınıfları analiz edilmiştir. Uydu görüntülerinin kullanımı, verilerin doğruluğunu artırmış ve büyük alanların kapsamlı bir şekilde incelenmesine olanak tanımıştır. Görsel verilerin analizine dayalı olarak yapılan bu adım, biyotop haritalamanın bilimsel güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. **Dördüncü aşama**, çalışma alanında tanımlanan biyotop tiplerinin analiziyle ilgili kapsamlı bir süreci içermektedir. **Son aşamada ise**, elde edilen veriler ışığında biyotop haritasının analizi gerçekleştirilmiş ve genel sonuçlar tartışılmıştır. Bu süreç, biyotop haritalamanın alan yönetimi ve koruma uygulamalarına olan katkılarını değerlendirmeyi hedeflemiştir. Aynı zamanda, biyotop haritalamanın doğa koruma çalışmalarında nasıl bir temel oluşturabileceğine dair geleceğe dönük öneriler sunulmuştur. Bu tartışmalar, çalışmanın bilimsel ve pratik katkılarını derinlemesine ortaya koymayı amaçlamaktadır.

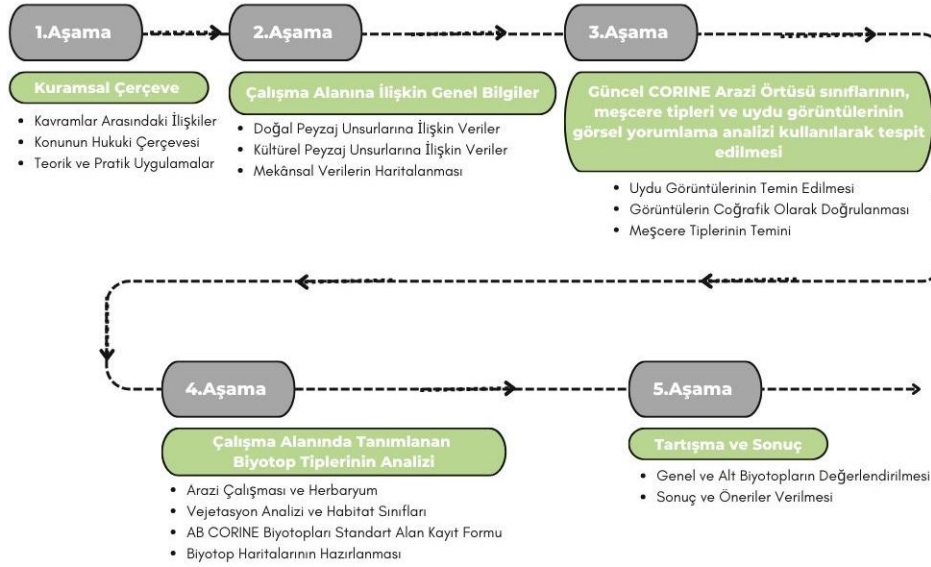
## 3. Bulgular

Çalışma alanındaki biyotop sınıflandırmasında, biyotopların özgün ekolojik ve fiziksel özellikleri temel belirleyici faktörler olarak kullanılmıştır. Bu süreçte, Google Earth Pro üzerinden elde edilen yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, görsel yorumlama analizlerinde etkin bir şekilde kullanılmış; Meşcere tipi haritaları ise altlık veri olarak değerlendirilmiştir. Bu verilerin entegrasyonu sonucunda, detaylı bir üçüncü düzey arazi örtüsü haritası hazırlanmıştır (Şekil 3). Belemelik Tabiat Parkı, kuzeyde 2412 metreye ulaşan dağlık alanlardan güneyde daha düşük rakımlı ve farklı iklim koşullarına sahip bölgelere kadar geniş bir ekolojik çeşitlilik sunmaktadır. Parkın yüksek rakımlı bölgeleri, kozalaklı ve iğne yapraklı ormanların (3.1.2)

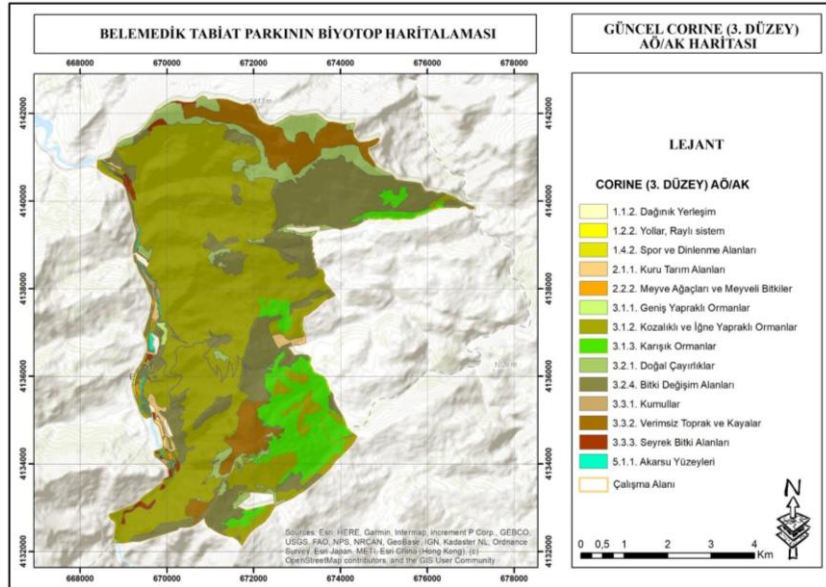


yayımlı mevcutken, güneydoğu yönünde karışık ormanlar (3.1.3) daha geniş alan kaplamaktadır. İnsan faaliyetlerinin etkili olduğu dağınık yerleşim alanları (1.1.2) ve ulaşım ağları (1.2.2), doğaya yönelik olumsuz etkilerin sınırlandırılmasını gerektirirken, doğa turizmini destekleyen spor ve dinlenme alanları (1.4.2) ziyaretçiler için cazibe merkezi oluşturmaktadır. Güney sınırındaki kuru tarım alanları (2.1.1) ve meyve bahçeleri (2.2.2), parkın biyolojik çeşitliliğine katkıda bulunurken, doğal çayırlıklar (3.2.1) ve ekolojik geçiş bölgelerindeki bitki değişim alanları (3.2.4) dinamik bir habitat yapısı sunmaktadır. Kumullar (3.3.1),

verimsiz topraklar (3.3.2) ve seyrek bitki alanları (3.3.3), zorlu koşullara uyum sağlamış türler için kritik yaşam alanlarıdır. Akarsu yüzeyleri (5.1.1) ise parkın hidrolojik yapısını destekleyerek yaban hayatı ve ekosistem sürdürülebilirliği açısından hayati öneme sahiptir. Sahada gerçekleştirilen gözlemler ve arazi çalışmaları ile biyotopların karakteristik özellikleri net bir şekilde tanımlanmış ve Avrupa Birliği'nin CORINE Biyotop Projesi'ne uygun olarak genel habitat kodları ile sınıflandırılmıştır.



Şekil 2. Çalışmanın akış şeması  
Figure 2. The flowchart of the study



Şekil 3. Çalışma alanına ait CORINE (3. Düzey) AÖ/AK haritası  
Figure 3. CORINE (Level-III) LC/LU map of the study area

Bu çalışma, AB CORINE Biyotop Projesi tarafından önerilen sınıflama ve haritalama yöntemlerinin, Türkiye'nin bölgesel ve ekolojik koşullarına uygun şekilde uyarlanmasını hedeflemiştir. CORINE sistemi, Avrupa genelinde arazi örtüsü ve kullanım verilerinin standardizasyonunu sağlayan hiyerarşik bir sınıflandırma modeli sunmakla birlikte, Türkiye gibi ekosistem çeşitliliği ve coğrafi karmaşıklığı yüksek olan ülkelerde, bu sistemin yerel koşullara uyarlanması gerekliliği doğmaktadır. Bu bağlamda, NUTS (Nomenclature of Territorial Units for Statistics) sistemi kullanılarak sınıflama süreci, Türkiye'nin idari ve bölgesel yapılarıyla entegre edilmiştir.

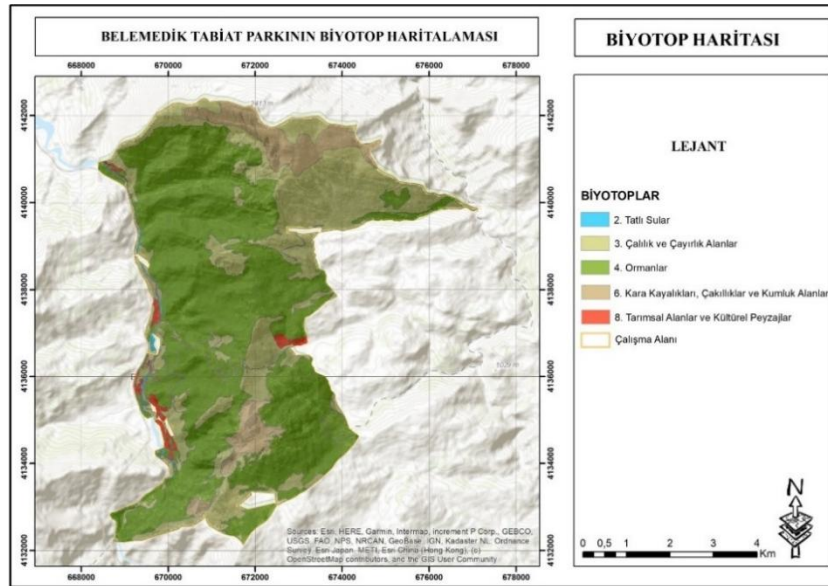
NUTS sisteminin CORINE biyotop sınıflandırmasıyla entegrasyonu, biyotopların daha hassas ve bölgesel düzeyde tanımlanmasına olanak sağlamıştır. Bu uyarlama, Türkiye'nin farklı ekolojik bölgelerindeki biyotopların yerel koşullara uygun bir biçimde analiz edilmesini mümkün kılmış ve ekosistemlerin doğru bir şekilde haritalandırılmasına önemli katkılar sağlamıştır. Aynı zamanda, bu entegrasyon biyotop tanımlama sürecinin bilimsel doğruluğunu artırmış, çevre yönetimi, ekolojik planlama ve koruma çalışmalarına yönelik güçlü bir altyapı oluşturmuştur.

Biyotop sınıflandırma sürecinde fitososyolojik (bitki sosyolojisi) yaklaşımlar esas alınmıştır. Arazi çalışmalarında biyotopların detaylı özelliklerini belirlemek amacıyla tür teşhisleri yapılmış, tanımlanamayan bitki türlerinden alınan örneklerle herbaryum materyalleri hazırlanmıştır. Çalışma

alanında tespit edilen biyotoplar, ekosistemlerin özgün özellikleri doğrultusunda belirli ana gruplara ayrılmıştır: Tatlı su ekosistemleri, çalılık ve çayırılık alanlar, orman ekosistemleri, kara kayalıkları, çakıllıklar ve kumluk alanlar, tarım arazileri ve kültürel peyzaj alanları (Şekil 4).

Çalışma alanında elde edilen biyotop haritalarına dayalı olarak oluşturulan standart alan kayıtları ile biyotopların alanları ve dağılımları hesaplanmıştır. Orman ekosistemine ait biyotoplar, 2649 ha (% 60,90) ile oransal olarak en geniş alana sahip olup, bunu sırasıyla çalılık ve çayırılık alanlar (1252 ha), kara kayalıkları, çakıllıklar ve kumluk alanlar (350 ha), tarım arazileri ve kültürel peyzajlar (79 ha) ve tatlı su ekosistemine ait biyotoplar (19 ha) izlemektedir (Çizelge 1).

Alan, orman ekosisteminin karakteristik özelliklerini taşıyan bir yapıya sahip olup, manzara çeşitliliği ve yaban hayatı açısından büyük bir zenginliğe sahiptir. Özellikle Çakıt Suyu, ekosistem dengesini sürdüren ve göçmen kuşlar için kritik bir yaşam alanı oluşturan önemli bir su kaynağıdır. Toroslar-Aladağ silsilesinde yer alan Tabiat Parkı, 670-2400 metre arasında değişen yükseltileriyle, *Pinus brutia* var. *brutia*, *Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *caramanica*, *Cedrus libani* var. *libani*, *Abies cilicica* subsp. *cilicica* ve *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* ormanlarıyla ekolojik açıdan büyük bir öneme sahiptir. Parkın yaklaşık %82'si (3569,3 ha) Hassas Koruma Bölgesi olarak tescillenmiş olup, bu alan parkın doğu, orta ve orta-güney kesimlerinde yoğunlaşmaktadır (Çizelge 2).



Şekil 4. Belemelik tabiat parkına ait biyotop haritası

Figure 4. Biotope map of Belemelik nature park

Çizelge 1. Biyotop alanların kapladıkları oran  
Table 1. The percentage of biotope areas covered

Biyotop sınıfları	Yüz ölçüm (Ha)	Oran (%)
Tatlı sular	19	0,43
Çalılık ve çayırılık alanlar	1252	28,77
Ormanlar	2649	60,90
Kara kayalıkları, çakıllıklar ve kumluk alanlar	350	8,03
Tarım arazileri ve kültürel peyzajlar	79	1,79

Çizelge 2. Belemelik tabiat parkına ait biyotopların standart alan kayıt formu

Table 2. Standard area registration form of biotopes belonging to Belemelik nature park

ALANIN KİMLİĞİ-STANDART ALAN					
Alan Kodu	TR6211200	Tarih	202411	Güncelleme Tarihi	Birleşik Alan Kodu
Bilgiyi Veren	DKMPGM, 2022. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Belemelik Tabiat Parkı Gelişme Revizyon Planı (Planlama Raporu), 47s.				
Alan Adı	Belemelik Tabiat Parkı				
Birleşik Alan	Belemelik Tabiat Parkı				
Alt Alan Kodları	TR6211201, TR6211202, TR6211203, TR6211204, TR6211205				
Korunan Alan Kodları	TR05207				
ALAN KONUMU					
Bölge Adı	Adana, Pozantı				
Köy Adı	Belemelik Köyü				
Bölge Kodu	TR621	Yüzölçümü (ha)	4349	Boylam/Enlem	34°:54':08" / 37°:19':16"
Ortalama Yükselti (m)	1344	Max Yükselti (m)	2412	Minimum Yükselti (m)	275
EKOLOJİK BİLGİLER					
Habitat Kodları	24/, 31/, 32/, 34/, 41/, 42/, 43/, 61/, 62/, 82/, 83/, 84/, 85:				
Habitat Örtülülüğü	24/000/, 31/002/, 32/006/, 34/000/, 41/000/, 42/051/, 43/009/, 61/000/, 62/007/, 82/000/, 83/000/, 84/000/, 85/000:				
Koruma Statüsü	TR05				
Gerekeçe	01/, 02/, 03/, 05/, 06/, 07/, 08/, 11/, 12/, 15/, 16/, 17/, 20:				
İnsan Faaliyetleri	01/, 02/, 04/, 05/, 07/, 10/, 13/, 16/, 18:				
TÜRLER					
Memeliler	<i>Capra aegagrus</i> /, <i>Canis lupus</i> /, <i>Canis adustus</i> /, <i>Vulpes vulpes</i> /, <i>Sus scrofa</i> /, <i>Lynx lynx</i> /, <i>Herpestes ichneumon</i> /, <i>Meles meles</i> /, <i>Hystrix linnaeus</i> :				
Kuşlar	<i>Anoura fistulata</i> /, <i>Aquila chrysaetos</i> /, <i>Aegypius monachus</i> /, <i>Buteo buteo</i> /, <i>Falco columbarius</i> /, <i>Corvus monedula</i> /, <i>Corvus corax</i> /, <i>Columba livia</i> /, <i>Falco tinnunculus</i> /, <i>Strix aluco</i> /, <i>Alectoris chukar</i> /, <i>Turdus merula</i> Linnaeus/, <i>Coturnix coturnix</i> /, <i>Streptopelia turtur</i> /, <i>Merops apiaster</i> :				
Amfibiler/Sürüngenler	<i>Dolichophis jugularis</i> /, <i>Pseudopus apodus</i> /, <i>Emys orbicularis</i> /, <i>Pelophylax ridibundus</i> /, <i>Salamandra infraimmaculata</i> :				
Bahıklar					
Omurgasızlar					
Bitkiler	<i>Abies cilicica</i> subsp. <i>cilicica</i> /, <i>Acantholimon acaerosum</i> var. <i>acerosum</i> /, <i>Acacia penninervis</i> /, <i>Acer monspessulanum</i> subsp. <i>microphyllum</i> /, <i>Alnus glutinosa</i> subsp. <i>antitaurica</i> /, <i>Allium cassium</i> /, <i>Anagallis arvensis</i> var. <i>caerulea</i> /, <i>Andrachne telephoides</i> /, <i>Asparagus officinalis</i> /, <i>Asphodeline damascena</i> subsp. <i>damescena</i> /, <i>Astragalus schizopterus</i> /, <i>Astragalus condensatus</i> /, <i>Berberis crataegina</i> DC./, <i>Carpinus betulus</i> L./, <i>Cedrus libani</i> var. <i>libani</i> /, <i>Celtis tournefortii</i> /, <i>Centaurea ptosimopappoides</i> /, <i>Cyclamen cilicium</i> var. <i>cilicium</i> /, <i>Cistus creticus</i> /, <i>Cirsium eriophorum</i> (L.) Scop./, <i>Clematis vitalba</i> /, <i>Cotoneaster integerrimus</i> /, <i>Crateagus monogyna</i> Jacq. var./, <i>Daphne sericea</i> /, <i>Dianthus zonatus</i> var. <i>zonatus</i> /, <i>Eryngium campestre</i> var. <i>virens</i> /, <i>Elaeagnus angustifolia</i> /, <i>Ephedra major</i> Host./, <i>Erica manipuliflora</i> /, <i>Rumex tuberosus</i> L./, <i>Equisetum ramosissimum</i> /, <i>Equisetum arvense</i> /, <i>Euphorbia esula</i> /, <i>Ficus carica</i> subs. <i>carica</i> /, <i>Fraxinus excelsior</i> subs. <i>excelsior</i> /, <i>Globularia trichosantha</i> subs. <i>trichosantha</i> /, <i>Hedera helix</i> L./, <i>Helianthemum canum</i> /, <i>Hippophae rhamnoides</i> subsp. <i>caucasica</i> /, <i>Juniperus excelsa</i> subsp. <i>excelsa</i> /, <i>Juglans regia</i> L./, <i>Juniperus communis</i> /, <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i> /, <i>Laurus nobilis</i> ./, <i>Malva neglecta</i> /, <i>Morus alba</i> L./, <i>Melia azedarach</i> /, <i>Myrtus communis</i> subsp. <i>communis</i> /, <i>Nerium oleander</i> /, <i>Olea europaea</i> var. <i>europaea</i> /, <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>nigra</i> var. <i>caramanica</i> ./, <i>Pinus brutia</i> var. <i>brutia</i> /, <i>Pistacia lentiscus</i> L./, <i>Papaver rhoeas</i> /, <i>Paliurus spina-christi</i> /, <i>Phytolacca pruinosa</i> /, <i>Pistacia terebinthus</i> subsp. <i>palaestina</i> /, <i>Platanus orientalis</i> /, <i>Populus alba</i> /, <i>Populus nigra</i> L./, <i>Pyrus elaeagrifolia</i> L./, <i>Prunus mahaleb</i> /, <i>Prunus dulcis</i> /, <i>Rumex tuberosus</i> L. subs. <i>tuberosus</i> /, <i>Rhus coriaria</i> L./, <i>Rubus fruticosus</i> /, <i>Rumex acetosella</i> /, <i>Salix alba</i> L./, <i>Sedum album</i> /, <i>Smilax excelsa</i> L./, <i>Styrax officinalis</i> /, <i>Salvia farinacea</i> L./, <i>Salvia officinalis</i> /, <i>Santalum album</i> /, <i>Sorghum bicolor</i> /, <i>Stachys pumila</i> /, <i>Silybum marianum</i> /, <i>Spartium junceum</i> /, <i>Sinapis arvensis</i> /, <i>Tamarix smyrnensis</i> /, <i>Tribulus terrestris</i> /, <i>Thymus vulgaris</i> L./, <i>Ulmus minor</i> /, <i>Ulmus glabra</i> /, <i>Urtica dioica</i> /, <i>Verbascum antitauricum</i> /, <i>Vitex agnus-castus</i> /, <i>Quercus coccifera</i> /, <i>Xanthium strumarium</i> subsp. <i>cavanillesii</i> /, <i>Xeranthemum inapertum</i> ./:				
ALANIN DİĞER ÖZELLİKLERİ					
Alanın Genel Karakteri	Alan, orman vejetasyonunun belirgin özelliklerini taşıyan bir ekosisteme sahiptir. Manzara çeşitliliği ve yaban hayatı açısından zengin olan bölge, hem floristik hem de faunistik bakımdan yüksek ekolojik değerler sunmaktadır. Alan içinde yer alan Çakıt Suyu, bölgenin ekosistem dengesini destekleyen önemli bir su kaynağı olarak, özellikle göçmen kuşlar için kritik bir yaşam alanı ve beslenme bölgesi sağlamaktadır. Ayrıca, bölge, doğa turizmi ve rekreasyon faaliyetleri açısından tercih edilen bir alan olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, alanda bulunan tarihi Alman kalıntıları, kültürel peyzajın korunmasına ve sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır.:				
Niteliği	Tatlı Sular/, Çalılık ve Çayırılık Alanlar/, Ormanlar/, Kara Kayalıkları, Çakıllıklar ve Kumluk Alanlar/, Tarımsal Alanlar ve Kültürel Peyzajlar:				
Hassaslığı	Toroslar-Aladağ silsilesinde yer alan Tabiat Parkı, 670-2400 m yükselti aralığındaki <i>Pinus brutia</i> var. <i>brutia</i> , <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>nigra</i> var. <i>caramanica</i> , <i>Cedrus libani</i> var. <i>libani</i> , <i>Abies cilicica</i> subsp. <i>cilicica</i> ve <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i> ormanlarıyla ekolojik açıdan büyük bir öneme sahiptir. Parkın yaklaşık %82'si (3569,3 ha) Hassas Koruma Bölgesi olarak tescillenmiş olup, bu alan parkın doğu, orta ve orta-güney kesimlerinde yoğunlaşmaktadır. Bu bağlamda, bölgenin ekolojik denge ve biyolojik çeşitliliğinin korunması amacıyla çeşitli koruma önlemleri alınması ve gerektiğinde çevresel müdahaleler yapılmalıdır.:				
Korunan Alan	02.12.2014 tarihli ve 18031414-401-1997 sayılı Bakanlık Kararı ile belirlenen sınırlar içinde, 4349 hektarlık bir alanı kapsayacak şekilde Tabiat Parkı olarak tescillenmiştir.:				
Mülkiyet	Kamu, Belediye Arazisi ve Özel Mülkiyet:				
Belgeleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bağnak, E., 2021. Belemelik Tabiat Parkı ve Çevresinin Kültürel Peyzaj Çerçevesinde Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Adana. 207 s.</li> <li>DKMPGM, 2022. Belemelik Tabiat Parkı Gelişme Revizyon Planı (Planlama Raporu), Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Teknik Rapor, No: 1-20, Adana.</li> </ul>				
Tarihi					

Belemedik Tabiat Parkı'nda gerçekleştirilen biyotop tespiti, ekosistem çeşitliliği ve alan dağılımını ortaya koyarak, her bir biyotopun özgün habitat kodlarını içermektedir. Alanın en geniş kısmını kaplayan biyotoplar arasında, iğne yapraklı ormanlar %51,13, çalılık ve fundalık alanlar ise %21,01 oranıyla öne çıkmaktadır; orman ekosistemleri ise toplamda %61,9'luk bir oranla belirgin bir paya sahiptir. Tatlı su ekosistemleri (akarsular) ise yalnızca %0,43'lük bir alana sahiptir, bu da bu ekosistemlerin korunmasının hayati önem taşıdığını göstermektedir. Diğer biyotoplar arasında, insan etkisindeki alanlar olarak kuru kayalıklı çayırlar, bozkırlar, tarla bitkileri ve kent parkları yer almakta, bunlar toplam alanın küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu dağılım, doğal alanların ve biyolojik çeşitliliğin korunmasının öncelikli hedefler arasında yer aldığını vurgulamaktadır (Çizelge 3).

#### 4. Tartışma ve sonuç

Türkiye'de peyzaj planlama süreçlerinde ekolojik yaklaşımlar giderek daha fazla benimsenmekte, ancak sistematik bir yapının tam anlamıyla oluşturulması için çalışmalar sürdürülmektedir. Bu bağlamda, biyotop haritaları, arazi kullanımı ve sürdürülebilir planlama yaklaşımlarının desteklenmesi açısından stratejik bir araç olarak öne çıkmaktadır. Avrupa Birliği'ne uyum süreci ve çevre politikalarının şekillendirilmesi açısından önem kazanan bu yöntem, ülkemizde genellikle kentsel alanlarda teorik düzeyde uygulanmıştır. Doğal biyotopların haritalanması üzerine yapılan sınırlı sayıda çalışmada Belediyeler Tabiat Parkı'nda gerçekleştirilen araştırma, bölgenin floristik çeşitliliği ve habitatlarını ortaya koyarak korunan alanların ekolojik yapısını anlamaya önemli katkılar sunmuştur. Biyotop haritalama, ekosistem hizmetlerinin sürekliliğini sağlamak ve çevresel farkındalığı artırmak için hem bilimsel hem de toplumsal düzeyde kritik bir role sahiptir; bu nedenle, tabiat parklarının korunması ve yönetimiyle biyotop haritalamanın entegrasyonu, sürdürülebilir çevre politikalarının etkin uygulanmasında kaçınılmaz bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

Biyotop haritalama sürecinde, Avrupa Birliği biyotop sınıflandırma sistemine ilişkin habitat kodlarına yönelik kaynak eksikliği ve tür popülasyonlarına dair spesifik verilere ulaşılamaması gibi zorluklar yaşanmıştır. Standart alan kayıt formları, Ortaçesme'nin (1996) ve Ersoy'un (2008) çalışmalarındaki düzenlemeler doğrultusunda güncellenerek NUTS sistemiyle uyumlu hale getirilmiştir. Türlerle ilişkin detaylı verilerin sınırlı olması nedeniyle sınıflandırma genel habitat kodlarıyla yapılmış; ancak arazi çalışmalarında tespit edilemeyen türler için alınan örneklerin herbaryumda kurutulup incelenmesi, veri doğruluğunu artırmıştır. Bu süreç, biyotop haritalamanın kapsamını genişletirken sınırlayıcı unsurların etkisini azaltmış ve daha bütüncül bir ekolojik analiz sağlamıştır.

Belemedik Tabiat Parkı'nda CORINE Biyotop Projesi'nin sınıflandırma sistemi temel alınarak yürütülen biyotop haritalama çalışması, bölgenin ekolojik yapısını detaylı bir şekilde ortaya koymuş ve doğal biyotopların korunmasına yönelik stratejik bir temel sunmuştur. Çalışma alanında tespit edilen beş ana biyotop grubu, doğal alanların %98,21'ini kapsayarak parkın ekolojik bütünlüğünü ve doğal karakterini koruduğunu göstermektedir. Orman biyotopları, %60,90 ile en geniş alanı kaplarken, çalılık ve çayırlık alanlar %28,78 oranıyla biyolojik çeşitliliği destekleyen önemli habitatlar arasında yer almaktadır. Tatlı su biyotopları ise sınırlı alan kaplamasına rağmen korunması gereken kritik habitatlar olarak ön plana çıkmaktadır. Biyotop haritalama, yalnızca ekolojik dengenin korunması ve yönetimine değil, aynı zamanda çevresel farkındalık ve sürdürülebilir planlama yaklaşımlarına doğrudan katkı sağlayan bilimsel bir araç olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, Belemedik Tabiat Parkı'nda gerçekleştirilen biyotop haritalama çalışması, ekosistemlerin korunması, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği ve ekolojik dengenin devamlılığı için stratejik bir temel sunmaktadır. Çalışma, orman ve çalılık biyotoplarının geniş alan kaplamasıyla parkın doğal karakterini vurgularken, biyotop haritalarının, habitatların restore edilmesi ve insan etkilerinin azaltılmasına yönelik planlama süreçlerinde etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Avrupa Birliği standartlarına uyumlu bir yaklaşımla elde edilen sonuçlar, yerel yönetimlerden ulusal düzeye kadar çevre politikalarının ekosistem temelli entegrasyonunu desteklemekte ve tabiat parklarının hem doğal hem de kültürel değerlerinin korunmasına yönelik sürdürülebilir yönetim stratejileri geliştirilmesi için rehberlik etmektedir.

Çizelge 3. Alanda tespit edilen genel ve alt biyotop alanların yüz ölçümleri ve kapladığı alanlar

Table 3. Surface measurements and areas covered by the general and sub-biotope areas identified in the area.

Alanda tespit edilen genel biyotoplar	Alanda tespit edilen alt biyotoplar	Hektar (ha)	Oran (%)
Tatlı sular (24)	(24) Akarsular	19	0,43
Çalılık ve çayırlık alanlar (31/, 32/, 34)	(31) Çalılık ve fundalık	914	21,01
	(32) Sert yapraklı çalılar, maki ve garig türler	301	6,92
	(34) Kuru kayalıklı çayırlar ve bozkırlar	37	0,85
Ormanlar (41/, 42/, 43)	(41) Geniş yapraklı yaprak döken ormanlar	7	0,16
	(42) İğne yapraklı ormanlar	2224	51,13
	(43) Karışık ormanlar	418	9,61
Kara kayalıkları, çakıllıklar ve kumluk alanlar (61/, 62)	(61) Çakıllıklar veya taşlık alanlar	13	0,29
	(62) Açığa çıkmış ana kayalar ve iç kesim sarp kayalıkları	337	7,74
	(82) Tarla bitkileri	38	0,87
Tarımsal alanlar ve kültürel peyzaj alanlar (82/, 83/, 84/, 85)	(83) Meyve bahçeleri, koruluk ve ağaçlandırma alanları	10	0,22
	(84) Ağaç hatları, çitler ve küçük ormanlık alanlar	23	0,52
	(85) Kent parkları ve büyük bahçeler	8	0,18
Toplam alan		4349	100,00

### Açıklama

Bu çalışma, "Belemedik Tabiat Parkı'nın Biyotop Haritalaması" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışma, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından desteklenen Proje No: FYL-2023-15830 kapsamında gerçekleştirilmiştir.

### Kaynaklar

- Baçnak, E., 2021. Belemedik Tabiat Parkı ve çevresinin kültürel peyzaj çerçevesinde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Adana.
- Beket, S., 2018. Doğa koruma alanlarının peyzaj mimarlığı açısından incelenmesi: Boraboy Gölü Tabiat Parkı örneği. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Binboğa, G., 2023. Korunan alanlarda sürdürülebilir yönetimin etkinliği ve sorunları: Spil Dağı, Dilek Yarımadası-Büyük Menderes Deltası ve Marmaris Milli Parkları örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bartın.
- Çepel, N., 1996. Çevre Koruma ve Ekoloji Terimleri Sözlüğü. Tema Yayınları No:6. İstanbul.
- Çimen, Ş., 2019. Türkiye Milli Botanik Bahçesi biyotopları üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- DKMPGM, 2025. Tabiat Parkları. <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Menu/28/Tabiat-Parklari>, Erişim: 20.01.2024.
- DKMPGM, 2022. Belemedik Tabiat Parkı Gelişme Revizyon Planı (Planlama Raporu). Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Teknik Rapor, No: 1-20, Adana.
- Ersoy, E., 2008. Uydu görüntüsü kullanımıyla Aliğa (İzmir) Kıyı Bölgesi'nde ekolojik açıdan önemli biyotopların haritalanması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Fidan, H. P., 2006. Antakya Samandağ kıyı şeridindeki önemli biyotopların haritalanması. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Karadaş, G., 2025. Belemedik Tabiat Parkının biyotop haritalaması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Karadaş, G., Yalçınkaya, N. M., 2023. Türkiye'de tabiat parklarının ilan edilmesine yönelik karar verme süreçlerinde etkin bir analitik araç önerisi: WASPAS tekniği. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 3(2): 317-347.
- Mevzuat Bilgi Sistemi (MBS), 2023. T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. <https://mevzuat.gov.tr>, Erişim: 19.05.2023.
- Ortaçşme, D., 1996. AB CORINE Biyotop Projesi'nin Türkiye'de uygulanabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yücel M., 2010. Doğa koruma. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:265, Ders Kitapları Yayın No: A-85, Adana.
- Yücel, M., Aslanboğa, İ., Korkut, A., 2012. Peyzaj Mimarlığı Terimleri Sözlüğü. TMMOB Peyzaj Mimarları Odası Yayınları, Yayın No: 2012/1, Ankara (in Turkish).
- Yılmaz, K., T., 1986. Buca yerleşme merkezinde ekoloji yönünden önemli biyotoplar üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

## Anadolu sedir ormanlarının son buzul maksimumundan günümüze fosil ve güncel polen verilerine göre gelişimi

Mustafa Doğan<sup>a,\*</sup> 

**Öz:** Akdeniz Havzası, zengin biyoçeşitliliği ve kültürel zenginliğiyle farklı ekosistemlere ev sahipliği yapmaktadır. Bu bölge, orman tarihi ve kültürel önemi açısından Akdeniz Havzası'nın simge ağaç türlerinden biri olan sedir ormanlarının yaşam alanıdır. Akdeniz Havzası'nda yayılış gösteren sedir türleri arasında, günümüzde *Cedrus libani*'nin en geniş yayılış alanı Anadolu'dur. Bu çalışma, Anadolu'daki sedir ormanlarının tarihsel gelişimini ve polen analizlerindeki temsiliyetini incelemektedir. Fosil ve güncel polen verileri kullanılarak, SBM (Son Buzul Maksimumu) döneminden günümüze kadar sedir ormanlarının coğrafi yayılımı ve zaman içindeki değişimleri araştırılmıştır. Bu amaçla Anadolu'da yapılan fosil ve güncel polen çalışmaları derlenmiş, örnek noktaları belirlenmiş, çalışmalara ait sedir yüzdeleri toplanarak grafik haline getirilmiştir. Bulgular, sedir ormanlarının Anadolu'da yerel ve parçalı bir dağılıma sahip olduğunu, tarihsel dönemler arasında önemli değişimlerin yaşandığını ortaya koymaktadır. SBM döneminde uzun süreli sedir varlığını gösteren çalışmaların azlığına ek olarak, bu dönemde iklim koşullarıyla uyumlu düşük sedir varlığı tespit edilmiştir. SBM sonrası iklim değişikliklerine bağlı olarak sedir varlığı, lokasyonlara göre değişiklik gösterse de bazı bölgelerde önemli oranlarda temsil edilmiştir. Güncel polen çalışmalarında da sedir ormanlarının yerel ve parçalı bir dağılıma sahip olduğu, fosil polen verileriyle tutarlı bir şekilde gözlemlenmiştir. Bu çalışma, Anadolu'daki sedir ormanlarının tarihsel ekolojik dinamiklerini anlamak ve bölgesel değişimlerin jeo-ekolojik etkilerini değerlendirmek amacıyla geniş bir veri seti sunmaktadır. SBM'den günümüze kadar sedir ormanlarının coğrafi yayılımının büyük ölçüde değişmediği ve parçalı bir dağılım gösterdiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** *Cedrus libani*, Sedir ormanı, Anadolu, Fosil polen, Güncel polen

## Development of Anatolian cedar forests from the last glacial maximum to the present based on fossil and modern pollen data

**Abstract:** The Mediterranean region, known for its rich biodiversity and cultural heritage, encompasses a variety of ecosystems. This region is home to the iconic cedar forests, which hold significant historical and cultural value. Among the cedar species distributed in the Mediterranean, *Cedrus libani* has its largest range in Anatolia today. This study examines the historical development of cedar forests in Anatolia and their representation in pollen analyses. Fossil and modern pollen data were used to trace the geographical distribution and changes in cedar forests from the Last Glacial Maximum (LGM) to the present. For this purpose, fossil and modern pollen studies conducted in Anatolia have been compiled, sampling locations have been identified, and cedar percentages from these studies have been collected and visualized. The findings show that cedar forests in Anatolia have a local, fragmented distribution and have experienced significant historical changes. Due to the limited number of long-term studies indicating cedar presence during the LGM, results show low cedar presence during this period, consistent with global climate conditions. After the LGM, as climate conditions shifted, cedar presence varied by location but remained significant in some areas. Modern pollen studies also show a local and fragmented distribution of cedar forests, consistent with fossil pollen data. This study provides a comprehensive dataset to understand the historical ecological dynamics of cedar forests in Anatolia and assess the geo-ecological impacts of regional changes. The results suggest that the geographical distribution of cedar forests has not significantly expanded beyond their current range between the LGM and the present, maintaining a fragmented distribution.

**Keywords:** *Cedrus libani*, Cedar forest, Anatolia, Fossil pollen, Modern pollen

### 1. Giriş

Anadolu, Akdeniz Havzası ve Orta Doğu'nun, birçok endemik, ekonomik ve simgesel bitki türüne ev sahipliği yapmaktadır (Wazen vd., 2018). Bu türler arasında, kültüre alınmamış bir ağaç türü olan sedir ağacı da bulunmaktadır (Aertsen vd., 2010; Atalay, 1987; Boydak, 2014; Eler, 1992; Mayer ve Sevim, 1959). Dünyadaki dört sedir türünden üçü (*Cedrus libani* (A. Rich.), *C. brevifolia* (Hook. f.), *C. atlantica* (Manetti)) Akdeniz Havzası'nda, diğer türü (*Cedrus*

*deodara* (Roxb.)) ise Himalayalar'ın batısında yer almaktadır (Atalay, 1987; Boydak, 2003; Dagher-Kharrat vd., 2007; Jasińska vd., 2013; Linares vd., 2011; Sattout ve Nemer, 2008; Sevim, 1952; 1995; Yadav vd., 2014; Yaltırık, 1988). Bu verilere göre, Akdeniz Havzası'ndaki sedir alanları ile Himalayalardaki sedir alanları arasında yaklaşık 3.500 km uzaklık bulunmaktadır.

Akdeniz Havzası'nın doğal florasında önemli bir yere sahip olan *Cedrus libani* (Lübnan sediri), Anadolu, Lübnan ve Suriye'de yayılış göstermektedir ve en geniş dağılımını

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Isparta, Türkiye

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): mustafaadogan02@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 22.10.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 27.01.2025



**Citation** (Atf): Doğan, M., 2025. Anadolu sedir ormanlarının son buzul maksimumundan günümüze fosil ve güncel polen verilerine göre gelişimi. Turkish Journal of Forestry, 26(1): 105-119.

DOI: [10.18182/tjf.1571559](https://doi.org/10.18182/tjf.1571559)

Anadolu'da gerçekleştirilmektedir (Atalay, 1987; Boydak, 1986, 2014; Odabaşı, 1967; Saatçioğlu, 1956; Sattout ve Nemer, 2008; Sevim, 1952; 1995). *Cedrus libani*'nin Lübnan ve Suriye'deki popülasyonları 2.200 ve 255 hektarla sınırlıdır (İbrahim vd., 2015; 2021; Sattout ve Nemer, 2008) ve IUCN (International Union for Conservation of Nature-Doğa Koruma için Uluslararası Birlik) Kırmızı Listesi'nde "düşük riskli ve tehdit altında" (LR/nt) olarak sınıflandırılmaktadır (Hilton-Taylor, 2000). Sedir ormanlarının yok olma tehlikesi Lübnan ve Suriye için geçerli iken, Anadolu'da bu tehlike düşük seviyede de olsa ilerleyen yıllarda bir risk oluşturabilir (Hajar vd., 2010a; Özcan ve Çiçek, 2023). Anadolu'daki sedir ormanları 395.304 hektar normal, 110.111 hektar boşluklu kapalı orman olup toplam 505.415 hektar alanı kaplamaktadır (OGM, 2025). Belirtilen özelliklere ek olarak Toros Dağları'ndaki yüksek sedir varlığı nedeniyle, Lübnan sediri "Toros sediri" olarak adlandırılmıştır (Atalay, 1987; Boydak, 2014; Saatçioğlu, 1956). Anadolu aynı zamanda sedir ormanlarının kuzeydeki en uç yayılış alanını temsil etmektedir (Evcimen, 1962).

Sedir ormanları, sedir ağacının hafif, yumuşak, hoş kokulu ve dayanıklı olması nedeniyle tarih boyunca başta inşaat ve gemi yapımı olmak üzere farklı şekillerde kullanılmıştır (Atalay, 1987; Evcimen, 1962; Mayer ve Sevim, 1959; Rich, 2017). Arkeolojik ve tarihsel veriler, son 8 bin yılda özellikle de son 5.000 yılda sedir ormanlarının tahrip edildiğini göstermektedir (Boydak, 2014; Hajar vd., 2010b; Hancock, 2021; Mayer ve Sevim, 1959; Özcan ve Çiçek, 2023; Sevim, 1995; Sowada, 2009; Trethewey, 2017). Mısır, Fenike, Asur ve Roma dönemlerindeki Akdeniz'de sedir ticareti yapılmış ve birçok kutsal yapının inşasında kullanılmıştır (Atalay, 1987; Hancock, 2021; Mayer ve Sevim, 1959; Özcan ve Çiçek, 2023; Rich, 2017; Sowada, 2009; Trethewey, 2017). Tunç Çağı'ndan bu yana devam eden bu yoğun kullanım, sediri ihracat malı haline getirmiş ve günümüzde de sedir ormanları doğal ve insan kaynaklı etkilerle tahrip olmaktadır (Atalay, 1987; Boydak, 2014; Evcimen, 1962). Bu nedenle, sedir ormanlarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi büyük önem taşımaktadır.

Sedirin ekolojik, tarihsel ve güncel durumu üzerine yapılan araştırmalara ek olarak polen analizleri, sedir ormanlarının geçmiş dağılımı hakkında bilgi sağlamaktadır. Anadolu'dan elde edilen 111 fosil polen çalışması (Doğan, 2022; 2024; Şenkul vd., 2024), sedir ormanlarının iklim değişikliklerine ve insan etkilerine verdiği tepkileri anlamamıza yardımcı olmaktadır. Sedirin güncel dağılım alanı (Atalay, 1987; Boydak, 1986, 2003; Sevim, 1952, 1995), geçmiş uygun ekolojik bölgeler (Özcan ve Çiçek, 2023; Xiao vd., 2022) ve bu bölgelerin dışından elde edilen fosil polen çalışmaları (Bottema vd., 1993; Bottema ve Woldring, 1984; Doğan, 2022; Eastwood vd., 1998; Miebach vd., 2016; Şenkul vd., 2018a, 2022; Şenkul ve Doğan, 2018; Shumilovskikh vd., 2016; Stock vd., 2020; Sullivan, 1989; van Zeist vd., 1975; Vermoere, 2004; Woldring, 2001) sedir ormanlarının Son Buzul Maksimumu'ndan (SBM) günümüze uzun dönemli gelişimini anlamamıza katkı sağlamaktadır. Fosil polen çalışmalarına ek olarak, Anadolu'daki önemli saf sedir ormanlarında gerçekleştirilen güncel polen çalışmaları (Şenkul vd., 2018b, 2018c; Şenkul ve Karloğlu Kılıç, 2019), sedirin güncel vejetasyon içindeki temsilietini anlamamıza ve fosil polen çalışmalarında elde edilen sedir yüzdelerinin yorumlanmasında önemli bir gösterge teşkil etmektedir. Sedir ormanlarındaki gelişim ve değişimi anlamak, bu ormanların iklim değişiklikleri ve insan

etkilerine karşı uzun vadeli ekolojik tepkilerini incelememize olanak sağlar. Sedir ormanlarının tarihsel dağılımı ve dayanıklılığına bakarak, bu ekosistemlerin geçmiş iklimsel değişimlere nasıl uyum sağladıklarını değerlendirebiliriz. Bu, devam eden iklim değişikliği karşısında nasıl tepki verebileceklerine dair öngörüler geliştirmemizi sağlar. Ayrıca, bu bulguların katkısı, geçmiş insan-çevre etkileşimlerinin anlaşılmasında ve arazi kullanımı değişikliklerinin incelenmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. Bu bilgi, geçmiş peyzajların yeniden yapılandırılmasına yardımcı olmanın yanı sıra, özellikle iklim değişikliği ve doğal ekosistemler üzerindeki artan baskılar bağlamında, günümüzdeki arazi yönetimi stratejilerinin oluşturulmasında da faydalıdır.

Bu çalışmanın amacı, Anadolu'daki fosil ve güncel polen verilerini değerlendirerek, sedir ormanlarının SBM'den günümüze kadar olan gelişimini incelemektir. Bu inceleme, sedir ormanlarının tarihsel dağılımını, iklim değişikliklerine adaptasyonunu ve gelecekteki koruma stratejilerini anlamak için önemli veriler sunarak sedir ormanlarının korunması için stratejik planların geliştirilmesine katkı sağlanması hedeflenmektedir.

## 2. Materyal ve yöntem

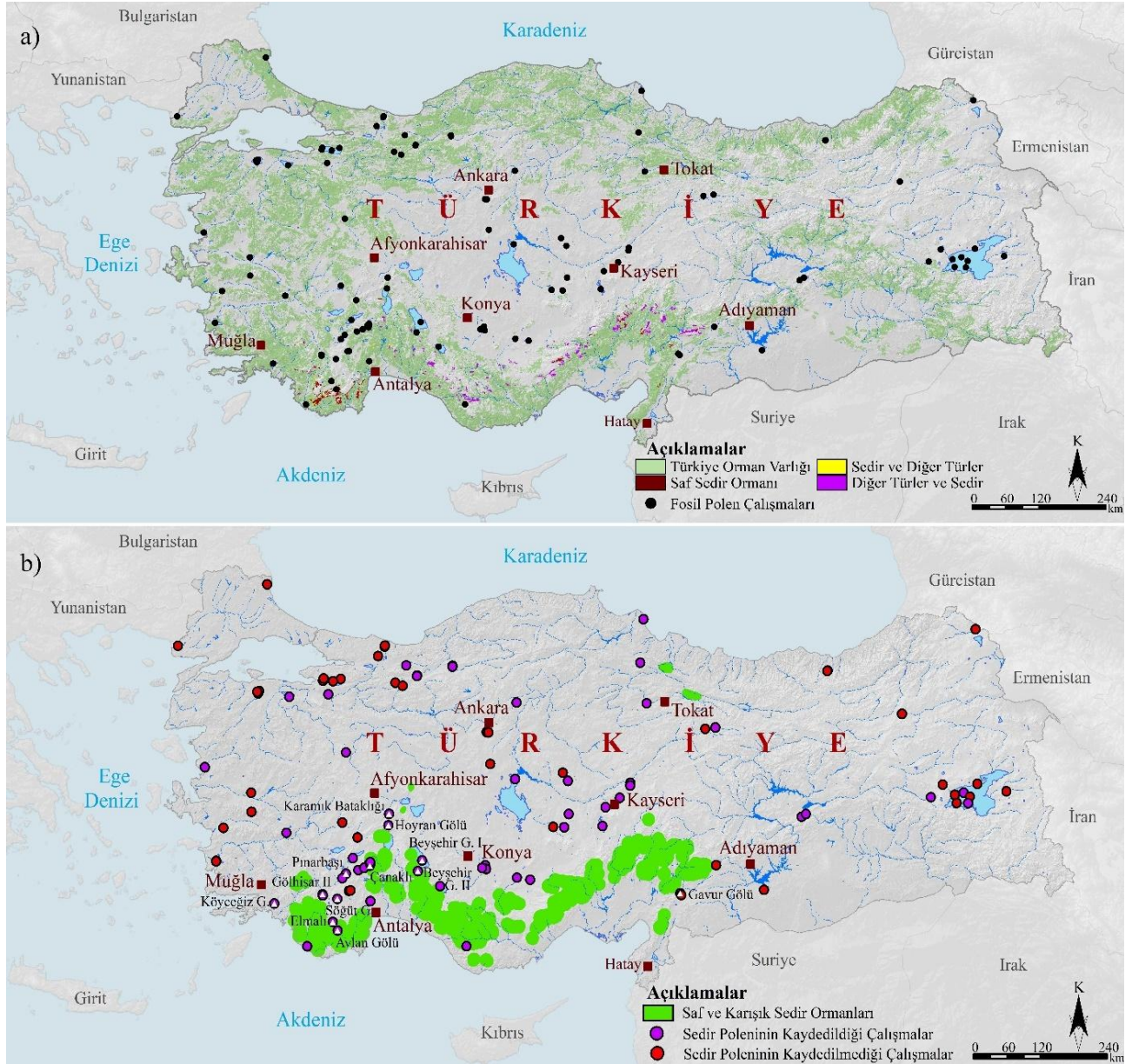
### 2.1. Anadolu orman varlığı ve sedir ormanlarının yayılışı

Anadolu'daki orman alanları uzun yıllar boyunca artış göstermiştir (OGM, 2021). 1973'te yaklaşık 20.2 milyon hektar olan orman alanı, Anadolu yüzölçümünün %26.1'ini oluştururken, 2023'te bu alan 23.363.071 hektara (~%29.4) ulaşmıştır (OGM, 2025). Ormanlar büyük ölçüde dağlık bölgelerde yayılış göstermektedir, özellikle Kuzey Anadolu Dağları ve Toros Dağları bu yayılımın merkezini oluşturmaktadır (Şekil 1a). Anadolu ormanlarının %47'si ibreli, %32'si geniş yapraklı, %21 ise karışık ağaçlardan oluşmaktadır (OGM, 2025). İbreli türlerden biri olan ve Toros Dağları ile karakterize olan Lübnan sediri, ekolojik ve tarihsel önemine rağmen (Boydak, 2014; Wazen vd., 2018) oransal olarak oldukça düşük bir paya sahiptir. Sedir ormanları Anadolu ormanlarının % 2.16'sını oluşturmaktadır (505.415 ha) (OGM, 2025). Sedir ormanları, tarla açma, yangın, kaçak kesim ve aşırı faydalanma gibi nedenlerle yakın dönemde büyük ölçüde tahrip olmuştur (Atalay, 1987; Boydak, 2014). Sedir ormanları, Anadolu orman varlığının küçük bir bölümünü oluşturmasına rağmen, büyük oranda Toros Dağları kuşağında (Şekil 1b) yayılım göstermektedir (Atalay, 1987; Boydak, 1986; Evcimen, 1962; Odabaşı, 1967; Özcan ve Çiçek, 2023; Saatçioğlu, 1956). Bu ormanlar, 500 ila 2400 metre arasında değişen yükseltilerde bulunur ve Akdeniz Bölgesi'nde batıda Bozdağ'dan doğuda Ahırdağı'na kadar uzanan bir alanda dağılım gösterir (Atalay, 1987; Boydak, 1986; 1996; 2014; Evcimen, 1962; Odabaşı, 1967; OGM, 2012; Sevim, 1952). Sedir ormanları, parçalı bir yayılışa sahip olup, farklı yükseltiler ve ekolojik koşullar altında gelişmektedir (Atalay, 1987). Toros Dağları dışında ise, Sultandağları'nda Deresinek ve Çaykışla-Emirdağı (Afyonkarahisar) çevresi ile Karadeniz Bölgesi'nde Erbaa-Çatalan ve Niksar-Akincıköy (Tokat) gibi izole bölgelerde (Şekil 1b) de yayılış göstermektedir (Akıncı, 1963; Atalay, 1987; Boydak, 1986; 1996; Evcimen, 1962; Günay, 1990; OGM, 2012; Özcan ve Çiçek, 2023; Sevim, 1952; 1995; Varol, 1965). Ancak yapılan modelleme çalışmalarına göre günümüzde sedir için uygun iklim alanları (Özcan ve Çiçek,

2023; Xiao vd., 2022) değinilen alanlardan daha geniş coğrafyaları kapsamaktadır.

Sedir ormanları, Anadolu'da büyük oranda Toros Dağları'nda yayılış göstermektedir (Şekil 1). Ekolojik farklılıklar, sedir ormanlarının çeşitli bitki türleriyle karışık

olarak bulunmasına olanak tanımaktadır (Atalay, 1987; Boydak, 2014; OGM, 2012; Özcan ve Çiçek, 2023). Bu geniş yayılış alanı ve beraberindeki bitki çeşitliliği, sedirin Anadolu orman varlığı içindeki önemini vurgulamakta ve bu türün korunmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 1. (a) Anadolu'daki fosil polen çalışmaları ile sedir ormanlarının dağılışı, (b) sedir ormanlarının dağılışı (Toroslar'daki gösterim abartılmıştır) ile fosil polen çalışmalarında sedirin bulunma durumu (beyaz üçgen seçilen çalışmaları göstermektedir) Figure 1. (a) Fossil pollen studies in Anatolia and the distribution of cedar forests, (b) the distribution of cedar forests (exaggerated representation in the Taurus Mountains) and the presence of cedar in fossil pollen studies (white triangles indicate selected studies).



## 2.2. Fossil pollen çalışmaları

Bu çalışmada, Anadolu'nun ekolojik ve tarihsel açıdan önemli ağaç türlerinden olan sedir ormanlarının fossil pollen çalışmaları içindeki temsiliyeti ele alınmıştır. Bu kapsamda ilk çalışmalar 1967 yılında Konya-Süberde'de (Aytuğ, 1967), Abant Gölü ve Yeniçağa Gölü'nde yapılmıştır (Beug, 1967). Yaklaşık 60 yıllık süreçte, fossil pollen çalışmalarının sayısı artarak günümüzde 111 farklı fossil pollen diyagramı (Şekil 1) elde edilmiştir (Doğan, 2022; 2024; Şenkul vd., 2024). Bu diyagramların elde edildiği lokasyonlar, Google Earth yazılımı kullanılarak sayısallaştırılıp veri tabanına aktarılmıştır. Çalışmada, sedir pollenlerinin varlığına göre iki ana grup oluşturulmuştur: sedir pollenlerine rastlanan ve rastlanmayan çalışmalar. Sedir pollenlerinin bulunduğu çalışmalar ayrıca, devamlılık, tarihlendirme, çözünürlük ve sedir yüzdesi gibi kriterlere göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma sonucu, sedir ormanlarının tarihsel gelişimini anlamak için 12 göl (Köyceğiz, Karamık Bataklığı, Gölhisar II, Avlan, Hoyran, Beyşehir I-II (I ve II; aynı göle ait iki farklı çalışmayı gösterir), Çanaklı, Elmalı, Pınarbaşı, Söğüt, Gavur) seçilmiştir (Şekil 1b). Bazı çalışmalar (Gölhisar II, Avlan, Çanaklı, Elmalı), düşük sedir yüzdesi ve tarihlendirme içermemesine rağmen, sedir ormanlarının gelişimi hakkında önemli bulgular sundukları için çalışmaya dahil edilmiştir (Bottema ve Woldring, 1984; Eastwood vd., 1998; Vermoere, 2004). OxCal version 4.4.4 kullanılarak, 9 gölün tarihlendirmeleri IntCal20 atmosferik eğrisi ile kalibre edilmiştir (Reimer vd., 2020). Biyostratigrafik yaklaşımla tarihlendirilmiş Avlan, Çanaklı ve Elmalı çalışmaları ise referans tarihlerle gösterilmiştir (Bottema ve Woldring, 1984; Vermoere, 2004).

## 2.3. Güncel pollen çalışmaları

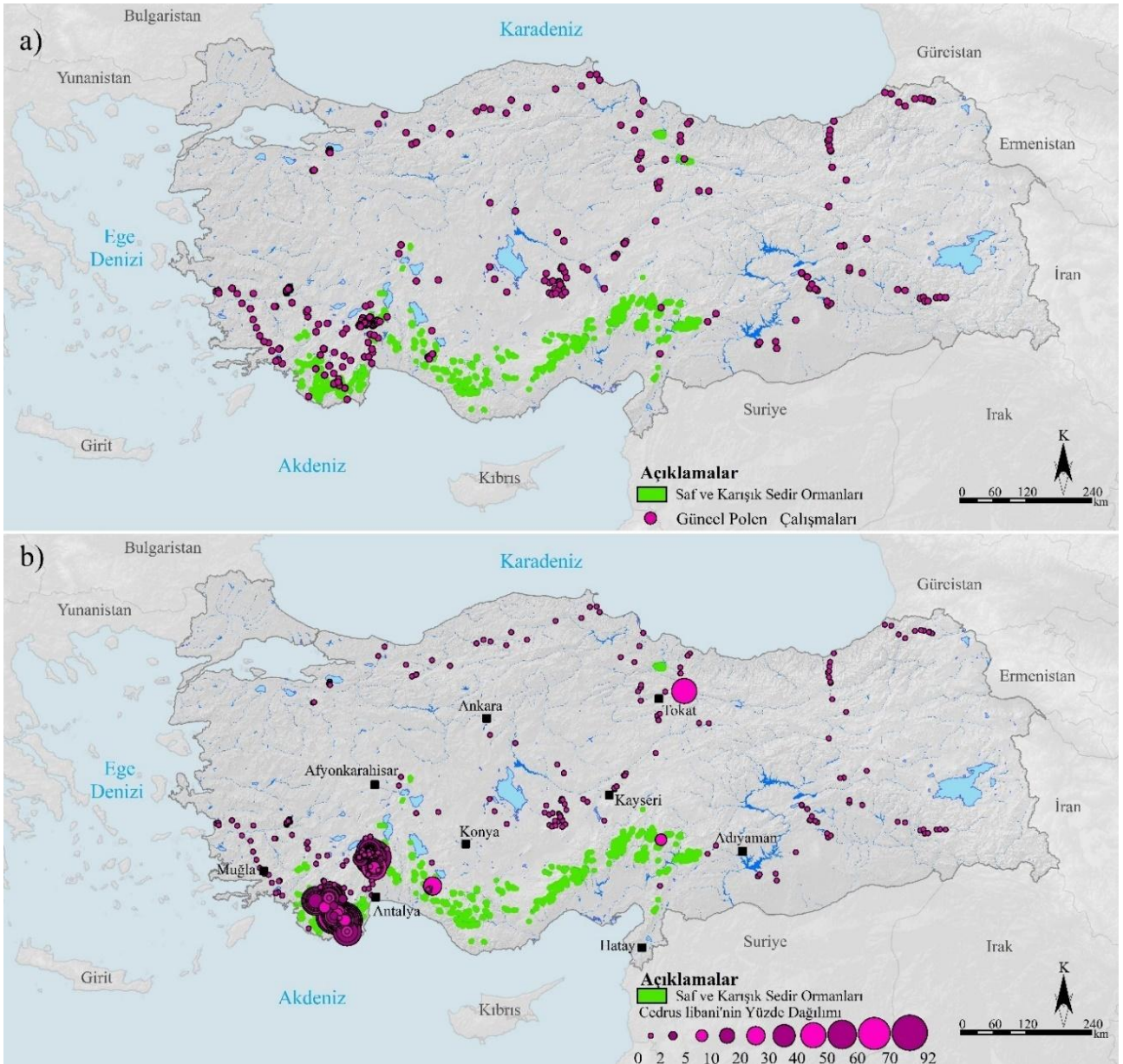
Bu çalışmada, Anadolu'daki sedir ormanlarının güncel pollen çalışmalarındaki temsiliyeti, 1968-2023 yılları arasında yayımlanan araştırmalar incelenerek değerlendirilmiştir. Yüzdesele sonuçları raporlanmamış çalışmalar bu kapsamın dışında tutulmuştur. Ulaşılan güncel pollen verileri (Bottema vd., 1993; 2001; Doğan, 2017; 2022; Doğan ve Şenkul, 2022; Eastwood, 1997; England, 2006; Kalıpçı, 2019; Kaniewski vd., 2007; Karlıoğlu Kılıç vd., 2019; Memiş, 2017; Şenkul, 2018; Şenkul vd., 2018b; 2018c; 2018d; Şenkul ve Doğan, 2018; Şenkul ve Kalıpçı, 2019; Şenkul ve Kılıç, 2019; Shumilovskikh, 2013; van Zeist vd., 1968; 1975; Vermoere, 2004; Vermoere vd., 2000; 2001; 2003; Woldring ve Bottema, 2002) kullanılarak sedir ormanlarının güncel pollen dağılımı analiz edilmiştir. Bu veriler alıntılanan araştırmacılar tarafından tuzak, yosun, gölssel yüzey sediman ve toprak yüzey örnekleri gibi farklı kaynaklardan elde edilmiştir. İlk olarak kaynaklar listelenmiş, ardından her örnek alan Google Earth ile sayısallaştırılmış ve sedir pollen yüzdeleri orijinal çalışmalardan elde edilerek ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak, toplamda 642 veri içeren bir veri seti oluşturulmuş ve veriler yeniden numaralandırılarak haritalandırılmıştır (Şekil 2a). Güncel pollen veri tabanının inşası hakkında daha fazla bilgi (Doğan, 2024) çalışmasında sunulmuştur.

## 3. Bulgular

### 3.1. Fossil pollen bulgularına göre anadolu'da sedir ormanlarının gelişimi

Anadolu'dan elde edilen fossil pollen çalışmaları, sedir pollenlerinin tarihsel gelişimini yüksek yüzdelik dilimlerle açıklayan ve yaş derinlik modeline sahip olanlar açısından sınırlıdır. Uzun dönemli fossil pollen analizleri ise daha da azdır. Anadolu'da sedir ormanlarının tarihsel gelişimini anlamak için Karamık Bataklığı, Beyşehir Gölü I ve Beyşehir Gölü II, Pınarbaşı, Söğüt Gölü, Gölhisar Gölü II, Hoyran Gölü, Köyceğiz Gölü, Gavur Gölü, Avlan Gölü, Elmalı Gölü ve Çanaklı Gölü gibi alanlar (Şekil 1b) ön plana çıkmaktadır (Bottema ve Woldring, 1984; Eastwood vd., 1998; Topuz vd., 2023; van Zeist vd., 1975; Vermoere, 2004). Bu çalışmalar farklı zaman dilimlerini kapsamakta olup (Şekil 3), Avlan, Elmalı ve Çanaklı gibi alanlarda doğrudan radyokarbon tarihlendirmesi bulunmamaktadır (Bottema ve Woldring, 1984; Vermoere, 2004). Ayrıca sedir yüzdesinin düşük olduğu Söğüt Gölü, Gölhisar Gölü, Köyceğiz Gölü ve Çanaklı'nın pollen verileri, sedir ormanlarının yayılımı açısından değerlidir. Güneybatı Anadolu'daki Söğüt Gölü fossil pollen çalışmasında (Şekil 3), yaklaşık 17.000 (Kal. GÖ; kalibre edilmiş yıl günümüzden önce) yıllık veri seti elde edilmiş ve sedir ormanları maksimum %6 ile temsil edilmiştir (van Zeist vd., 1975). Gölhisar Gölü II çalışması, tüm Holosen boyunca sedir varlığının %5'in altında olduğunu göstermiştir (Eastwood vd., 1998). Çanaklı verilerinde ise sedir %20'ye varan bir dağılım göstermiştir (Vermoere, 2004). Gölhisar, Söğüt Gölü ve Çanaklı pollen verileri, sedir ormanlarının lokal dağılışı göstermelerinin bir kanıtı olarak önemli görülmektedir. Dolayısı ile Gölhisar, Söğüt Gölü ve Çanaklı verileri (Şekil 3), sedir ormanlarının lokal dağılışı gösterdiğine dair önemli kanıtlar sunmaktadır.

Anadolu'da sedir ormanlarının paleovejetasyon içindeki varlığını anlamak için en önemli çalışmalardan biri, tarihlendirme analizi içermeyen Avlan ve Elmalı alanlarından elde edilmiştir (Bottema ve Woldring, 1984). Bu göller, günümüzdeki en önemli ve saf sedir ormanlarına ev sahipliği yapan Çıtlıkara Sedir Ormanı ile bağlantılıdır. Avlan Gölü'nden elde edilen verilerde (Şekil 3), sedir ormanlarının yaklaşık %70 gibi yüksek bir değere ulaşabileceği görülmüştür. Aynı alanda, Avlan Gölü'nün 15 km kuzeyinde bulunan Elmalı verileri (Şekil 3), tarihlendirme analizi içermese de sedir ormanlarının pollen temsiliyetini anlamak için önemlidir; burada sedir varlığı maksimum %28 ile temsil edilmiştir. Bu göllerde sedir ormanlarına yakınlığı nedeniyle önemlidir. Bulgular ve tartışma, her dönemin iklimsel ve ekolojik açıdan farklı dinamiklere sahip olması ve bu dinamiklerin sedir (*Cedrus libani*) pollenlerinin yayılımı, yoğunluğu ve ekolojik tepkileri üzerindeki etkilerinin daha net anlaşılmasını sağlaması gibi nedenlerden dolayı dönemlere göre oluşturulmuştur.



Şekil 2. (a) Anadolu'daki güncel polen çalışmaları ile sedir ormanlarının dağılışı, (b) güncel polen çalışmalarında sedir'in yüzdesel dağılımı

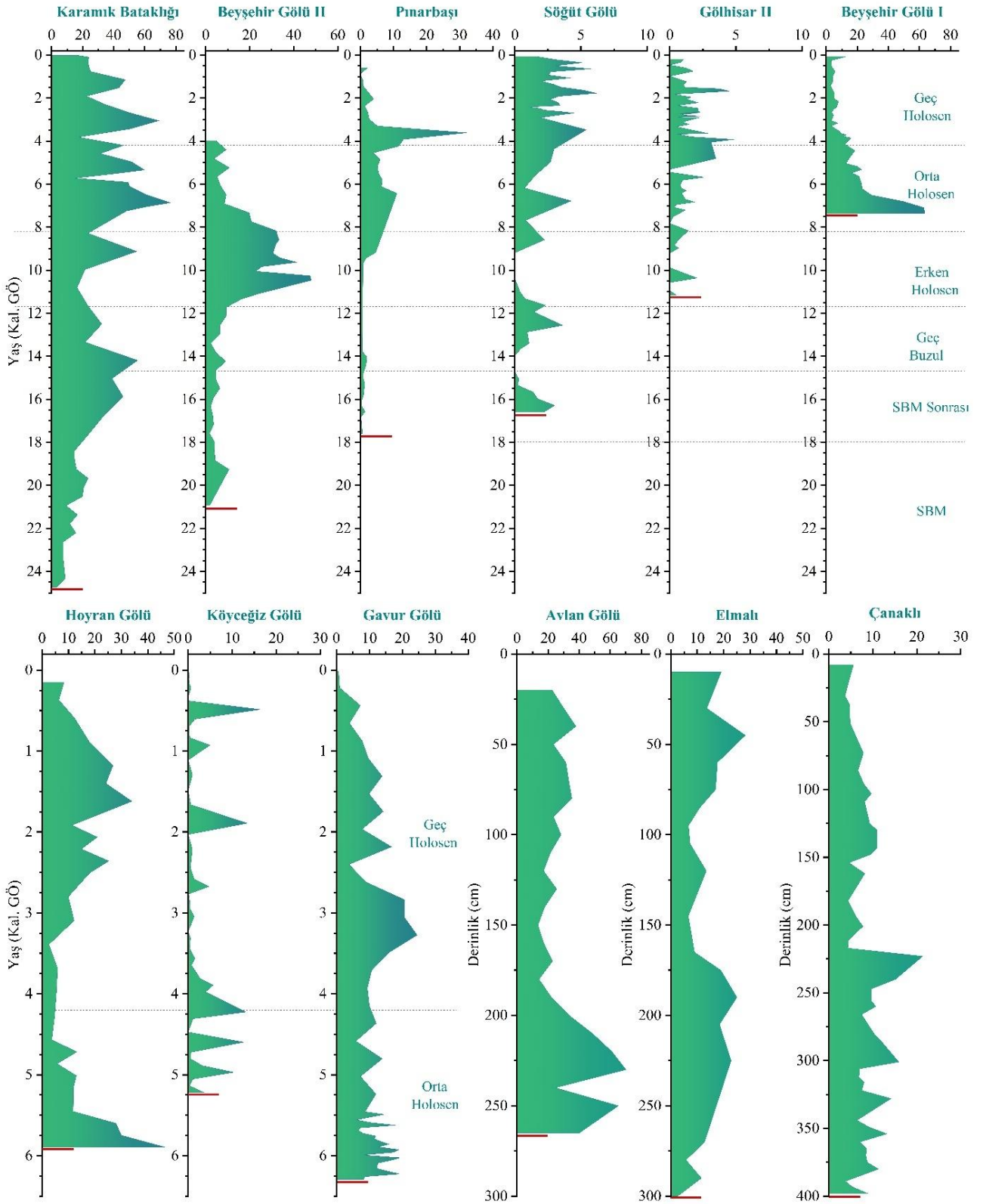
Figure 2. (a) Modern pollen studies in Anatolia and the distribution of cedar forests, (b) the percentage distribution of cedar in modern pollen studies

### 3.1.1. Son buzul maksimum (SBM) dönemi

SBM dönemine uzanan fosil polen çalışmaları oldukça sınırlıdır. Bu döneme ait polen verilerinin elde edildiği sınırlı alanlardan (Şekil 3) biri Karamık Bataklığıdır (van Zeist vd., 1975). Bu alanda SBM döneminde sedir varlığının yaklaşık %20'nin altında olduğu gözlemlenmiştir. Diğer bir çalışma olan (Şekil 3) Beyşehir Gölü II verilerine göre bu alanda sedir varlığı %10'un altındadır (Bottema ve Woldring, 1984). İncelenen diğer göller (Pınarbaşı, Söğüt, Gölhisar, Beyşehir I, Hoyran, Köyceğiz ve Gavur gölleri) ise SBM dönemine dair veri sunmamaktadır.

### 3.1.2. SBM sonrası dönemi

SBM Sonrası döneminde sedir ormanlarının gelişimi üzerine elde edilen verilere ek olarak, Pınarbaşı ve Söğüt göllerinden gelen veriler de bu döneme dair bilgi vermektedir (Şekil 3). Karamık Bataklığı'nda, SBM sonrası dönemde sedir varlığında önemli bir artış meydana gelmiş ve bu oran %50'yi aşmıştır. Beyşehir Gölü II çalışmasında ise bu dönemde sedir oranı %5'in altında kalmaya devam etmiştir. Pınarbaşı (Bottema ve Woldring, 1984) ve Söğüt (van Zeist vd., 1975) göllerinde (sırasıyla %2 ve 5'in altında) sedir varlığı, bu dönemde önemli bir değer gösteremeyecek kadar düşüktür.



Şekil 3. Fosil polen çalışmalarına göre sedirin iklimsel dönemlere göre yüzdesel gelişimi

Figure 3. The percentage development of cedar according to fossil pollen studies across climatic periods

### 3.1.3. Geç buzul dönemi

Geç Buzul dönemine uzanan çalışmalar (Karamık Bataklığı, Beyşehir Gölü II, Pınarbaşı ve Söğüt) SBM Sonrası dönemi ile aynıdır (Şekil 3). Karamık Bataklığı'nda sedir %30'lara kadar düşerken (van Zeist vd., 1975), Beyşehir Gölü II çalışmasında sedir oranı benzer bir şekilde %10'un altında kalmıştır (Bottema ve Woldring, 1984). Pınarbaşı'nda sedir varlığı %2 altında oldukça düşük seviyede kalmıştır (Bottema ve Woldring, 1984). Söğüt Gölü'nde ise %5'in altında ve dönem dönem artan bir sedir oranı kaydedilmiştir (van Zeist vd., 1975).

### 3.1.4. Erken holosen dönemi

Erken Holosen döneminde de sedir ormanlarının lokasyonel dağılımında belirgin bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Diğer çalışmalar gibi Göller Yöresi'nde bulunan Gölhisar Gölü, bu döneme dair ek veriler sunsa da sedir varlığı %3'ün altında kalmıştır (Eastwood vd., 1998). Benzer şekilde, Pınarbaşı (%5'in altında) ve Söğüt göllerinde (maksimum %3) de kayda değer bir sedir varlığı gözlemlenmemiştir. Erken Holosen döneminde sedir ormanlarının yoğun olarak temsil edildiği lokasyonlar arasında Karamık Bataklığı ve Beyşehir Gölü II öne çıkmaktadır (Şekil 3). Karamık Bataklığı'nda bu dönemde sedir yüzdesi yaklaşık %55 gibi yüksek bir değere ulaşırken Beyşehir Gölü II'de ise sedir yüzdesi %50'ye yaklaşmıştır (Şekil 3). Erken Holosen dönemine geçişle birlikte orman varlığındaki artışa paralel olarak sedir ormanlarının geliştiği yerlerin başında Beyşehir Gölü II lokasyonu gelmektedir (Şekil 3). Örneğin, Karamık Bataklığı'nda Genç Buzul dönemi boyunca sedir varlığı %55 seviyelerine kadar ulaşmıştır. Ancak Beyşehir Gölü II verilerinde Erken Holosen öncesinde sedir varlığı maksimum %10'un altında kalırken, bu döneme geçişle birlikte iklim değişimlerine bağlı olarak sedir oranı ~%48'e kadar artmıştır (Şekil 3).

### 3.1.5. Orta holosen dönemi

Orta Holosen'e geçişle birlikte Karamık Bataklığı, Pınarbaşı, Söğüt ve Gölhisar göllerinde genel olarak sedir oranında artış gözlemlenmiştir (Şekil 3). Erken Holosen'de ~%50'ye ulaşan sedir oranı (Şekil 3), Beyşehir Gölü II çalışmasında ~%10'a kadar düşmüştür (Bottema ve Woldring, 1984). Orta Holosen'e uzanan Beyşehir Gölü I ve Hoyran Gölü ve Karamık Bataklığı'nda (van Zeist vd., 1975) Anadolu'daki en yüksek sedir oranları kaydedilmiştir (Şekil 3); Beyşehir Gölü I'nde %60'ın üzerinde, Hoyran Gölü'nde ise ~%46 oranında ve Karamık Bataklığı'nda %50'yi aşan bir oranda sedir tespit edilmiştir (van Zeist vd., 1975). Pınarbaşı'nda SBM Sonrası döneminden itibaren düşük kalan sedir varlığı, dönemin sonunda %5 seviyelerine ulaşmıştır. Söğüt Gölü'nde sedir oranı %5'in altında kalmış, Gölhisar'da da benzer şekilde %5'in altında gözlemlenmiştir (Şekil 3). Köyceğiz Gölü'nde sedir oranı maksimum ~%13 olarak kaydedilmiştir (van Zeist vd., 1975). Güneybatı Anadolu'da yer alan çalışmalara ek olarak sedir yetiştirme ortamının doğusunda yer alan Gavur Gölü'nde sedir oranı maksimum ~%20 gibi bir değer göstermiştir (Topuz vd., 2023). Bu değer Anadolu'da sedirin temsil edildiği yüzdelere göre yüksek sayılabilecek bir değer olup, sedirin devamlılığı ve diğer çalışmalardan farklı olarak sedir yetiştirme ortamının doğu kısmında yer alması bakımından oldukça önemlidir.

### 3.1.6. Geç holosen dönemi

Geç Holosen döneminde sedir ormanlarının gelişimi ile ilgili veriler, Karamık Bataklığı, Beyşehir Gölü, Pınarbaşı, Söğüt, Köyceğiz, Gölhisar ve Gavur göllerinden elde edilmiştir (Şekil 3). Karamık Bataklığı'nda sedir varlığı %70 seviyelerine ulaşırken, Beyşehir Gölü I'de %10'un altında kalmıştır (van Zeist vd., 1975). Pınarbaşı'nda ise sedir varlığı geç Holosen döneminde %35'e kadar yükselmiş, ardından %1'e düşmüştür. Söğüt Gölü'nde %5'in altında bir sedir oranı kaydedilmiştir. Köyceğiz ve Gölhisar göllerinde de sedir varlığı %5'in altında kalmış, dönem dönem küçük artışlar gözlemlenmiştir. Hoyran Gölü'nde geç Holosen döneminde %35'e varan bir sedir varlığı tespit edilmiş, dönemin sonunda %10'un altına düşmüştür. Gavur Gölü'nde ise bu dönemde sedir varlığı yaklaşık %25'e ulaşmış, dönem sonunda %16 seviyesine gerilemiştir. Bu veriler, Anadolu'da sedir ormanlarının SBM'den itibaren çeşitli dönemlerdeki gelişimini ve değişimini ortaya koymaktadır.

### 3.2. Güncel polen bulguları

Anadolu'dan elde edilen 642 güncel polen verisine göre, sedir polenleri %0 ile %92 arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 2b). Akdeniz Bölgesi dışındaki alanlarda, sedir oranı genellikle %0 ile %2 arasında değişmektedir (Şekil 2b). Bu alanlardaki polen örneklerinin çoğunda sedir ya %0 ya da %1'dir (Bottema vd., 1993; 2001; Doğan, 2017; 2022; Doğan ve Şenkul, 2022; England, 2006; Memiş, 2017; Şenkul ve Doğan, 2018; Shumilovskikh, 2013; van Zeist vd., 1968; Woldring ve Bottema, 2002). 642 verinin %61.5'inde sedir yüzdesi 1'den düşüktür (Şekil 2b ve Şekil 4). Bu durum, sedir polenlerinin taşınma kabiliyetinin düşük olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, yüksek sedir polen yüzdesi, yakındaki bir sedir ormanının varlığını belirlemede etkili bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Sedir ormanlarının polen dağılımında iki önemli bölge bulunmaktadır (Şekil 2b). Bunlardan ilki, Gravgaz Bataklığı ve çevresidir (Vermoere, 2004; Vermoere vd., 2000; 2001; 2003). Diğeri, Teke Yarımadası'nda yer alan Çıtlıkara Sedir Ormanı'nı da kapsayan çalışmadır (Karlıoğlu Kılıç vd., 2019; Şenkul, 2018; Şenkul vd., 2018b; 2018c; Şenkul ve Kılıç, 2019). Bu bölgede sedir yüzdesi düşük değerlerden %92'ye kadar değişmektedir (Karlıoğlu Kılıç vd., 2019; Şenkul, 2018; Şenkul vd., 2018b; 2018c; Şenkul ve Kılıç, 2019). Bu çalışmada sedir yüzdeleri güncel polen çalışmaları içerisindeki en yüksek değerleri içermektedir. Ayrıca, Güneybatı'da yapılan bir çalışmada (Şekil 2b) sedir %86.2'ye ulaşmıştır (Vermoere, 2004). Bu alanlarda yapılan güncel polen analizleri, özellikle sedir ormanlarından elde edilmiştir. 642 nokta arasında sedir yüzdesinin %10 ve üzeri olduğu 138 noktanın neredeyse tamamı bu iki alandan (Karlıoğlu Kılıç vd., 2019; Şenkul, 2018; Şenkul vd., 2018b, 2018c; Şenkul ve Kılıç, 2019; Vermoere, 2004) özellikle de Şenkul vd., (2018c) tarafından yapılan çalışmadan elde edilmiştir (Şekil 2b ve Şekil 4). Teke Yarımadası sedir ormanlarının bulunduğu alandan elde edilen diğer bir çalışmada (Şekil 2b) sedir oranı %25'e kadar artış gösterebilmiştir (van Zeist vd., 1975). Güncel polen verileri içinde 642 farklı noktada %1'in altındaki sedir polen yüzdeleri de değerlendirilmiştir (Şekil 4). Bu veriler, sedir polenlerinin taşınma kabiliyetinin düşük olması nedeniyle, sedir ormanlarının yakın çevresindeki alanlarda polen varlığını önemli bir gösterge olarak sunmaktadır. Ayrıca, bu noktalar, sedir polenlerinin

yayılımını ve çevresel değişimlere nasıl tepki verdiğini anlamamıza katkı sağlamaktadır.

Diğer alanlarda ise sedir oranının görece yüksek çıktığı üç örnek bulunmaktadır (Şekil 2b). Akdeniz Bölgesi'nde, Toroslar'dan elde edilen bir çalışmada sedir ~%26.7 (Eastwood, 1997), Toroslar'ın doğu sınırındaki başka bir çalışmada ise ~%8 olarak temsil edilmiştir (Bottema vd., 1993). Tokat-Niksar Akıncı Köyü çevresinde yapılan bir çalışmada sedir polen yüzdesi ~%42 gibi yüksek bir oranda bulunmuştur (Shumilovskikh, 2013). Tokat-Niksar Akıncı Köyü çevresindeki yüksek sedir yüzdesi, sedir polenlerinin taşınımı ve temsiliyeti konusunda iyi bir örnek teşkil etmektedir. Ancak, bu çalışmada çevredeki yoğun vejetasyona rağmen Tokat-Niksar Akıncı Köyü ve Tokat Erba Çatalan alanlarında sedir polenine rastlanmamıştır.

Anadolu'dan elde edilen 642 güncel polen verisine göre sedir %60 ve üzeri olduğu lokasyonların toplam sayısının oranı %4.9'dur. Anadolu'daki 642 polen çalışmasında sedir %0 ile %92 arasında bir dağılım göstermektedir. Ancak, bu noktaların ortalama sedir değeri yaklaşık %9.9 olarak hesaplanmıştır. Bu noktalardan ~%78.3'ünde sedir %0 ile %10 arasında değişmektedir. Her %10'luk dilimde yüksek sedir yüzdesine sahip örnek alan sayısı düşüktür; %60 ve üzeri örnek alanların oranı ise %4.9'dur.

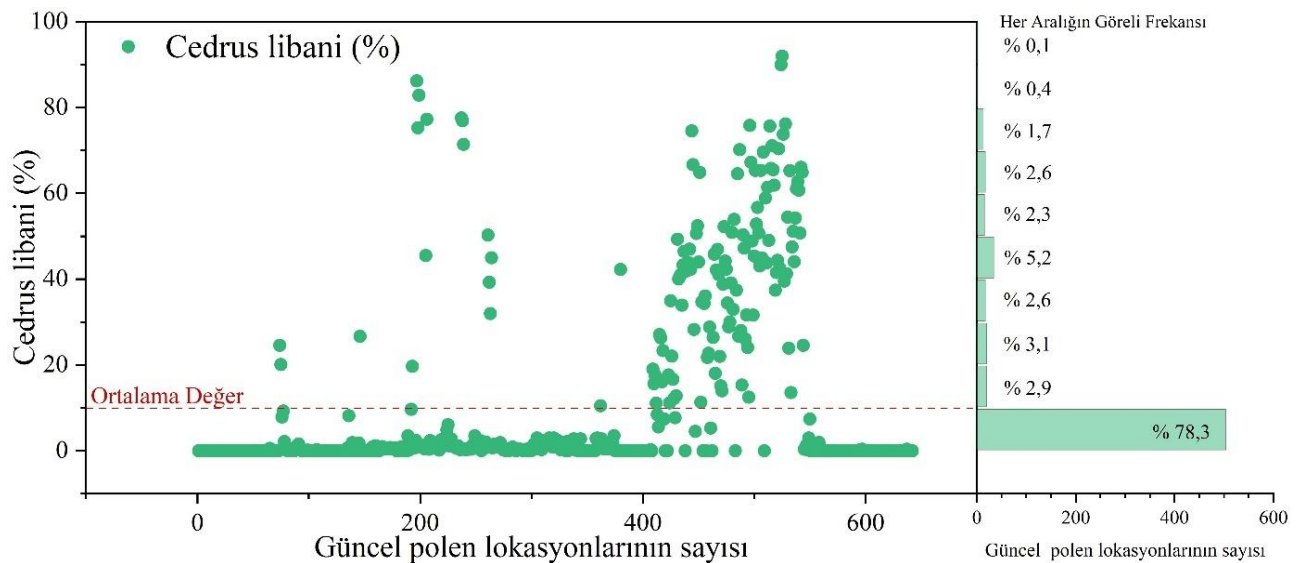
#### 4. Tartışma

Anadolu'dan elde edilen fosil ve güncel polen çalışmaları, sedir ormanlarının polen saçılım özelliklerini ve tarihsel gelişimini büyük ölçüde ortaya koymuştur. Ancak sedir ormanlarının tarihsel gelişimini açıklarken bazı zorluklar vardır. Bunlardan biri, uzun dönemli fosil polen çalışmalarının azlığıdır. Diğer bir sorun ise sedir polenlerinin uzun mesafeli taşınım kapasitesinin sınırlı olmasıdır (Hajar vd., 2010a). Bu durum sedir ormanlarının yoğun olduğu bölgelerden uzak yerlerde, sedir polenin düşük oranlarda veya eser miktarda bulunmasına neden olmaktadır. Ancak sedirin polen taşınım özellikleri, yüksek sedir varlığına sahip alanların yakın çevresinde önemli sedir ormanlarının bulunduğunu göstermektedir. Yapılan araştırmalar, sedir

polen taneciklerinin %5'in üzerindeki oranlarda temsil edilmesinin, sedirin bölgeye yakın bir yerde bulunduğunu ortaya koyduğunu göstermektedir (Hajar vd., 2010a).

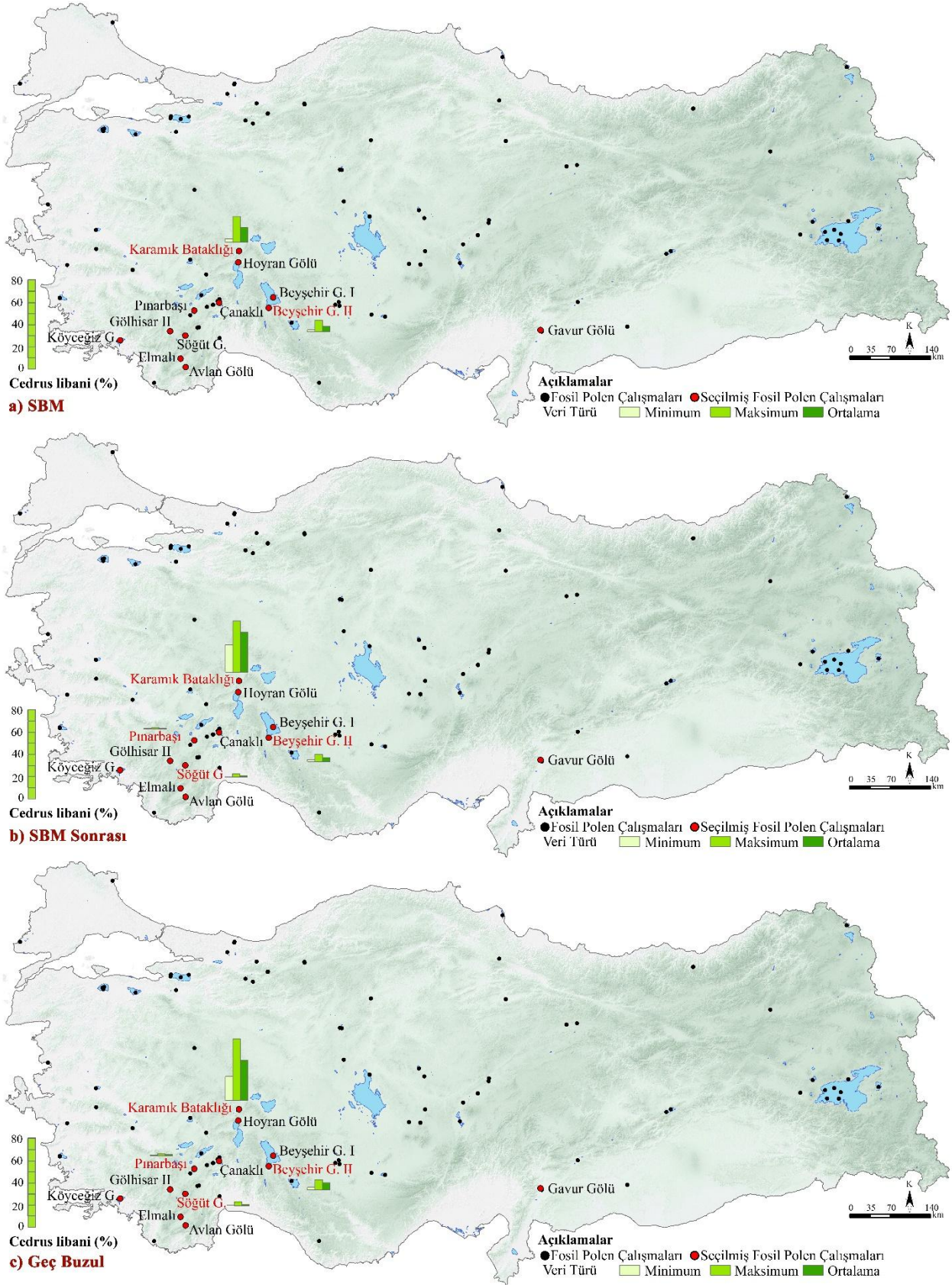
#### 4.1. SBM dönemi

Sedir için yapılan uygun alan modellemelerine göre, günümüz Orta Holosen ve SBM dönemleri için en geniş alansal uygunluk SBM dönemine aittir (Özcan ve Çiçek, 2023; Xiao vd., 2022). Bu dönemde, Toros Dağlık Kuşağı ve Akdeniz Bölgesi'nin neredeyse tamamı, sedir için 1. derecede en uygun habitatlar olup, Batı Anadolu'da da önemli ölçüde uygun alanlar bulunmaktadır (Özcan ve Çiçek, 2023; Xiao vd., 2022). Anadolu'da SBM dönemine uzanan fosil polen çalışmaları sınırlıdır. Ancak Van Gölü (Litt vd., 2009), İznik Gölü (Miebach vd., 2016), Sağlık II (Şekeryapan vd., 2020) Yelten Sazlığı (Bozkurt, 2021) ve Buldan Yayla Gölü (Doğan, 2022) gibi çalışmalar, sedir polenin ya kayda girmediğini ya da çok düşük oranda temsil edildiğini göstermektedir. Van Gölü, günümüz ve geçmişte sedir uygunluk alanının dışında; İznik Gölü, uygun habitatın sınırında; Sağlık II, Yelten Sazlığı ve Buldan Yayla Gölü ise bu alanın merkezinde yer almaktadır. Bu göllerdeki sedir oranının çok düşük temsili uygun habitat olmasına rağmen önemli bir sedir varlığını desteklememektedir. SBM dönemine ait çalışmalarda (Şekil 3 ve 5), Karamık Bataklığı'nda maksimum ~%24 ve ortalama ~%13 değerinde sedir varlığı kaydedilmiştir (van Zeist vd., 1975). Beyşehir Gölü II çalışmasında ise (Şekil 3 ve 5) maksimum ~%11, ortalama ~%5 sedir oranı saptanmıştır (Bottema ve Woldring, 1984). SBM döneminde Karamık Bataklığı ve Beyşehir Gölü II verilerindeki toplam orman varlığı (AP; Arboreal Polen) düşük olup, AP içinde sedir yüzdesinin bu değerleri önemlidir. Bu polen bulguları, sedir uygun alan modelleri ile uyumlu sonuçlar vermektedir (Özcan ve Çiçek, 2023; Xiao vd., 2022). Sonuç olarak, fosil polen verileri (Şekil 3 ve 5), SBM döneminde sedir ormanlarının yayılımının uygun habitat alanının büyüklüğüne rağmen oldukça sınırlı olduğunu ve belirli bölgelerde düşük oranlarda temsil edildiğini göstermektedir.



Şekil 4. Güncel polen çalışmalarına göre 642 farklı verinin ortalama değeri ve yüzdesel dilimlere göre dağılımı

Figure 4. The average value of 642 different data points and their distribution across percentage intervals according to modern pollen studies



Şekil 5. Seçilmiş göllere ait sedir yüzdesinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri (a) SBM, b) SBM Sonrası ve c) Geç Buzul Dönemleri)

Figure 5. The minimum, average, and maximum values of cedar percentage for selected lakes (a) LGM, b) Post-LGM, and c) Late Glacial periods)

#### 4.2. SBM sonrası dönemi

SBM Sonrası dönemini kapsayan çalışmaların sayısı artsa da (Şekil 3 ve 5), sedir ormanları bu çalışmalarda önemli bir değer olarak kaydedilmemiştir. Ancak Eski Acıgöl (Roberts vd., 2001; Woldring, 2001), Ladik Gölü ve Akgöl Adabağ (Bottema vd., 1993) çalışmaları, sedir ormanlarının coğrafi yayılış alanlarının diğer alanlara (Doğu Anadolu, Batı Anadolu, Kuzeybatı Anadolu, Akdeniz Bölgesi'nin doğusu) ek olarak Orta Anadolu ve Orta Karadeniz alanlarında da önemli bir sedir varlığının bulunmadığını göstermiştir. SBM Sonrası dönemine uzanan ve günümüzde sedir ormanlarının coğrafi yayılış sınırları içinde kalan Söğüt Gölü (van Zeist vd., 1975) ve Pınarbaşı (Bottema ve Woldring, 1984) çalışmalarında, sedir yüzdesi sırasıyla ortalama ~%1.5 ve %~0.1 ile, maksimum ~%3 ve ~%1.2 gibi düşük değerlerle temsil edilmiştir (Şekil 3 ve 5). Bu dönemde Beyşehir Gölü II çalışmasında da (Şekil 3 ve 5) maksimum ~%6.4 olan sedir ortalama değeri ~%3.6 ile SBM'ye göre azalmıştır (Bottema ve Woldring, 1984). Karamık Bataklığı'nda ise (Şekil 3 ve 5) sedir yüzdesi SBM'ye göre önemli ölçüde artarak ~%24.5 ile ~%46 arasında değişmiş ve ortalama ~%35.8 olarak kaydedilmiştir (van Zeist vd., 1975). Bu değer, Anadolu'daki fosil polen çalışmaları içerisinde bu dönem için kaydedilen en yüksek sedir yüzdesidir. Bu veriler (Şekil 3 ve 5), SBM Sonrası döneminde Anadolu'nun çeşitli bölgelerinde sedir ormanlarının genel olarak sınırlı kaldığını, ancak Karamık Bataklığı gibi belirli alanlarda önemli bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, sedir ormanlarının yayılışının parçalı bir dağılım göstermesi, bu döneme ait bir diğer özelliktir.

#### 4.3. Geç buzul dönemi

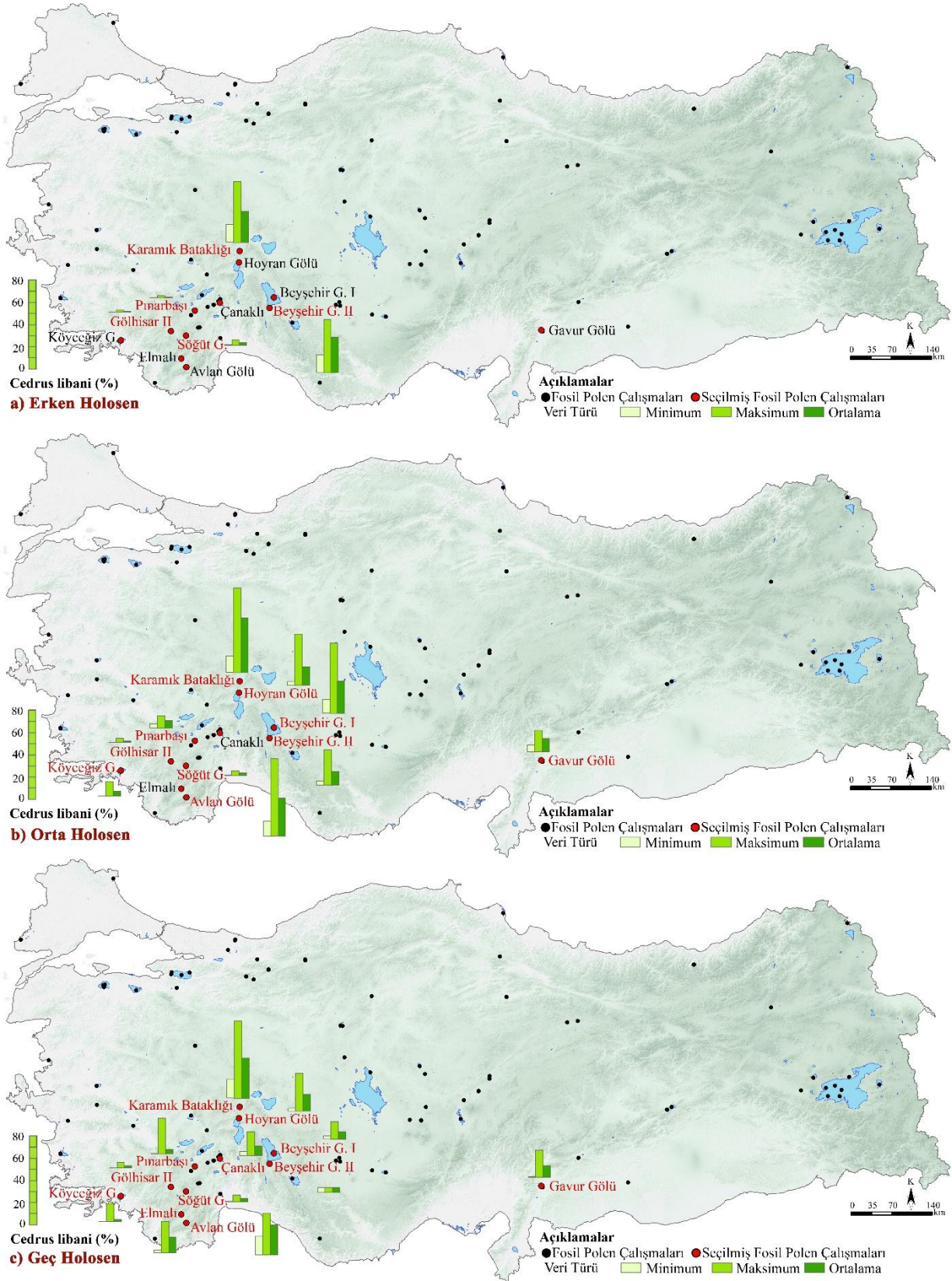
Geç Buzul Dönemi hakkında bilgi veren çalışmaların sayısı ve coğrafi alanları önceki dönemlere göre çeşitlilik göstermektedir (Şekil 3 ve 5). Bu döneme uzanan çalışmalarda önemli bir sedir varlığı bulunmamaktadır (Biltekin vd., 2018; Bottema vd., 1993; Bottema ve Woldring, 1984; Bozkurt, 2021; Doğan, 2022; Litt vd., 2009; Miebach vd., 2016; Roberts vd., 2001; Şekeryapan vd., 2020; Wick vd., 2003; Woldring, 2001). Karamık Bataklığı'ndaki sedir varlığı (Şekil 3 ve 5), bu dönem için bilgi veren önemli bir çalışmadır ve ortalama ~%36.4 değerine ulaşmıştır (van Zeist vd., 1975). Karamık Bataklığı'ndaki sedir yüzdesi maksimum ~%55.4 iken toplam orman varlığının (AP; ~%65) neredeyse tamamı sedir ormanlarından oluşmuştur. Söğüt Gölü (van Zeist vd., 1975), Beyşehir Gölü II ve Pınarbaşı (Bottema ve Woldring, 1984) lokasyonlarında sedir yüzdesi, önceki dönemlere benzer bir gelişim göstermiştir (Şekil 3 ve 5). Bu bulgular, Geç Buzul Dönemi'nde Anadolu genelinde sedir ormanlarının yayılımının sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır. Toroslar ile karakterize edilen sedir ormanlarının en kuzeyindeki Karamık Bataklığı'ndaki yüksek sedir varlığı, Beyşehir Gölü II, Pınarbaşı ve Söğüt Gölü'nün sırasıyla yaklaşık 70, 120 ve 170 km güneyde yer alması, Anadolu'daki sedir ormanlarının lokal yayılış sisteminin iyi bir örneğini sunmaktadır.

#### 4.4. Erken Holosen

Erken Holosen dönemini kapsayan çalışmaların sayısı artsa da sedir ormanlarının yüksek yüzdelere temsil edildiği coğrafi alanlar değişerek diğer dönemlerle benzer bir durum bulunmaktadır (Şekil 3 ve 6). Önceki dönemlerde bahsedilen göllerde yine düşük sedir yüzdesi gözlemlenmiştir (Şekil 6). Geç Buzul dönemi çalışmalarına ek olarak Gölçük Gölü-Batı Anadolu (Sullivan, 1989) ve Kaz Gölü (Tokat)-Orta Karadeniz (Bottema vd., 1993) çalışmalarında düşük sedir yüzdeleri kaydedilmiştir. Eski Acıgöl özelinde, Orta Anadolu'da Erken Holosen dönemine geçişle birlikte düşük yüzdesel değerlerde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir (Roberts vd., 2001; Woldring, 2001). Güneybatı Anadolu'daki (Şekil 3 ve 6) Söğüt Gölü (~%0.9), Pınarbaşı (~%2.3) ve Gölhisar Gölü II (~%0.5) alanlarında ortalama düşük sedir yüzdeleri tespit edilmiştir (Bottema ve Woldring, 1984; Eastwood vd., 1998; van Zeist vd., 1975). Erken Holosen döneminde sedir oranının en yüksek olduğu yerlerden biri (Şekil 6) Karamık Bataklığı'dır (van Zeist vd., 1975). Burada sedir yüzdesi ~%16.4 ile ~%54.8 arasında değişirken ortalama değer Geç Buzul'a göre ~%36.4'ten ~%27.9'a gerilemiştir (Şekil 3 ve 6). Erken Holosen döneminde en yüksek sedir oranı (Şekil 6), Beyşehir Gölü II lokasyonunda gözlemlenmiştir (Bottema ve Woldring, 1984). Beyşehir Gölü II verilerine göre, bu dönemde sedir yüzdesi ~%16.1 ile ~%48 arasında değişip ortalama ~%32.1 değerine ulaşmıştır (Şekil 3 ve 6). Ayrıca, ortalama sedir değeri %6.5'ten ~%32.1'e çıkarak bu dönemde en fazla sedir ormanlarının gelişimi bu alanda gözlemlenmiştir.

#### 4.5. Orta Holosen

Yaklaşık 111 fosil polen çalışmasında (Doğan, 2022; 2024 Şenkul vd., 2024), Orta Holosen'e odaklanan araştırmaların sayısı artmıştır. Ancak, sedir ormanlarının gelişimiyle ilgili yüksek veri sunan çalışmalar sınırlıdır (Şekil 6). Bu döneme ait sedir yüzdeleri, sedir ormanlarının genişlemediğini göstermektedir. Güneybatı Anadolu'daki Toros Dağları, bu dönemde öne çıkmaktadır. Modelleme çalışmaları, Orta Holosen'de sedir uygunluk alanlarının günümüz ve SBM dönemine göre daha sınırlı olduğunu ve uygun alanların, Batı Toroslar'ın doğusundan batısına kaydığını göstermektedir (Özcan ve Çiçek, 2023; Xiao vd., 2022). Model verileri ile uyumsuz olarak Karamık Bataklığı, Beyşehir Gölü I ve Hoyran Gölü, bu dönemde dikkat çeken göllerdir (Şekil 3 ve 6). Karamık Bataklığı'nda sedir yüzdesi ~%15.2 ile ~%76.5 arasında değişerek ortalama %49.3 değerine ulaşmıştır (Şekil 3 ve 6). Beyşehir Gölü I'de sedir yüzdesi başlangıçta yüksek iken, dönem ilerledikçe azalma göstermiştir (van Zeist vd., 1975); bu alanda yüzde ~%12.6 ile ~%63.4 arasında değişmiş ve ortalama ~%29 olarak kaydedilmiştir (Şekil 3 ve 6). Hoyran Gölü'nde ise sedir yüzdesi ~%3.6 ile ~%46.6 arasında değişirken, ortalama ~%16.8 olarak belirlenmiştir (Şekil 3 ve 6). Bu gölde de sedir yüzdesi dönem ilerledikçe düşüş göstermiştir. Avlan Gölü, Çıglıkara Sedir Ormanı'nın sınırında yer alarak ~%13.4 ile ~%70 arasında değişen bir sedir oranına sahip olmuş ve ortalama ~%34.6 göstermiştir (Bottema ve Woldring, 1984). Bu değerler (Şekil 6), Karamık Bataklığı, Beyşehir Gölü I ve Hoyran Gölü'ndeki bulgularla sedir ormanlarının yapısını anlamada bir benzeşim oluşturabilir.



Şekil 6. Seçilmiş göllere ait sedir yüzdesinin minimum, ortalama ve maksimum değerleri (a) Erken Holosen, b) Orta Holosen ve c) Geç Holosen Dönemleri)

Figure 6. The minimum, average, and maximum values of cedar percentage for selected lakes (a) Early Holocene, b) Middle Holocene, and c) Late Holocene periods).



Beyşehir Gölü II'de (Bottema ve Woldring, 1984), Beyşehir Gölü I ve Hoyran Gölü'nde de (van Zeist vd., 1975) sedir yüzdesi dönem sonuna doğru azalan bir trend izlemiştir (Şekil 3 ve 6). Beyşehir Gölü II'de sedir yüzdesi ~%3.8 ile ~%32 arasında değişerek ortalama ~%12.6 olmuştur. Toros Dağları kuşağındaki diğer göllerde ise sedir yüzdesi genellikle düşüktür (Şekil 3 ve 6); örneğin, Köyceğiz Gölü'nde ortalama ~%4.2, Gölhisar Gölü'nde ~%1, Pınarbaşı'nda ~%6.9, Söğüt Gölü'nde ~%2.1 ve Gavur Gölü'nde ~%12.1 gözlemlenmiştir (Bottema ve Woldring, 1984; Eastwood vd., 1998; Topuz vd., 2023; van Zeist vd., 1975). Fosil polen çalışmalarında, Orta Holosen döneminde Karamık Bataklığı, Beyşehir Gölü ve Hoyran Gölü gibi lokasyonların yüksek sedir oranlarıyla dikkat çektiği görülmektedir (Şekil 3 ve 6). Gavur Gölü de (~%19) bu gruba dâhil edilebilir (Topuz vd., 2023). Bu lokasyonlar, güncel veya Orta Holosen sedir uygun alan sınırları içinde veya yakınında bulunmaktadır (Özcan ve Çiçek, 2023; Xiao vd., 2022). Ancak uygun alan olmasına rağmen Batı Anadolu'daki Buldan Yayla Gölü, Belevi Gölü ve Elaia Limanı verilerinde sedir önemsiz değerlerle temsil edilmiştir (Doğan, 2022; Shumilovskikh vd., 2016; Stock vd., 2020). Bu nedenle, Buldan Yayla Gölü, Belevi Gölü ve Elaia Limanı gibi yerlerde yüksek sedir yüzdesi gözlemlenmemesi, sedir ormanlarının yerel ve parçalı bir yayılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, Pınarbaşı, Söğüt Gölü ve Gölhisar Gölü gibi birbirine yakın lokasyonlar, fosil polen verilerine göre, SBM Sonrası döneminden günümüze kadar önemli bir sedir ormanı habitatu sağlamamıştır.

#### 4.6. Geç Holosen

Geç Holosen dönemindeki fosil polen verileri, sedir oranlarında belirgin değişimlere işaret etmektedir (Şekil 6). Karamık Bataklığı, Hoyran Gölü ve Gavur Gölü gibi önemli lokasyonlarda yüksek sedir oranları (Şekil 3 ve 6) tespit edilmiştir (Topuz vd., 2023; van Zeist vd., 1975). Göreceli tarihlendirme verilerine göre Avlan Gölü (%17-37.9, ortalama %27.4) ve Elmalı (%2.5-28.2, ortalama %14), önemli sedir alanları arasındadır (Bottema ve Woldring, 1984). Bu iki lokasyon, Anadolu'nun ve dünyanın en büyük saf sedir ormanlarından biri olan Çığlıkara Sedir Ormanı'na (Atalay, 1987; Evcimen, 1962; OGM, 2012) sırasıyla 0 km ve 17 km mesafede bulunmaktadır. Bu lokasyonlarda sedir polenlerinin %50 oranında azalması, sedir polenlerinin uzak mesafelere taşınmadığını ve %5'in üzerindeki oranların çevrede sedir ormanı varlığına işaret ettiğini gösteren önceki bulgularla uyumludur (Hajar vd., 2010a). Bu nedenle, bu alanlar sedir ormanlarının dağılımını anlamak için önemlidir. Göreceli tarihlendirme verisine sahip diğer bir lokasyon olan Çanaklı'da (Şekil 3 ve 6) sedir oranı %3.6-21.3 arasında olup, ortalama %8.4 olarak kaydedilmiştir (Vermoere, 2004). Her ne kadar çok yüksek sedir oranlarına sahip olmasa da, sedir ormanlarının bölgedeki varlığını izlemek açısından önem taşır.

Karamık Bataklığı'nda ise (Şekil 3 ve 6) sedir oranı ~%17.2 ile %69 arasında değişmiş, ortalama %36.2 olarak oldukça yüksek seyretmiştir (van Zeist vd., 1975). Hoyran Gölü'nde (Şekil 3 ve 6) sedir oranı ~%2.5-34 arasında, ortalama ~%15 ulaşmıştır (van Zeist vd., 1975). Gavur Gölü'nde ise (Şekil 3 ve 6) maksimum ~%24.4, ortalama %10.8 olarak kaydedilmiştir (Topuz vd., 2023). Buna karşılık, Güneybatı Anadolu'daki Söğüt Gölü'nde (Şekil 3 ve 6) ortalama %3.3, Pınarbaşı'nda ise ~%5.3 olarak

kaydedilmiştir, ancak Pınarbaşı'nda dönemsel olarak ~%32'ye varan sedir oranları gözlemlenmiştir (Bottema ve Woldring, 1984; van Zeist vd., 1975). Köyceğiz Gölü'nde ortalama ~%1.8, Gölhisar Gölü II'de ~%1.6, Beyşehir Gölü I'de ise ~%6.6 oranında sedir tespit edilmiştir (Eastwood vd., 1998; van Zeist vd., 1975). Beyşehir Gölü II'de Geç Holosen'e dair yeterli veri bulunmamasıyla birlikte, bu bölge SBM'den günümüze sedir ormanlarının gelişimi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Bottema ve Woldring, 1984). Bu veriler (Şekil 3 ve 6), sedir ormanlarının Geç Holosen'deki bölgesel dağılımını ve yoğunluğunu anlamaya katkı sağlamaktadır. Özellikle Çığlıkara gibi sedir ormanlarına yakın alanlarda polen yüzdelilerindeki azalma, sedir ormanlarının bölgesel sınırlılıklarını ve polen taşınım kapasitesini göstermektedir.

#### 5. Sonuç

Bu çalışma, Anadolu'daki sedir ormanlarının SBM'den günümüze kadar olan ekolojik ve coğrafi değişimlerini inceleyerek, fosil ve güncel polen verilerine dayanarak bu ormanların tarihsel gelişimini gözler önüne sermiştir. Bulgular, sedir ormanlarının tarih boyunca parçalı ve yerel bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, Avlan ve Elmalı gölleri, sedir polenlerinin yerel dağılımını anlamak için önemli veriler sunmaktadır. SBM döneminde sedir varlığı oldukça sınırlı olup, SBM Sonrası ve özellikle Holosen dönemlerinde küresel olarak iklimin daha nemli ve sıcak olması ile ormanların genişlediği görülmüştür. Fosil polen analizleri, Karamık Bataklığı, Beyşehir Gölü ve Hoyran Gölü gibi lokasyonlarda, sedir ormanlarının Holosen boyunca önemli genişlemeler yaşadığını göstermektedir. Özellikle Erken ve Orta Holosen'de sedir ormanlarının daha yoğun temsil edildiği anlaşılmaktadır. Ancak, Orta ve Geç Holosen'de yerel bazda sedir varlığında azalmalar tespit edilmiştir. Güncel polen verileri ise sedir ormanlarının modern dönemde de parçalı bir dağılıma sahip olduğunu ve fosil polen sonuçlarıyla benzerlik gösterdiğini doğrulamaktadır. Teke Yarımadası ve Çığlıkara çevresindeki ormanlarda sedir polen oranı %90'a kadar çıkarken, diğer bölgelerde bu ormanların daha izole olduğu gözlemlenmiştir.

Sedir ormanlarının tarih boyunca iklim değişimlerine verdiği tepkiler, gelecekte bu ekosistemlerin korunması için önemli ipuçları sunmaktadır. SBM'den sonra düşük sedir varlığına sahip olan Anadolu ormanları, iklim koşullarının iyileştiği dönemlerde genişlemiş, ancak Holosen'deki iklim değişiklikleri ve insan etkileri nedeniyle bazı bölgelerde daralmıştır. Fosil ve güncel polen verilerinin birlikte değerlendirilmesi, sedir ormanlarının korunması ve yeniden ormanlaştırma süreçlerinde dikkate alınması gereken faktörleri ortaya koymaktadır. Özellikle Güneybatı Anadolu'daki yoğun sedir ormanlarının korunması, ekolojik denge için hayati önem taşımaktadır. Polen verileri, sedir ormanlarının uygun alanlarının belirlenmesi için iklim verilerine ek olarak iklim ve su (yıllık yağış miktarı, sıcaklık), topografya (rakım, eğim), jeoloji ve toprak (toprak ve kayaç tipi), biyocoğrafya (bitki rekabeti, hayvan otlatması) ve insan (tarım faaliyetleri, orman yangınları) gibi ana ve bu ana parametrelere ait alt parametrelerin birlikte modele dahil edilmesi gerektiğini göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, Anadolu'daki sedir ormanlarının tarihsel gelişimini fosil ve güncel polen verileri ışığında incelemiş ve bu ormanların parçalı ve yerel bir yayılım gösterdiğini ortaya koymuştur. Geçmişteki iklim değişikliklerinin orman

dağılımı üzerindeki etkilerini anlamak, bu ekosistemlerin sürdürülebilirliği için kritik bir rol oynayacaktır.

### Kaynakça

- Aertsen, W., Kint, V., van Orshoven, J., Özkan, K., Muys, B., 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*, 221: 1119–1130. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.01.007>
- Akıncı, M., 1963. Doğu Karadeniz mntikası (*Cedrus libani*) sedir meşcereleri. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, XIII B(1), 104-113.
- Atalay, İ., 1987. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich) ormanlarının yayılış gösterdiği alanlar ve yakın çevresinin genel ekolojik özellikleri ile sedir tohum transfer rejyonlaması. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayını.
- Aytuğ, B., 1967. Konya-Süberde dolaylarında Neolitik çağ florasının incelenmesi. İstanbul Orman Fakültesi Dergisi Seri A, 17 (2): 98-110.
- Beug, H., 1967. Contribution to the Postglacial vegetational history of northern Turkey. In: Quaternary paleoecology (Ed: Cushing, E., Wright, H.), Yale University Press, New Haven, pp. 349–356.
- Biltekin, D., Eriş, Çağatay, M.N., Akçer-Ön, S., Akkoca, D.B., 2018. Late Pleistocene–Holocene environmental change in eastern Turkey: multi-proxy palaeoecological data of vegetation and lake-catchment changes. *Journal of Quaternary Science*, 33(5): 575–585. <https://doi.org/10.1002/jqs.3037>
- Bottema, S., Woldring, H., 1984. Late Quaternary vegetation and climate of Southwestern Turkey Part II. *Paleohistoria*, 26: 123–149.
- Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B., 1993. Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. *Paleohistoria*, 35(36): 12–72.
- Bottema, S., Woldring, H., Kayan, İ., 2001. The late Quaternary vegetation history of western Turkey. The Ilıpınar Excavations II, 327–357.
- Boydak, M., 1986. Lübnan (Toros) sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) yayılışı, ekolojik ve silvikültürel nitelikleri, doğal ve yapay gençleştirme sorunları (Occurrence, ecological and silvicultural characteristics of *Cedrus libani* A. Rich. and its natural and artificial and regeneration problems). *Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 32(2): 7–56.
- Boydak, M., 1996. Toros sediri'nin (*Cedrus libani* A. Rich.) ekolojisi, silvikültürü ve doğal ormanlarının korunması. Orman Bakanlığı Yayın No.12, 78, Ankara.
- Boydak, M., 2003. Regeneration of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) on karstic lands in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 178: 231–243.
- Boydak, M., 2014. Toros sedirinin ekolojisi, doğal gençleştirilmesi ve bu türle karstik alan ağaçlandırmaları. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Akdeniz Ormanlarının Geleceği: Sürdürülebilir Toplum ve Çevre, 22-24 Ekim, Isparta, s. 1-25.
- Bozkurt, Y., 2021. Fosil polen analizlerine dayalı Yelten Sazlığı ve çevresinin paleovejetasyonu. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Dagher-Kharat, M. B., Mariette, S., Lefèvre, F., Fady, B., Grenier-De March, G., Plomion, C., Savouré, A., 2007. Geographical diversity and genetic relationships among *Cedrus* species estimated by AFLP. *Tree Genetics and Genomes*, 3(3): 275–285. <https://doi.org/10.1007/s11295-006-0065-x>
- Doğan, M., 2017. Fosil ve güncel polen analizleri ışığında Mucur çevresinin geç Holosen paleovejetasyonu. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Doğan, M., 2022. Son buzul maksimumu'ndan günümüze Yayla Gölü (Büyük Menderes-Denizli) ve çevresinin paleoekolojisi. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Doğan, M., 2024. Anadolu'nun temel tarımsal ürünleri: üzümün güncel ve fosil polen çalışmalarındaki temsili ve mevcut arazi kullanım durumu. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 22(2): 666-688.
- Doğan, M., Şenkul, Ç., 2022. Yayla Gölü (Buldan-Denizli) ve çevresinin güncel polen dağılımının tuzak, yosun ve yüzey sediman örnekleri ile incelenmesi. *Coğrafya Dergisi*, 0(45): 125–144.
- Eastwood, W. J., 1997. The Palaeoecological record of Holocene environmental change in southwest Turkey. PhD Dissertation, University of Wales, Birmingham, United Kingdom.
- Eastwood, W. J., Roberts, N., Lamb, H. F., 1998. Palaeoecological and archaeological evidence for human occupation in southwest Turkey: the Beyşehir occupation phase. *Anatolian Studies*, 48(1998): 69–86. <https://doi.org/10.2307/3643048>
- Eler, Ü., 1992. Sedir. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhelif Yayınlar Serisi: 66.
- England, A., 2006. Late Holocene palaeoecology of Cappadocia (Central Turkey): An investigation of annually laminated sediments from Nar Gölü crater lake. PhD Dissertation, School of Geography, Earth and Environmental Sciences The University of Birmingham, Birmingham.
- Evcimen, B. S., 1962. Türkiye sedir ormanlarının ekonomik önemi ve amenajman esasları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 27-65.
- Günay, T., 1990. Afyon-Emirdağ Yukarı Çaykışla vadisinde stepe geçiş kuşağında yeni tespit edilen bir sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) kalıntı meşceresi ve ekolojik özellikleri. Uluslararası Sedir Sempozyumu, 22-27 Ekim, Antalya, s. 53.
- Hajar, L., François, L., Khater, C., Jomaa, I., Déqué, M., Cheddadi, R., 2010a. *Cedrus libani* (A. Rich) distribution in Lebanon: past, present and future. *Comptes Rendus - Biologies*, 333: 622–630. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2010.05.003>
- Hajar, L., Haïdar-Boustani, M., Khater, C., Cheddadi, R., 2010b. Environmental changes in Lebanon during the Holocene: man vs. climate impacts. *Journal of Arid Environments*, 74: 746–755. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.11.002>
- Hancock, J. F., 2021. Spices, scents and silk: catalysts of world trade. CABI, Wallingford.
- Hilton-Taylor, C., 2000. 2000 IUCN red list of threatened species. IUCN. UCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Ibrahim, A., Koubaily, E., Thabeet, A., 2015. Monitoring the response of natural stands of *Cedrus libani* A. Richard in Syria to climatic variables by MODIS NDVI. *Tishreen University Journal of Studies and Scientific Research Series: Biological Sciences*, 37(6): 20.
- Ibrahim, A., Koubaily, E., Thabeet, A. 2021. Modeling the natural regeneration of *Cedrus libani* A. Richard in Slenfeh, Syria, using binary logistic regression. *Modeling Earth Systems and Environment*, 7(1): 41–55. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00939-y>
- Jasińska, A. K., Boratyńska, K., Sobierajska, K., Romo, A., Ok, T., Kharat, M. B. D., Boratyński, A., 2013. Relationships among *Cedrus libani*, *Cedrus brevifolia* and *Cedrus atlantica* as revealed by the morphological and anatomical needle characters. *Plant Systematics and Evolution*, 299(1): 35–48. <https://doi.org/10.1007/s00606-012-0700-y>
- Kalıpçı, E. 2019. Karataş Gölü ve yakın çevresinin paleovejetasyonu. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kaniewski, D., De Laet, V., Paulissen, E., Waelkens, M., 2007. Long-term effects of human impact on mountainous ecosystems, western Taurus Mountains, Turkey. *Journal of Biogeography*, 34(11): 1–23. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01753.x>

- Karhoğlu Kılıç, N., Şenkul, Ç., Memiş, T., Doğan, M., 2019. Salurtepe Dağı (Elmalı-Antalya) ardıc ormanında güncel polen dağılımının incelenmesi. *Journal of Geography*, 0(38): 11–22. <https://doi.org/10.26650/jgeog2019-0007>
- Linares, J. C., Taiqui, L., Camarero, J. J., 2011. Increasing drought sensitivity and decline of atlas cedar (*Cedrus atlantica*) in the moroccan middle atlas forests. *Forests*, 2(3): 777–796. <https://doi.org/10.3390/f2030777>
- Litt, T., Krastel, S., Sturm, M., Kipfer, R., Örcen, S., Heumann, G., Franz, S. O., Ülgen, U. B., Niessen, F., 2009. “PALEOVAN”, international continental scientific drilling program (ICDP): site survey results and perspectives. *Quaternary Science Reviews*, 28(15–16): 1555–1567. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.03.002>
- Mayer, H., Sevim, M., 1959. Lübnan sediri, Lübnan’daki 5000 yıllık tahribatı, Anadolu’daki bugünkü yayılış sahası ve bu ağaç türünün Alplere tekrar getirilmesi hakkında düşünceler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(2): 111–142.
- Memiş, T., 2017. Fossil pollen analizleri ışığında Tuzla Gölü çevresinin geç Holosen paleovejetasyonu. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Miebach, A., Niestrath, P., Roeser, P., Litt, T., 2016. Impacts of climate and humans on the vegetation in northwestern Turkey: palynological insights from Lake İznik since the Last Glacial. *Climate of the Past*, 12(2): 575–593. <https://doi.org/10.5194/cp-12-575-2016>
- Odabaşı, T., 1967. Lübnan Sediri (*Cedrus Libani* Loud.)’nin kozalak ve tohumu üzerine araştırmalar. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*. <https://doi.org/https://doi.org/10.17099/jffiu.11789>
- OGM., 2012. Türkiye Ormanları. Orman Genel Müdürlüğü, Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM., 2021. 2020 Türkiye orman varlığı. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz/Turkiye-Orman-Varligi>, Erişim:20.01.2025.
- OGM., 2025. Ormancılık istatistikleri 2025. Resmi istatistik programı kapsamındaki ormancılık istatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Erişim:15.01.2025.
- Özcan, A. U., Çiçek, K., 2023. How long do we think humans have been planting forests? A case study with *Cedrus libani* A. Rich. *New Forests*, 54: 49–65. <https://doi.org/10.1007/s11056-021-09900-y>
- Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., ... Talamo, S. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62(4), pp. 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>
- Rich, S. A. 2017. Cedar Forests, Cedar Ships: Allure, Lore, and Metaphor in the Mediterranean Near East. *Archaeopress, Archaeopress, Oxford*.
- Roberts, N., Reed, J. M., Leng, M. J., Kuzucuoğlu, C., Fontugne, M., Bertaux, J., Woldring, H., Bottema, S., Black, S., Hunt, E., Karabiyikoğlu, M., 2001. The tempo of Holocene climatic change in the eastern Mediterranean region: new high-resolution crater-lake sediment data from central Turkey. *Holocene*, 11(6): 721–736. <https://doi.org/10.1191/09596830195744>
- Saatçioğlu, F., 1956. Lübnan sedirinin (*Cedrus libani* Barr.) tohumu üzerine araştırmalar. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*. 35-64.
- Sattout, E. J., Nemer, N., 2008. Managing climate change effects on relic forest ecosystems: A program for Lebanese cedar. *Biodiversity*, 9(3–4): 122–130. <https://doi.org/10.1080/1488386.2008.9712917>
- Şekeryapan, C., Streurman, H. J., van der Plicht, J., Woldring, H., van der Veen, Y., Boomer, I., 2020. Late Glacial to mid Holocene lacustrine ostracods from southern Anatolia, Turkey: A palaeoenvironmental study with pollen and stable isotopes. *Catena*, 188: 104437. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104437>
- Şenkul, Ç., 2018. *Abies cilicica* ormanının (Karlık Dağı/Burdur-Bucak) güncel polen dağılımı: polen tuzakları, kara yosunu örnekleri ve yüzey sediman örneği arasındaki ilişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 45:205–226.
- Şenkul, Ç., Doğan, M., 2018. Fossil ve güncel polen analizleri ışığında Mucur Obruk Gölü çevresinin paleovejetasyon değişimleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 70(70): 19–28. <https://doi.org/10.17211/tcd.342955>
- Şenkul, Ç., Memiş, T., Eastwood, W. J., Doğan, U., 2018a. Mid-to late-Holocene paleovegetation change in vicinity of Lake Tuzla (Kayseri), Central Anatolia, Turkey. *Quaternary International*, 486: 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.026>
- Şenkul, Ç., Doğan, M., Karhoğlu Kılıç, N., Eastwood, W. J., 2018b. Modern pollen distribution of the Teke Peninsula forests: The case of the Ördübek Highland. *Eurasian Journal of Forest Science*, 6(4): 58–75. <https://doi.org/10.31195/ejejfs.495687>
- Şenkul, Ç., Karhoğlu Kılıç, N., Kargioğlu, M., 2018c. Teke Yarımadası ormanlarında güncel polen dağılımının ve mikro iklim koşullarının belirlenmesi. TÜBİTAK Proje No: 214O249, Isparta.
- Şenkul, Ç., Karhoğlu Kılıç, N., Kargioğlu, M., Kulakoğlu, F., Eastwood, W. J., Doğan, U., 2018d. Kültepe (Kayseri) çevresinin fosil ve güncel polen analizleri ışığında Holosen ortamsal değişimi. TÜBİTAK Proje No: 114Y578.
- Şenkul, Ç., Kalıpçı, E., 2019. Güneybatı Anadolu’dan yeni bir paleoekolojik değerlendirme: Karataş Gölü ve çevresinin geç Holosen paleovejetasyon değişimleri ve iklim ile ilişkileri. *Journal of Geography*, 0(38): 35–47. <https://doi.org/10.26650/jgeog2019-0006>
- Şenkul, Ç., Karhoğlu Kılıç, N., 2019. Modern pollen distribution of Çıglıkara *Cedrus libani* forest (Southwest of Turkey). *Comptes Rendus de L’Academie Bulgare des Sciences*, 72(6): 758–767. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2019.06.08>
- Şenkul, Ç., Bozkurt, Y., Ünlü, Y., 2022. Fossil pollen ve jeokimyasal ( $\mu$ -xrf) analizler ışığında yelten sazlığı (Antalya-Korkuteli) ve çevresinin son 2.100 yıllık paleovejetasyon ve paleoklimi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 81: 141–156. <https://doi.org/10.17211/tcd.1158654>
- Şenkul, Ç., Gürboğa, Ş., Doğan, T., Doğan, M., Ünlü, Y., Bozkurt, Y., 2024. Problems in dating results on lake sediments: Türkiye. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 175: 125-148. <https://doi.org/https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.1440145>
- Sevim, M., 1952. Lübnan sedirinin (*Cedrus libani* Barr.) Türkiye’deki tabii yayılışı ve ekolojik şartları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A, II (2): 19-46.
- Sevim, M., 1995. Batı Toroslar’da arazi şekli ve kalker topraklarının ağaç yetiştirme değerleri hakkında bazı müşahadeler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, İstanbul., A, 5 (1): 39-45.
- Shumilovskikh, L. S. 2013. Vegetation, climate and environmental dynamics of the Black Sea/Northern Anatolian region during the last 134 ka obtained from palynological analysis. *der Georg-August University School of Science (GAUSS), Göttingen, Germany*.
- Shumilovskikh, L. S., Seeliger, M., Feuser, S., Novenko, E., Schlütz, F., Pint, A., Pirson, F., Brückner, H., 2016. The harbour of Elaia: A palynological archive for human environmental interactions during the last 7500 years. *Quaternary Science Reviews*, 149: 167–187. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.07.014>
- Sowada, K. N., 2009. Egypt in the Eastern Mediterranean During the Old Kingdom: An Archaeological Perspective. *Fribourg, Switzerland/Göttingen, Germany: Academic Press/Vandenhoeck Ruprecht*.

- Stock, F., Laermanns, H., Pint, A., Knipping, M., Wulf, S., Hassl, A. R., Heiss, A. G., Ladstätter, S., Opitz, S., Schwaiger, H., Brückner, H., 2020. Human-environment interaction in the hinterland of Ephesos-As deduced from an in-depth study of Lake Belevi, west Anatolia. *Quaternary Science Reviews*, 244: 106418. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106418>
- Sullivan, D. G., 1989. Human-induced vegetation change in Western Turkey: Pollen evidence from central Lydia. PhD Dissertation, University of California, California, USA.
- Topuz, M., Karlıoğlu Kılıç, N., Yılmaz Dağdeviren, R., Karabulut, M., 2023. The vegetation history of Lake Gâvur and surrounding areas during the last 4400 years BP (Kahramanmaraş, Türkiye). *Türk Coğrafya Dergisi*, 84: 97–103.
- Trethewey, K., 2017. *Ancient Lighthouses*. Jazz-Fusion Books, Gravesend, UK.
- van Zeist, W., Timmers, R. W., Bottema, S., 1968. Studies of modern and Holocene pollen precipitation in Southeastern Turkey. *Palaeohistoria*, 14: 19–39.
- van Zeist, W., Woldring, H., Stapert, D., 1975. Late Quaternary vegetation and climate of the Southwestern Turkey. *Paleohistoria*, 17: 53–143.
- Varol, M., 1965. Erbaa-Çatalan ve Niksar-Akincıköy sedir meşcereleri ve alınması gerekli silvikültürel tedbirler hakkında bazı tavsiyeler. *Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 11(2): 50-63.
- Vermoere, M., 2004. Holocene Vegetation history in the territory of Sagalassos (Southwest Turkey): a palynological approach. *Studies in eastern Mediterranean archaeology*, Brepols Publishers, Turnhout.
- Vermoere, M., Smets, E., Waelkens, M., Vanhaverbeke, H., Librecht, I., Paulissen, E., Vanhecke, L., 2000. Late Holocene environmental change and the record of human impact at Gravgaz near Sagalassos, Southwest Turkey. *Journal of Archaeological Science*, 27(7): 571–595. <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0478>
- Vermoere, M., Vanhecke, L., Waelkens, M., Smets, E., 2001. Modern pollen studies in the territory of Sagalassos (Southwest Turkey) and their use in the interpretation of a late Holocene pollen diagram. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 114(1–2): 29–56. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(00\)00072-5](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(00)00072-5)
- Vermoere, M., Vanhecke, L., Waelkens, M., Smets, E., 2003. Modern and ancient olive stands near Sagalassos (South-west Turkey) and reconstruction of the ancient agricultural landscape in two valleys. *Global Ecology and Biogeography*, 12(3): 217–235. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00014.x>
- Wazen, N., Garavaglia, V., Picard, N., Besacier, C., Fady, B., 2018. Geographic Distribution of 24 Major Tree Species in the Mediterranean and Their Genetic Resources. *FAO and Plan Bleu, General Technical Report*.
- Wick, L., Lemcke, G., Sturm, M., 2003. Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: High-resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey. *Holocene*, 13(5): 665–675. <https://doi.org/10.1191/0959683603hl653rp>
- Woldring, H., 2001. Climate change and the onset of sedentism in Cappadocia. *Central Anatolian Neolithic e-Workshop: The Neolithic of Central Anatolia*, 23-24 Kasım, İstanbul, Turkey, pp. 59- 66.
- Woldring, H., Bottema, S., 2002. The vegetation history of East-Central Anatolia in relation to archaeology: the Eski Acigol pollen evidence compared with the Near Eastern environment. *Palaeohistoria*, 43/44: 1–34.
- Xiao, S., Li, S., Wang, X., Chen, L., Su, T., 2022. *Cedrus* distribution change: past, present, and future. *Ecological Indicators*, 142: 109159. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109159>
- Yadav, R. R., Misra, K. G., Kotlia, B. S., Upreti, N., 2014. Age of Himalayan cedar outside its natural home in the Himalayas. *Current Science*, 106(7): 932–935. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.05.002.16>
- Yaltırık, F., 1988. *Dendroloji Ders Kitabı I. Gymnospermae (Açık Tohumlular)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları 3443/386, İstanbul.

## Instructions for authors

Manuscript should be prepared in A4 page size, with Times New Roman font and 12 pt font size, as plain text. Unless necessary, no special formatting should be used. Page and line numbers should be included into the manuscript. Please check out the explanations below for other details.

*Cover page:* Cover page should include title of the manuscript, names and contact information of the authors.

*Title and abstract (Turkish and English):* Abstract should not exceed 250 words, and briefly explains rationale, goals, methods, results and recommendations of the study. Keywords with 3-6 words should be included at the end of the abstract.

*Main text:* Main body of the manuscript should be written in single line spacing, and it should not exceed a total of 15 pages including tables and figures. Headings should be numbered as follows: 1., 1.1., 1.1.1.

*Footnotes:* Use of footnotes within the text should be avoided as much as possible. If necessary, it can be used below tables and figures.

*Symbols and abbreviations:* Unit symbols should comply with The International System of Units. Abbreviations should be explained briefly within a parenthesis where it appears first.

*References:* In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Oliver et al., 1996; Geray, 1998). At the end of the paper, references should be ordered first alphabetically and then chronologically. If there is more than one paper from the same author for a given year, these references should be identified by the letters a, b, c..., after the year of publication (For example: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). See Appendix 1 for details on references.

*Tables and figures:* All tables and figures (graphs, photographs, maps, etc.) should be numbered in the order of their citation in the text. Titles of the tables should be located above, and titles of the figures should be located below the related table or figure. In Turkish articles, the English equivalents of "Çizelge" and "Şekil" should also be provided as "Table" and "Figure," respectively, in their titles. Tables and figures should be simple, and their text, number, and symbol components should be easily visible and understandable. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution and 8.15 or 17 cm width. Characters within the figures should be in Times New Roman font type and 8 pt font size.

*Submission of a manuscript:* All review and publishing processes are carried out online in [DergiPark Academic](#). Authors should first "[register](#)" and "[login](#)" to the system and then upload their manuscript with a "[cover letter and copyright transfer form](#)".

## Yazar rehberi

Makale A4 sayfa boyutunda, 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve düz metin şeklinde hazırlanmalıdır. Zorunlu olmadıkça hiçbir özel format kullanılmamalıdır. Makaleye sayfa ve satır numarası eklenmelidir. Diğer hususlar için lütfen aşağıdaki açıklamalara bakınız.

*Kapak sayfası:* Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri yer almalıdır.

*Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce):* Özet, 250 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalı, kısaca araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 kelimedenden oluşan anahtar kelimeler eklenmelidir.

*Ana metin:* Makale ana metni tek satır aralıklı olarak yazılmalı, çizelge ve şekillerle birlikte toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Konu başlıkları 1., 1.1., 1.1.1., şeklinde numaralandırılmalıdır.

*Dipnotlar:* Metin içerisinde dipnotlardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Çizelge ve şekillerde ise gerekli olması halinde ilgili objenin altında kullanılabilir.

*Semboller ve kısaltmalar:* Birim sembolleri Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) uygun olmalıdır. Kısaltmalar ise metin içerisinde ilk geçtiği yerde parantez içinde açıklanmalıdır.

*Kaynaklar:* Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayın yılı ile birlikte verilmelidir (Örnek: Oliver vd., 1996; Geray, 1998). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayın yılından sonra gelecek a, b, c... harfleriyle ayrılmalıdır (Örnek: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). Kaynaklar hakkında detaylar için Ek 1'e bakınız.

*Çizelgeler ve şekiller:* Bütün çizelge ve şekiller (grafik, fotoğraf, harita vb.) metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Çizelgelerin başlıkları üzerinde ve şekillerin başlıkları altında yer almalıdır. Türkçe makalelerde, çizelge ve şekillerin başlıklarında "Table" ve "Figure" şeklinde İngilizce karşılıkları da belirtilmelidir. Çizelge ve şekiller mümkün olduğu kadar sade olmalı, içeriklerindeki metin, rakam, sembol vb. unsurlar net olarak görünür ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde ve 8.15 ya da 17 cm genişliğinde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde ve 8 punto büyüklüğünde olmalıdır.

*Makalenin gönderilmesi:* Dergimizin tüm hakemlik ve yayıncılık faaliyetleri online olarak [DergiPark Akademik](#) üzerinden yürütülmektedir. Yazarların öncelikle dergimize "[kayıt](#)" olup sisteme "[giriş](#)" yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte "[üst yazı ve telif devir](#)" formunu sisteme yüklemelidirler.

## Appendix 1. References

In accordance with generally accepted principles; author, publication year, title, publisher, page numbers and other appropriate information should be given for each reference.

*Electronic references:* Ordinary internet sites sources with limited credibility and permanence should not be used as an electronic reference. If a publication exists in both print and electronic versions, the print version should be preferred as a reference.

If used, electronic sources should be treated as printed sources; author, year of publication, title of the article or web page, publisher's name and place should be given. DOI numbers should be included at the end if an online-only publication is used as reference.

### *Periyodik dergilerde makale / Article in periodical journals*

Binkley, D., Stape, J.L., Ryan, M.G., 2004. Thinking about efficiency of resource use in forests. *Forest Ecology and Management*, 193: 5-16.

Acar, H.H., Ünver, S., 2012. Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2): 97-102.

### *Kitap / Book*

Boydak, M., Çalıköglü, M., 2008. Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich) Biyolojisi ve Silvikültürü. Ormancılık Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, Ankara.

Oliver, C.D., Larson, B.C., 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley and Sons, New York.

### *Kitapta bölüm / Reference to a chapter in an edited book*

Little, C.H.A., Pharis, R.P., 1995. Hormonal control of tree stem growth. In: *Plant Stems: Physiology and Functional Morphology* (Ed: Gartner, B.L.), Academic Press, New York, pp. 281-319.

Öztekin, M., 2014. *Phlomis L. (Çalbalar)*. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıkları (Ed., Akkemik, Ü.), Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, s: 385-389.

### *Tez / Thesis and dissertation*

Gürlevik, N., 2002. Stand and soil responses of a loblolly pine plantation to midrotation fertilization and vegetation control. PhD Dissertation, North Carolina State University, NC, USA.

Işık, F., 1998. Kızılcımanın (*Pinus brutia* Ten.) genetik çeşitlilik, kalıtım derecesi ve genetik kazancın belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

### *Konferans bildirisi / Conference proceedings*

Erdönmez, C., Ok, K., 2009. Özel ağaçlandırmaları etkileyen sosyo-ekonomik etkenler. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat, Isparta, s. 74-80.

Erkan, N., 2002. Growth performance of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) in natural forest and plantation in Turkey. *Proceedings of IUFRO Meeting: Management of Fast Growing Plantations*, 11-13 September, Izmit, Turkey, pp. 67-74.

### *Elektronik kaynak / Electronic reference*

FAO, 2011. Fact and figures: Forest cover. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/forestry/28808/en/>, Accessed: 22.12.2012.

OGM, 2009. Ormancılık istatistikleri 2009. Resmi istatistik programı kapsamındaki ormancılık istatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, [http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/istatistikler/ormancilik\\_ist\\_2009.pdf](http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/istatistikler/ormancilik_ist_2009.pdf), Erişim: 06.02.2013.

## Ek 1. Kaynaklar

Genel kabul görmüş ilkelere uygun olarak, her bir yayının yazarı, yayın yılı, başlığı, yayıncısı, sayfa numarası ve gerekli diğer bilgileri verilmelidir.

*Elektronik kaynaklar:* Sıradan bir internet sitesi gibi güvenilirliği ve devamlılığı şüpheli olan elektronik kaynaklar tercih edilmemelidir. Eğer bir kaynağın hem elektronik hem de basılı hali mevcutsa, basılı olanı referans gösterilmelidir.

Eğer kullanılacaksa, elektronik kaynaklar da basılı kaynaklar gibi düşünülmeli; yazar, yayın yılı, makale veya internet sayfasının başlığı, yayıncı adı ve yeri verilmelidir. Sadece çevrimiçi yayın yapan dergilerde DOI numarası da kaynağın sonuna eklenmelidir.

### *Standartlar/Standarts*

TS 2472, 2005. Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara

ASTM-D 1413-007, 2007. Standart test methods of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures. Annual Book of ASTM Standarts, USA.

### *Çeviri kaynak/Translated reference*

Eyüboğlu, A.K., 1979. Fidan (Çeviri: Cleary, B.D., Greaves, R.D., Owston, P.W., 1978. Seedlings. Oregon State University, School of Forestry, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Corvallis, Oregon, USA). Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2:31-69.

### *Proje raporu/Project report*

Yılmaz, E., Abbak, A., Kırış, R., Sayın, M.A., 2015. Orman Amenajman Planlamasının Sosyal Boyutu: Pozantı Orman İşletme Şefliğinde Örnek Uygulama. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 20.5315/2014-2015, Tarsus.

### *Teknik rapor/Technical report*

Davis, C.T., Kellogg, L.D., 2005. Measuring Machine Productivity with the MultiDAT Datalogger: a Demonstration on Three Forest Machines. USDA Forest Service, General Technical Report, PSWGTR-194.

Keskin, S., 1989. Kokulu Ardiç (*J. foetidissima* Willd.) ve Boylu Ardiç (*J. excelsa* Bieb.) Çeliklerinin Köklendirilmesi Üzerine Çalışmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Raporlar Serisi, No: 36-39, Ankara.

### *Teknik bülten/Technical bulletin*

Eyüboğlu, A.K., Atasoy, H., Küçük, M., 1992. Doğu Karadeniz Bölgesinde Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Orijin Denemelerinin 9 Yıllık Sonuçları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi, No: 237, Ankara.

