



ANADOLU ORMAN ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

ANATOLIAN JOURNAL OF
FOREST RESEARCH

ISSN 1309-856X

EISSN 2564-7660



Cilt 11 No:1 Haziran 2025

Vol: 11 Issue: 1 June 2025



Foto: Merve Kalaycı Kadak

Romanya Iaşı Botanik Bahçesi

**Anadolu Orman
Araştırmaları
Dergisi**



**Anatolian
Journal of Forest
Research**

**ISSN: 1309-856X
E-ISSN: 2564-7660**

Cilt: 11 No: 1 Haziran 2025

Vol: 11 Issue: 1 June 2025

Editör Kurulu

Doç. Dr. Meriç ÇAKIR
Editör

Dr. Semih EDİŞ
Editör Yardımcısı

Dr. Ebru GÜL
Dil Editörü

Doç. Dr. Borut BOSANCİC	Genetik ve Biyoistatistik
Doç. Dr. Davut BAKIR	Odun Koruma Teknolojisi
Doç. Dr. Özdemir ŞENTÜRK	Toprak İlimi ve Ekoloji
Prof. Dr. Serkan GÜLSOY	Toprak İlimi ve Ekoloji
Prof. Dr. Mustafa AKGÜL	Orman Ürünleri Transportu
Prof. Dr. Gonca Ece ÖZCAN	Orman Entomolojisi ve Koruma
Prof. Dr. Mert EKŞİ	Peyzaj Mimarlığı
Doç. Dr. Serban CHIVULESCU	Orman Ekolojisi

Dizgi Sorumlusu & Kapak Tasarımı
Dr. Meriç ÇAKIR

Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Dekanlığı 18200 Çankırı / TÜRKİYE
Tel: +90 376 212 2757 Fax: +90 376 213 6983

Bu dergi yılda iki defa yayınlanır

Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, Çankırı Karatekin Üniversitesi'nin 24.03.2010 tarih ve 11/3 sayılı kararı Yönetim Kurulu kararı uyarınca HAKEMLİ DERGİ olarak yayımlanmaktadır.

Aşağıdaki kaynaklar tarafından indekslenmektedir:

TR Dizin, SOBIAD

**Anadolu Orman
Araştırmaları
Dergisi**



**Anatolian
Journal of Forest
Research**

**ISSN: 1309-856X
E-ISSN: 2564-7660**

Cilt: 11 No: 1 Haziran 2025 Vol: 11 Issue: 1 June 2025

Board of Editors

Assoc. Prof. Dr. Meriç ÇAKIR
Editor

Dr. Semih EDİŞ
Associate Editor

Assoc. Prof. Dr Borut BOSANCİC	Genetics and Biostatistics
Assoc. Prof. Dr Davut BAKIR	Wood Protection Technology
Assoc. Prof. Dr Özdemir ŞENTÜRK	Soil Science and Ecology
Prof. Dr. Serkan GÜLSOY	Soil Science and Ecology
Prof. Dr. Mustafa AKGÜL	Forest Products Transport
Prof. Dr. Gonca Ece ÖZCAN	Forest Entomology and Protection
Prof. Dr. Mert EKŞİ	Landscape Architecture
Assoc. Prof. Dr Serban CHIVULESCU	Forest Ecology

Compositor & Cover Design
Dr. Meriç ÇAKIR

Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Dekanlığı 18200 Çankırı / TURKEY
Telephone: +90 376 212 2757 Fax: +90 376 213 6983

This journal is published twice a year

Anatolian Journal of Forest Research has been published as REFEREED JOURNAL according to 03/24/2010 dated and 11/3 numbered decision of the Administrative Board of Çankırı Karatekin University

Abstracted and indexed in:

TR Dizin, SOBIAD



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

• Tınaz Dağının (Burdur) sosyoekonomik koşulları ve arazi kullanımı açısından 20 yıllık değişimi	1
• <i>Socioeconomic conditions and land use changes of Tınaz Mountain (Burdur) in 20 years</i> Ahmet Acarer, Ahmet Mert	
• Tarihi Osmanlı camilerine ait ahşap minberlerin yapım tekniği ve bezeme anlayışı açısından incelenmesi (Erzurum Yakutiye örneği)	10
• <i>Examination of the construction technique and ornamentation understanding of wooden pulpits in historical Ottoman Mosques (Case study of Erzurum Yakutiye)</i> Musa Kaya, Ramazan Bülbül	
• Depolanmış Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky) tohumlarında bazı kaplama işlemlerinin toplam yağ ve yağ asit kompozisyonu üzerine etkisi	19
• <i>The effect of some coating processes on total fat and fatty acid composition in stored Oriental Beech (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky) seeds</i> Şeyma Selin Akın, Sezgin Ayan	
• Bazı verniklerin ahşap esaslı levhaların ısı iletkenlik özelliklerine etkileri	30
• <i>Effects of some varnishes on the thermal conductivity properties of wood based panels</i> Hikmet Şahin, Nihat Döngel	
• Bartın ve Kastamonu yöresi doğu kayını ormanlarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının değişimi	38
• <i>Changes in carbon concentration of tree components for oriental beech forests in Bartın and Kastamonu Region</i> Şükrü Teoman Güner, Eren Gürsoy Özdemir, Aydın Çömez, Sevgi Kaya	
• Insect fauna of Korugöl Natural Park, Düzce	45
• <i>Düzce, Korugöl Tabiat Parkı böcek faunası</i> Beşir Yüksel, Nuray Öztürk, Esra Türkoğlu	
• Doğu ladininin farklı gövde yüksekliklerinde bulunan geçit tiplerinin boyutları	50
• <i>The dimensions of pit types found at different stem heights of Oriental spruce</i> Davut Bakır, Ayşe Dilek Doğu	
• Kentsel planlama ve çevresel izleme için fotogrametri tabanlı ağaç modelleme	60
• <i>Effects of some varnishes on the thermal conductivity properties of wood based panels</i> Abdurahman Yasin Yiğit, Ali Ulvi	
• Sapelli glulam ahşap merdiven ve merdiven bağlantılarının davranışının incelenmesi	72
• <i>Investigation of the behavior of Sapele glulam wooden stairs and stair connections</i> Nurettin Gökbulut, Nihat Döngel	



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

• Türkiye’de sulak alanların kullanımı ve tahribatına bir örnek saha; Sarıkum Tabiat Alanı (Sinop)	
• <i>A case study of wetland utilization and degradation in Türkiye: Sarıkum Nature Reserve (Sinop)</i>	78
Ali İmamoğlu, Onur Yılmaz	
• Çimentolu yongalevhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine silis dumanı ve uçucu külün sinerjik etkisi	
• <i>The synergistic effect of silica fume and fly ash on the physical and mechanical properties of cement-bonded particleboards</i>	85
Hüsnü Yel	
• Potential distribution mapping of <i>Orchis anatolica</i> (Boiss.) naturally distributed in Isparta province	
• <i>Isparta ili’nde doğal yayılım gösteren Orchis anatolica (Boiss.)’nın potansiyel dağılım haritalaması</i>	92
Ebru Hatice Tıǧlı Kaytanlıoğlu, Hüseyin Fakir	
• Orman, maden ve yerel halk: doğanın dengesi (Daday Orman İşletme Müdürlüğü örneği)	
• <i>Forest, mining and local people: the balance of nature (Daday Forest Management Directorate case study)</i>	100
İlknur Cesur, Mahmut Ersin	
• Kampüs yeşil alanlarındaki odunsu bitki çeşitliliğinin sürdürülebilir yönetimi: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Bahçeköy kampüsü örneği	
• <i>Sustainable management of woody plant diversity in campus green spaces: the case of İstanbul University-Cerrahpaşa, Bahçeköy campus</i>	111
Aysel Ulus, Şerife Doğanay Yener, Eren Dağra Sökmen, Merve Tanfer, Selim Bayraktar	
• Adana-Kozan yöresi Sedir meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi	
• <i>Development of tree volume equations for Cedar stands in Adana-Kozan region</i>	121
Serkan Boz, Fadime Sağlam	
• Investigation of the effect of pilot hole diameter, pilot hole depth and thickness on screw direct withdrawal resistance in OSB	
• <i>OSB’lerde pilot delik çapı, pilot delik derinliği ve levha kalınlığının vida çekme direnci üzerine etkisinin incelenmesi</i>	129
Emre Birinci, Alperen Kaymancı	
• İklim değişikliği kentsel yeşil alan ilişkisinde, kullanıcı algılarının incelenmesi: Tekirdağ ili Ergene ilçesi örneği	
• <i>Investigation of user perceptions in the relationship between climate change and urban green space: the case of Ergene district of Tekirdağ province</i>	135
Gizem Senanur Gözler, Tuğba Kiper	



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

• Determination of social perception of the role of forest fire break roads and fire lanes in fire prevention	
• <i>Orman yangın emniyet yolları ve şeritlerinin yangın önlemedeki rolüne dair toplumsal algının belirlenmesi</i>	153
Çiğdem Özer Genç, Kadir Can Demirci	
• Gökmar ve karaçam tahtalarının TS 1265 standardına göre görsel mukavemet sınıflandırması	
• <i>Visual strength grading of fir and black pine boards according to TS 1265 standard</i>	162
Fatih Kurul	
• Ormancılık faaliyetlerinin kırsal halkın ekonomik ve sosyal yaşamındaki yeri ve önemi: Kütahya orman köylerinde bir araştırma	
• <i>The place and importance of forestry activities in the economic and social life of rural people: A study in forest villages of Kütahya</i>	168
Murat Köse, Bekircan Balcı, İsmail Tosun	
• Examination of botanical gardens as urban green and open spaces in terms of ecosystem services: The case of Iasi Botanical Garden, Romania	
• <i>Kentsel açık ve yeşil alan olarak botanik bahçelerinin ekosistem servisleri açısından deneyimsel olarak incelemesi: Romanya Iasi Botanik Bahçesi örneği</i>	180
Merve Kalaycı Kadak	
• Türkiye'de ekosistem hizmetleri konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi	
• <i>Bibliometric analysis of graduate theses on ecosystem services in Türkiye</i>	191
Ufuk Demirci, Saim Yıldırım	
• Çankırı Orman Fakültesi Araştırma Ormanında iklim sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması ve mekânsal dağılım analizi	
• <i>Comparison of climate classification methods and spatial distribution analysis in the Research Forest of Çankırı Faculty of Forestry</i>	201
Semih Ediş, Servet Pehlivan	
• Endemik Ehrami Karaçam (<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>fastigiata</i> Businský) tohumlarında çimlenme dinamikleri ve fungal kolonizasyon	
• <i>Germination dynamics and fungal colonization in seeds of the endemic Ehrami Black Pine (<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>fastigiata</i> Businský)</i>	212
Şeyma Semercioğlu, Funda Oskay	
• Farklı arazi kullanım türü/örtüsü altındaki toprakların erozyon duyarlılıklarının değerlendirilmesi (Karataşbağı Deresi Havzası)	
• <i>The evaluation of erosion susceptibility of soils under different land use types/cover (Karataşbağı stream catchment)</i>	225
Meltem Tunca, Ceyhan Göl	



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

- Is *Macrophomina phaseolina* an emerging threat in Turkish forest nurseries?
- *Macrophomina phaseolina* Türkiye orman fidanlıklarında yükselen bir tehdit mi? 234
Aleyne Çelik, Funda Oskay

Derleme / Review

- İklim verilerinin peyzaj planlama sürecine entegrasyonunda biyoiklimsel konfordan yararlanma olanakları üzerine bir araştırma
- *An investigation into the utilization of bioclimatic comfort in integrating climate data into the landscape planning process* 243
Esra Mirza Sert, Mehmet Topay



Tınaz Dağının (Burdur) sosyoekonomik koşulları ve arazi kullanımı açısından 20 yıllık değişimi

Ahmet Acarer ^{1*}, Ahmet Mert ¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 04/11/2024

Kabul Tarihi: 07/01/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1578759>

*Corresponding author:

aacar32@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Bu çalışma, Tınaz dağı (Burdur) yöresinde bulunan maden ocaklarının sosyoekonomik koşulları ve arazi kullanımının 20 yıllık değişimini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Yöntemler Çalışma alanı için 2004 ve 2024 yıllarına ait Landsat uydu verileri indirilmiştir. Arazi kullanım sınıflarını belirlemek için indirilen uydu verilerine

segmentasyon uygulanmıştır. İki yıl için elde edilen segmentasyon farkları sosyoekonomik koşullardaki değişimi yorumlamak için kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen bu segmentasyon verileri çalışma alanı ölçeğinde oluşturulan 500x500 m büyüklüğündeki kareler yardımıyla alanın Shannon-Wiener çeşitlilik indisi haritalamasında kullanılmıştır.

Bulgular 2004 ve 2024 yılları için oluşturulan çeşitlilik indeksi haritaları incelendiğinde, yıllar içerisinde maden sayısının arttığı ve alandaki parçalanmayı artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca zaman içerisinde alanın parçalanması yöresinin sosyoekonomik koşullar ve arazi kullanımı açısından da önemli ölçüde değiştiği tespit edilmiştir.

Sonuçlar Doğal ekosistemlerin sosyoekonomik koşullar ve arazi kullanımı açısından izlenmesine yönelik bu çalışmada kullanılan yöntemler, planlamacılar ve karar vericilere nitelikli bilgi sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Arazi örtü kullanımı, çeşitlilik indisi, segmentasyon, Shannon-Wiener, sosyoekonomik durum, uydu görüntüsü, uzaktan algılama

Socioeconomic conditions and land use changes of Tınaz Mountain (Burdur) in 20 years

ABSTRACT

Background and aims This study aim to reveal the 20-year change in socioeconomic conditions and land use of mine quarries located in the Tınaz Mountain (Burdur) district.

Methods Landsat satellite data for the study area for 2004 and 2024 were downloaded. Segmentation was applied to the downloaded satellite data to determine land use classes. The segmentation differences obtained for two years were used to interpret the change in socioeconomic conditions. In addition, these segmentation data obtained were used in the Shannon-Wiener diversity index mapping of the area with the help of 500x500 m grids created at the study area scale.

Results When the diversity index maps created for 2004 and 2024 were examined, it was determined that the number of mines increased over the years and increased the fragmentation in the area. In addition, it has been determined that the fragmentation of the area has changed significantly over time in terms of socio-economic conditions and land use.

Conclusion The methods used in this study to monitor natural ecosystems in terms of socioeconomic conditions and land use will provide qualified information to planners and decision-makers.

Key Words: Land cover use, diversity index, segmentation, Shannon-Wiener, socioeconomic status, satellite image, remote sensing

Bu makaleye atıf:

Acarer, A., Mert, A., 2025. Tınaz Dağının (Burdur) sosyoekonomik koşulları ve arazi kullanımı açısından 20 yıllık değişimi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 1-9.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Dünya üzerindeki doğal ekosistemlerden biri olan orman ekosistemleri sürdürülebilir yaşamın temel bileşenlerinden birisidir (Menteşe ve ark., 2019). Orman ekosistemleri insanların yiyecek, su, oksijen, yakacak odun, turizm ve rekreasyon faaliyetleri gibi birçok ihtiyaçlarını karşılamaktadır (Korkmaz, 2002; Grebner et al., 2021). Geçmişten günümüze kadar insanların birçok ihtiyaçlarını karşılayan bu ekosistemler (Noble and Dirzo, 1997) Türkiye kapsamında değerlendirildiğinde, 2024 yılı itibarı ile ülke alanının yaklaşık %29,8'ünü kaplamaktadır (OGM, 2024). Türkiye'nin karasal ekosistemlerinin yaklaşık 1/3 üni kaplayan orman ekosistemleri (Korkusuz and Dirik, 2011) birçok bitki ve yaban hayvan türüne ev sahipliği yapmaktadır (Wiersum, 1997). Başka bir ifadeyle, içerisinde barındırdığı farklı canlı veya cansız organizmalar sayesinde orman ekosistemleri biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır (Morales-Hidalgo et al., 2015; Mori et al., 2017; Dölarslan ve ark., 2018; Teshager et al., 2018).

Biyolojik çeşitlilik kavramı, farklı bilim disiplinleri tarafından çeşitli şekillerde tanımlanmıştır (Newing, 2010). Bu tanımlamalara göre biyolojik çeşitlik, farklı ekosistemler (orman ekosistemi, tuzlu ve tatlı su ekosistemleri, dağ ekosistemi, mağara veya vadi ekosistemleri gibi) içinde bulunan canlılar arasındaki yapısal, işlevsel ve tür çeşitliliğinin yanı sıra, bu çeşitliliğin değişkenliği ve sürekliliği olarak ifade edilmiştir (Gülsoy and Özkan, 2008; Negiz ve ark., 2015; Özkan ve ark., 2020).

Belirli bir alan içerisindeki canlı çeşitliliği olarak nitelendirilen biyolojik çeşitlilik kaynaklarıyla insanlar sürekli etkileşim halindedir (Kim and Weaver, 1994; Cocks, 2006; Tekeş ve ark., 2024). Dolayısıyla Dünya üzerindeki insan nüfustaki hızlı artış, doğal kaynakların aşırı ve bilinçsiz bir şekilde kullanılmasına yol açmaktadır (Uzun, 2018). Başka bir deyişle, insanlar biyolojik çeşitlilik kaynaklarından ekonomik ve ekolojik olarak sürekli faydalanmıştır (Pandey, 2002; Vinceti et al., 2013; Babafemi et al., 2023). Doğal kaynakların ekonomik ve sosyal açıdan kullanımı sürdürülebilirlik ilkesi için önem arz etmektedir (Hackett and Dissanayake, 2014; Yan et al., 2018; Hajiyeve, 2019; Kumar et al., 2024). Doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılması ve olumsuz çevresel etkilerin en az seviyede tutulması günümüzün en önemli ekonomik ve ekolojik zorluklarından bazılarıdır (Ribot, 2002). Örneğin; mermer ocakları gibi madencilik faaliyetleri, doğal ekosistemler üzerinde önemli bir baskı oluşturmakta ve bu durum doğal dengenin ekolojik ve ekonomik açıdan korunmasını zorlaştırmaktadır (Salem, 2021). Özellikle su kaynakları gibi ayrıcalıklı bölgelerde kurulan maden ocaklarında bu durum daha da belirgin hale gelmektedir (Schir, 2010; Erdem, 2024).

Ekolojik dengenin sağlanması ve doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılmasını sağlamak için madencilik faaliyetlerinin çevreye duyarlı bir şekilde planlanması gerekmektedir. Bu plan doğrultusunda gürültü ve toz kirliliğinin minimize edilmesi ile su ve biyolojik çeşitlilik kaynaklarının korunması sağlanmalıdır. Ayrıca madencilik sektörünün çevreye verdiği olumlu ya da olumsuz etkileri özel olarak incelenmelidir. (Praveen et al., 2017; Hosseinpour et al., 2022; Gül and Gül, 2023; Erdem, 2024). Bu aşamada maden ocak sahasının bulunduğu yörede

yaşayan halk üzerindeki sosyoekonomik koşulları ve arazi kullanımının da dikkate alınmalıdır (Veiga et al., 2001; Capitano et al., 2017; Erdem, 2024).

Madencilik faaliyetleri orman alanlarının parçalanması, daralması ya da yok olması gibi geri dönüşü olmayan birçok ekolojik kayıplara sebep olmaktadır (ÇŞİDB, 2022). Bu faaliyetlerin etkisiyle meydana gelen değişikliklerin belirli zaman aralıklarıyla izlenmesi sürdürülebilir ormancılık faaliyetleri için önemli görülmektedir. İzleme çalışmalarında arazi yapısının tespiti ve haritalandırılması için uzaktan algılama verileri (hava fotoğrafı ve uydu görüntüleri) genel olarak tercih edilmektedir. Özellikle geniş coğrafi bölgeler için uydu görüntülerinden türetilen değişkenler baz alınarak arazi yapısındaki farklılaşma ortaya koyulmaktadır. Ayrıca uydu görüntülerinin sınıflandırılması ya da hava fotoğraflarının yorumlanması arazi kullanımı hakkında da önemli bilgiler vermektedir (Noss, 1999; Şentürk, 2008; Özdemir ve Özkan, 2009; Tekin et al., 2018; Türksoy, 2018; Turan vd., 2024).

İnsanoğlunun var olduğu günden bu yana alan örtüsünün sunduğu olanaklar arazi kullanımı olarak nitelendirilmiştir (Gül ve Erşahin, 2019; Tekeş ve Cürebal, 2019). Ancak doğanın tarım, orman ve mera olarak sunduğu alanların; kentleşme ve sanayileşme nedeniyle müdahale görmesi arazi kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Yani arazi kullanımı üzerindeki değişiklikler doğrudan ya da dolaylı nedenlerle olduğu gibi insan etkisiyle de gerçekleşmektedir (Kalaycı, 2021). İnsanların bilinçsiz şekilde arazi kullanımı ya da madencilik çalışmalarının yanlış arazi kullanım sınıflarındaki faaliyetleri toprak kayıplarına, bünyesindeki bitki, hayvan ve su kaynaklarının değişime uğramasına sebebiyet vermektedir. Sonuç olarak; madencilik faaliyetleri arazi kullanımında geri dönüşmez hasarlara neden olmaktadır (Uzun ve Somuncu, 2013).

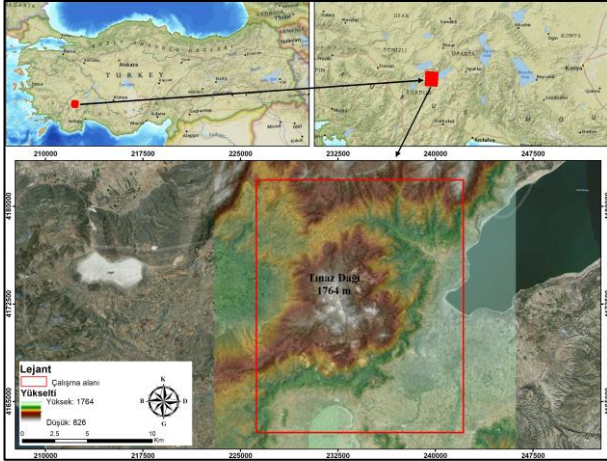
Bu bağlamda, Türkiye'nin güneybatısında yer alan Burdur ili, arazi kullanımında değişikliklere yol açan madencilik faaliyetlerinin etkilerini açıkça gözler önüne sermektedir. İl sınırları içinde yer alan Tınaz Dağı da bu faaliyetlerden önemli ölçüde etkilenmiştir (Erdem, 2024). Bu çalışmada, Tınaz Dağı bölgesinde bulunan maden ocaklarının sosyoekonomik koşulları ve arazi kullanımı üzerindeki 20 yıllık değişimi ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, Tınaz Dağı ve çevresindeki maden ocaklarının 2004 ve 2024 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak hem sosyoekonomik hem de arazi kullanımındaki değişimler incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı

Bu çalışma Burdur il sınırları içerisinde yer alan Burdur Gölü Havzası'nın güney batı kısmında bulunan Tınaz Dağı ve çevresinde gerçekleştirilmiştir. Seçilen alan içerisinde çok sayıda maden ocağının olması (Erdem, 2024) yörenin sosyoekonomik koşulları ve arazi kullanımı açısından değerlendirilmesi için önem arz etmektedir. İnsanların doğrudan yada dolaylı olarak etkilendiği çalışma alanı içerisinde yer alan köyler ve nüfus sayıları şu şekildedir: Armut köyü (170), Akçaköy Köyü (243), Büyük Yaka Köyü (257), Çardak Köyü (101), Çinilli Köyü (75), Elde Köyü (78), Gökçeyaka Köyü (153), Harmanlı Köyü (393), Karakent Köyü (293), Karaköy Köyü (65), Kavacık Köyü (140), Kumluca Köyü (121), Örencik

Köyü (178), Yarıköy Köyü (373), Yarışlı Köyü (629) ve Yayla bel köyü (156)'dır (TÜİK, 2024) Çalışma alanının en düşük rakımı 826 m ile Burdur Gölü olup en yüksek rakım ise 1764 m ile Tınaz Dağı'dır. Çalışma alanı toplam 39.900 ha büyüklüğünde bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1). Alanın büyüklüğü, bağl yükselti farkı ve içerisindeki yerleşim yerlerinin dağılımını göz önünde bulundurduğunda, yörenin sosyoekonomik koşullar ve arazi kullanımı açısından değerlendirilmesi önem arz etmektedir.



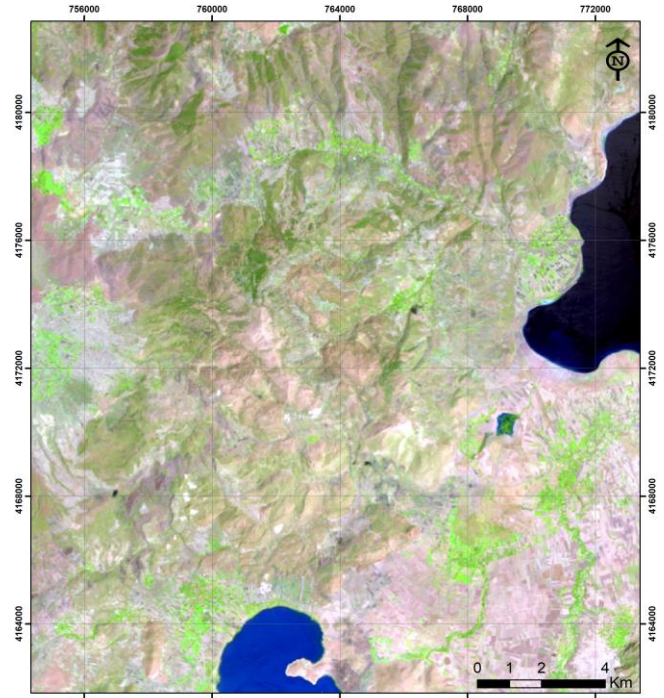
Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

2.2 Uydu verileri

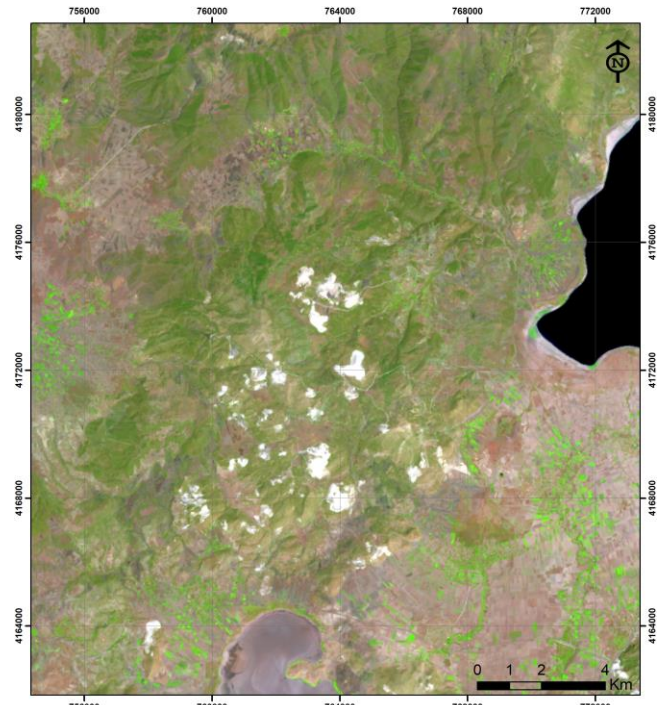
Çalışma alanında maden ocaklarının yoğun faaliyeti nedeniyle arazi kullanımda meydana gelen değişimin izlenebilmesi için Tınaz Dağı ve çevresine ait ücretsiz olarak kullanıma sunulan 28.07.2004 Landsat 4-5 TM C2 L2 (Şekil 2) ile 30.07.2024 tarihli Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2 (Şekil 3) iki farklı uydu görüntüsü <https://earthexplorer.usgs.gov/> internet adresinden indirilmiştir. Bu uydu görüntüleri radyometrik, atmosferik ve geometrik düzeltmeleri yapılmış halde indirilmiştir.

2.3 Görüntü segmentasyonu

Uydu verileri (uydu görüntüsü ve hava fotoğrafı) üzerinde yer alan objelerin sistematik olarak alt katmanlara ayrılarak belirlenmesi için görüntü segmentasyon işlemi uygulanmaktadır. Görüntü segmentasyon işlemi bir görüntü zenginleştirme olarak da nitelendirilmektedir (McCormick, 1999; Mert, 2013). Görüntü segmentasyon işlemi ilk olarak 1976 yılında Ketting ve Langrebe tarafından geliştirilmiştir (Holmgren, 2004). Son yıllarda ise yüksek çözünürlüğe sahip uydu verilerinin sınıflandırılmasında geleneksel sınıflandırma yöntemlerinin yetersiz kaldığı için segment temelli ve görüntü segmentasyon sınıflandırmasına ilgi oldukça artmıştır (Ivits et al., 2005; Arroyo et al., 2006; Özdemir ve ark., 2008). Bu durumun temel sebebi görüntü segmentasyonu kullanılarak benzer yansıma değerine sahip piksellerin gruplandırılarak arazi kullanımı hakkında tahminlerin yapılabilmesidir. Ayrıca son yıllarda gelişen teknoloji ile, konuya ilişkin ilk yazılım olan *Definiens Developer 7* programının kullanıcılar için sunduğu kolaylıklarda segmentasyon işlemine olan ilgiyi arttırmıştır (Mert, 2013).



Şekil 2. 28.07.2004 yılına ait Landsat 4-5 TM C2 L2 uydu görüntüsü



Şekil 3. 30.07.2024 yılına ait Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2 uydu görüntüsü

2.3.1 Definiens Developer yazılımı ile görüntü segmentasyonu işlemi

Yapılan bu çalışmada *Definiens Developer 7* yazılımı ile görüntü segmentasyonu algoritması tercih edilmiştir. Görüntü segmentasyonu algoritması, mekansal ve spektral ölçütleri baz alarak birbirine yakın özelliğe sahip pikselleri homojen parçalar olarak sınıflandırmaktadır (Definiens, 2007; Definiens, 2012).

Yapılan bu sınıflandırmada somut olarak kesin ve doğru bir segmentasyon seçeneğinden söz edilememektedir. Çünkü çalışmanın amacına uygun olması için en uygun segmentler oluşturulana kadar çok sayıda segmentasyon işlemi uygulanmalıdır (Imaging, 2003). Bu uygulamada amaca yönelik en uygun homojenliği sağlayarak pikselden nesneye doğru, uygun yapıyı ortaya çıkarmaktır. Uygun yapının segmentasyon işlemiyle ortaya koymak için biçim, bütünlük, ölçek, renk ve yumuşaklık değişkenleri kullanılmaktadır. Bu değişkenler baz alınarak oluşturulan bir fonksiyon yardımıyla pikselden segmente ve buradan da daha büyük segmentlere doğru sınıflandırılan bir yapı oluşturulmaktadır. Daha açık bir ifadeyle küçük piksellerden nesne bütünlüğünü tanımlayacak hiyerarşik yapı ortaya koyulmaktadır (Rego, 2003; Mert, 2013; Tekin ve ark., 2018)

Çalışmanın amacına yönelik uygun nesneler *Definiens Developer* yazılımında belirlendikten sonra sınıflandırma işlemine geçilmektedir. Bu aşamada alan içerisindeki nesnelere ya da arazi kullanım sınıflarına göre uygun ve gerçekçi bir segmentasyonun önemi oldukça büyüktür. Dolayısıyla alan içerisindeki gerçek nesneleri ya da arazi kullanım sınıflarını en az segmentle ifade edebilecek yapıyı oluşturmak, bunun yanında heterojenliği de dengede tutmak gerekmektedir (Imaging, 2003; Definiens, 2007; Mert, 2013; Tekin ve ark., 2018).

2.4 Shannon-Wiener (H) çeşitlilik hesabı

Farklı yıllara ait uydu görüntüleri üzerindeki nesnelerin ya da arazi kullanımına uygun segmentasyon analizi gerçekleştirildikten sonra çeşitlilik hesaplama yöntemine geçilmektedir. Bu aşamada çalışma alanı farklı büyüklükteki hücrelere bölünmektedir. Bu karelej işlemi çalışmanın amacına ve büyüklüğüne göre 500x500m, 750x750m, 1000x1000m ve 1500x1500m gibi birçok farklı ölçeklerde gerçekleştirilebilmektedir (Tekin et al., 2018). Her bir karenin içerisine düşen yama (ing:patch) alanı ve sayısı dikkate alınarak çeşitlilik hesabı yapılabilmektedir. Doğal ekosistemlerin bütünü ya da bir parçası için çeşitlilik değeri hesaplanırken kullanılan birçok indis bulunmaktadır (Heip and Engels, 1977; Gülsoy ve Özkan, 2008; Negiz ve ark., 2023; Özdemir, 2024).

Bu indislerden birisi de Shannon-Wiener çeşitlilik indsidir (Shannon and Weaver, 1949). Ekoloji ve arazi kullanımı ile ilgili çalışmalarda Shannon-Wiener indisi diğer indislere nazaran daha çok tercih edilmektedir (Gorelick, 2006). Shannon-Wiener (H) çeşitlilik indisi ile yapılan hesaplamalarda aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Shannon, 1948).

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (1)$$

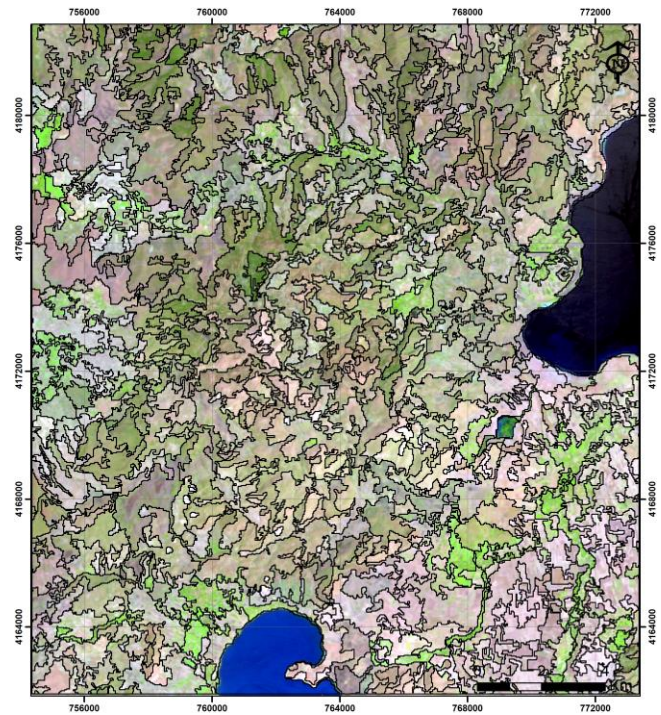
Formül içerisinde yer alan P_i örnek toplum içerisindeki her bir türe ait bolluk verisinin oransal değerlerini ifade etmektedir. Başka bir ifadeyle toplum içerisinde bir türe ait bolluk değerinin (n), toplam bolluk değerine (N) oranı P_i değerini vermektedir (Bromiley et al., 2010).

3. Bulgular

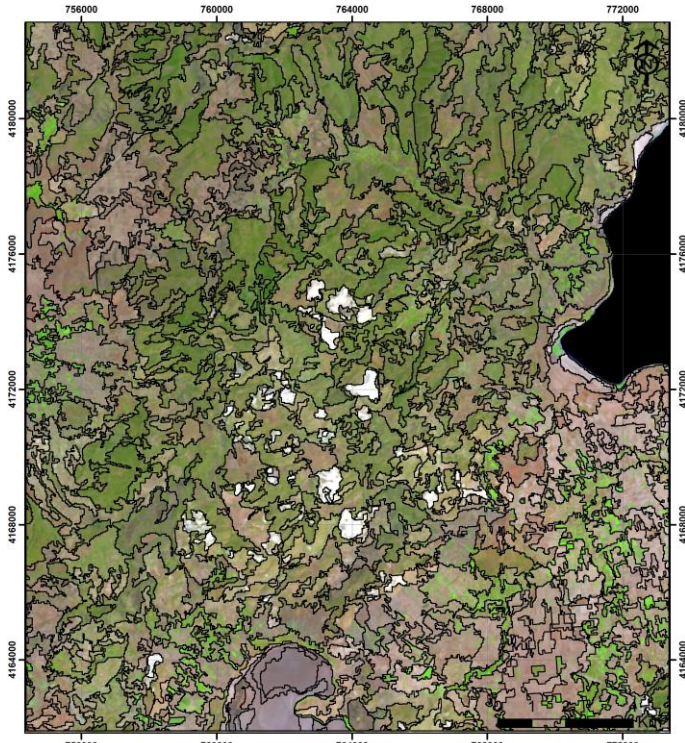
Tınaz Dağının (Burdur) sosyoekonomik koşulları ve arazi kullanımı açısından 20 yıllık değişiminin değerlendirilmesi amaçlanan bu çalışmada farklı yıllara ait uydu görüntülerine

segmentasyon işlemi uygulanmıştır. *Definiens Developer* yazılımı yardımıyla Tınaz dağı ve çevresini kapsayan 28.07.2004 tarihli Landsat 4-5 TM C2 L2 ve 30.07.2024 tarihli Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2 uydu görüntülerine çoklu çözünürlüklü segmentasyon (ing: multiresolution segmentation) işlemi uygulanmıştır. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon işlemi yardımıyla Landsat 4-5 TM ve Landsat 8-9 OLI/TIRS uydu görüntüleri farklı yamalara (ing:patch) ayrılmıştır. Yamalara ayırma işleminde farklı renk, şekil ve ölçek faktörleri denenerek en uygun arazi kullanım sınıflarının ayrılması hedeflenmektedir (Mert, 2013). Yapılan bu çalışmada arazi kullanım sınıflarının ayrılması aşamasında değişikliğin olduğu 2024 yılı uydu görüntüsü kullanılmıştır. En iyi ayrımı veren parametre değerleri 2004 yılı uydu görüntüsüne de uygulanmıştır. En iyi ayırım sağlayan segmentasyon parametreleri ölçek: 400, renk: 0.99 ve şekil: 0.01 olacak şekilde elde edilmiştir. 28.07.2004 yılına ait Landsat 4-5 TM C2 L2 uydu görüntüsüne uygulanan işlemi Şekil 4'te, 30.07.2024 yılına ait Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2 uydu görüntüsüne uygulanan segmentasyon işlemi de Şekil 5'te verilmiştir.

Şekil 4 incelendiğinde, *Definiens Developer* yazılımı yardımıyla uygulanan segmentasyon işlemine göre 2004 yılındaki uydu görüntüsünden alan içerisindeki ormanlık, meralık, kayalık veya ziraat gibi alanların ayrımı doğru ve güvenilir şekilde ortaya koyulmuştur. Aynı durum Şekil 5 içinde değerlendirildiğinde segmentasyon işlemi sayesinde ormanlık, orman içi açıklık, ziraat ve meralık alanlar farklı renk tonlamasına göre sınıflandırılmıştır. Buna ek olarak Şekil 5'te 2004 yılından 2024 yılına kadar alan içerisine kurulan maden ocaklarının bulunduğu alanlarda (renk tonu:beyaz) başarılı bir şekilde sınıflandırılmıştır.



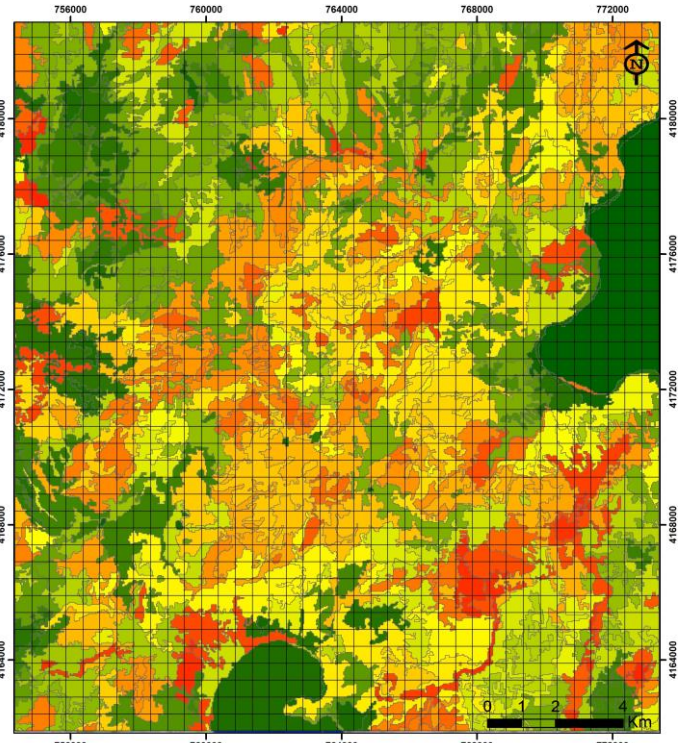
Şekil 4. 28.07.2004 yılına ait Landsat 4-5 TM C2 L2 C2 L2 uydu görüntüsüne ait segmentasyon işlemi



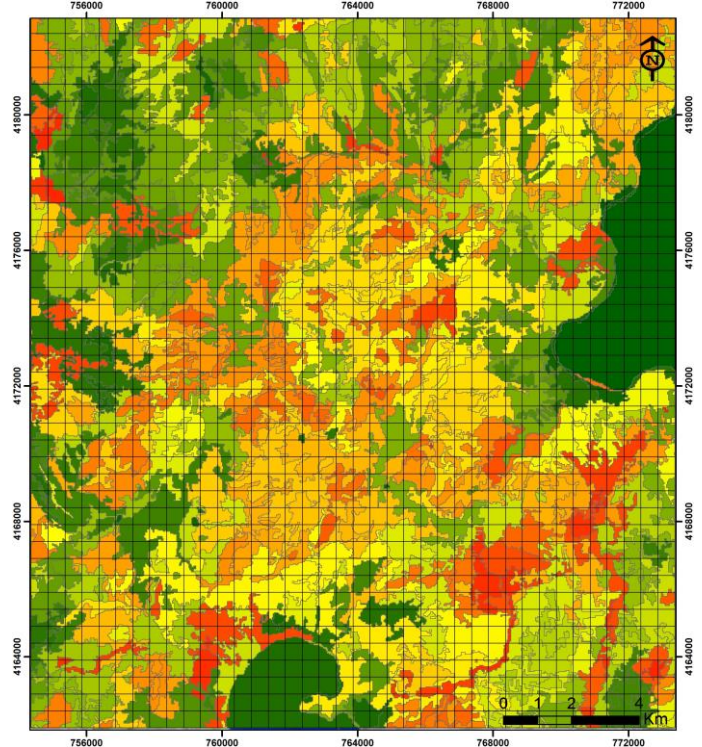
Şekil 5. 30.07.2024 yılına ait Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2 uydu görüntüsüne ait segmentasyon işlemi

Çalışma alanına ait farklı uydu görüntülerine uygulanan segmentasyon işleminden sonra çeşitlilik hesabının yapılabilmesi ve haritalanması için karelej oluşturma aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada ArcGIS yazılımının Create Fishnet (Data Management) eklentisinden yararlanılmıştır. Bu eklenti sayesinde alan içerisindeki arazi kullanımını en iyi şekilde temsil edecek karelajlara ayrılmasına dikkat edilmiştir. Bu kapsamda uydu görüntülerine 250x250m, 500x500m, 750x750m, 1000x1000m ve 2000x2000m gibi farklı büyüklüğe sahip karelajlara ayrılmıştır. Çalışma alanı büyüklüğü göz önüne alındığında 750 m ve üzeri karelajların arazi kullanımını tespit etmek için çok kaba kaldığı, 250 m büyüklüğündeki karelajın ise yeteri sayıda yama barındırmadığı görülmüştür. Uygulanan ayırma işlemlerine göre 2004 yılı (Şekil 6) ve 2024 yılına ait (Şekil 7) alan içerisindeki arazi kullanım çeşitliliğini en iyi temsil edebilecek karelej sisteminin 500x500m olduğu tespit edilmiştir.

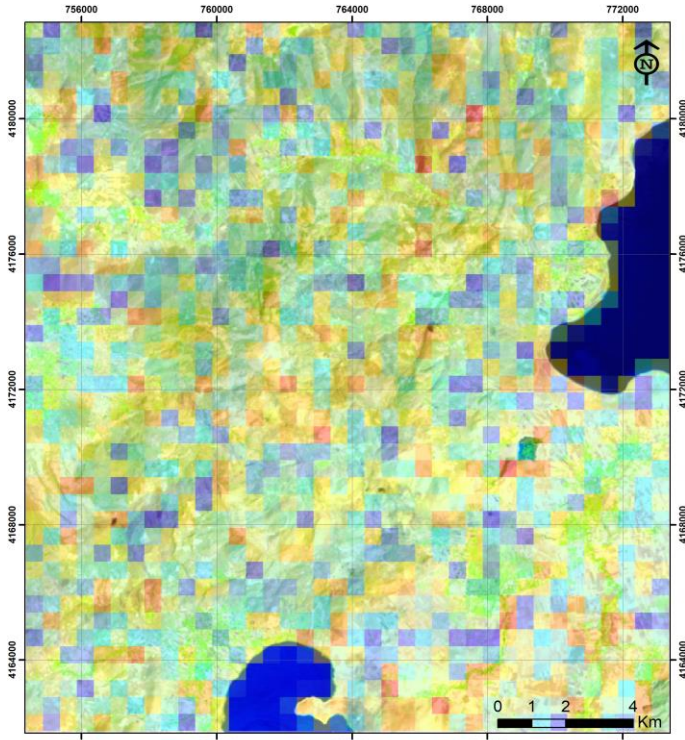
Karelej büyüklüğüne karar verildikten sonra çeşitlilik hesaplaması aşamasına geçilmiştir. Oluşturulan karelajlar içerisindeki yama büyüklüğü ve sayısı baz alınarak çeşitlilik değerinin manuel olarak hesaplamak oldukça zor ve zaman gerektiren bir işlemdir. Bu zorlukları ortadan kaldırmak için ArcGIS yazılımının *Zonal Metrics Toolbox* eklentisi yardımıyla her bir karelej içerisine düşen segment sayısı ve alanı dikkate alınarak Shannon-Wiener çeşitlilik değerleri hesaplanmıştır. Her bir kareye atanan çeşitlilik değeri kullanılarak haritalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, 2004 (Şekil 8) ve 2024 (Şekil 9) yılına ait Shannon-Wiener çeşitlilik indis haritaları elde edilmiştir.



Şekil 6. 28.07.2004 yılına ait uydu görüntüsü için oluşturulan karelej (500x500m) sistemi



Şekil 7. 30.07.2024 yılına ait uydu görüntüsü için oluşturulan karelej (500x500m) sistemi



Şekil 8. 28.07.2004 yılına ait Landsat 4-5 TM C2 L2 uydu görüntüsü Shannon-Wiener çeşitlilik indis haritası

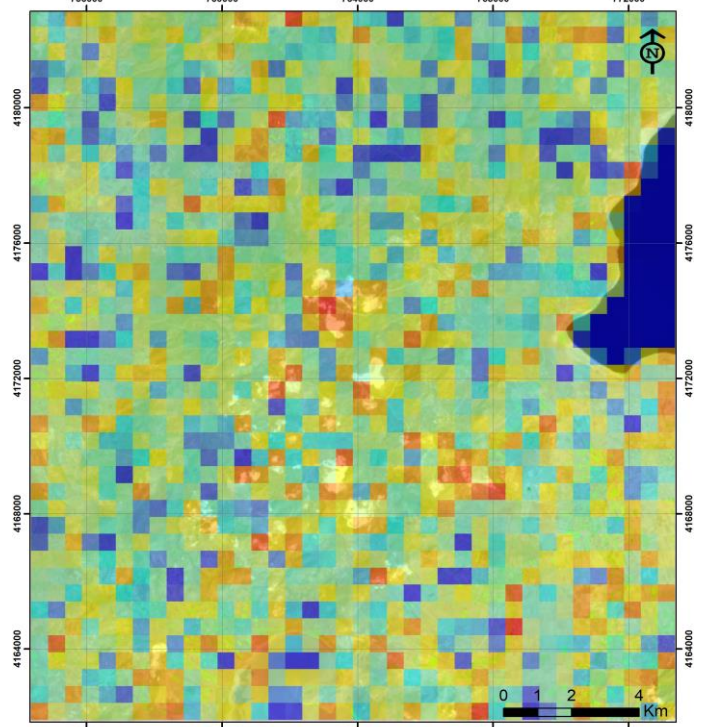
Şekil 8’de gösterilen çeşitlilik haritalaması incelendiğinde Tınaz dağı ve çevresindeki Shannon-Wiener çeşitlilik değerlerinin alan içerisinde homojen dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Yani 2004 yılındaki uydu görüntüsüne ait arazi kullanım sınıflarının alan içerisine homojen dağılım gösterdiği ve alan içerisinde insan etkisine bağlı herhangi bir parçalanma veya daralma olmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla Tınaz dağı ve çevresinin doğal yapısının arazi kullanımı kaynaklı olarak tahribe uğramadığı görülmektedir.

Şekil 9’da gösterilen Shannon-Wiener çeşitlilik haritası incelendiğinde Tınaz Dağı ve çevresindeki Shannon-Wiener çeşitlilik değerlerinin alan içerisinde homojen dağılım göstermediği, çalışma alanı içerisindeki parçalanmaların bazı bölgelerde yüksek bazı bölgelerde ise düşük olduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak, Tınaz dağı ve çevresinde Shannon-Wiener çeşitlilik değerinin yüksek olduğu alanlar maden ocaklarının bulunduğu alanlarda yoğunlaşmaktadır. Maden ocaklarına ulaşım için açılan yollar, maden çıkarım sahaları bu alanlardaki yoğunlaşmanın ana nedenidir. Sonuç olarak maden ocaklarının sosyoekonomik koşullar ve arazi kullanımı üzerindeki etkisi oldukça fazla olup, habitatların parçalanmasına neden olmakta böylelikle yama bazlı çeşitlilik değerini de yükseltmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Sosyoekonomik koşullar ve arazi kullanım sınıflarının ayrılmasında uydu görüntülerinin segmentasyon tabanlı sınıflandırılması ve karelaç sistemi ile alana ait çeşitlilik haritalarının ekosistemlerin izlenmesinde iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin ücretsiz erişilebilir olması, sosyo ekonomik durumun

değerlendirilmesi ve arazi kullanım sınıflarının izlenmesine olanak sağlamıştır.



Şekil 9. 30.07.2024 yılına ait Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2 uydu görüntüsü Shannon-Wiener çeşitlilik haritalaması

Tınaz Dağı (Burdur) ve çevresi için 28.07.2004 yılı Landsat 4-5 TM C2 L2 ve 30.07.2024 yılı Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2 uydu görüntüleri karşılaştırılmış ve çeşitlilik haritalaması ortaya koyulmasıyla alandaki değişimler başarıyla tespit edilmiştir.

Alanın 20 yıllık değişimine bakıldığında doğal ekosistemlerin kapladığı alanlarda azalmalar olduğu net bir şekilde ortaya koyulmuştur (Şekil 5). Shannon-Wiener çeşitlilik indeksinin 2004 ile 2024 yılları arasındaki değişimi başarıyla tespit edilmiş ve haritalama aşamasında güçlü bir araç olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada karelaçlar içinde bulunan farklı arazi kullanım sınıfları (tarım, orman, mera vb.) belirlenmiş ve her bir kare için Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi hesaplanmıştır. Yapılan bu analiz ile piksel bazlı Shannon-Wiener değerleri kullanılarak çeşitlilik haritaları oluşturulmuş ve ekosistem değişimleri yani arazi kullanım sınıflarındaki değişim detaylı bir şekilde haritalandırılmıştır. Elde edilen bulgular, çeşitlilik haritalarının ekosistemlerin izlenmesinde etkili bir araç olduğunu açıkça göstermektedir.

Maden ocaklarının bulunduğu alanlarda arazi kullanım sınıflarının çeşitliliğinin arttığı bununla birlikte doğal ekosistemde bozulma ve tahribata neden olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin segmentasyon tabanlı analizi arazi kullanımında meydana gelen bu değişimlerin zamansal ve mekânsal boyutlarını açık bir şekilde ortaya koymaya olanak sağlamıştır. Literatürde yer alan benzer çalışmalar ile karşılaştırıldığında (Arslan, 2003; Alibekov and Alibekova 2007; Çeken ve ark., 2007; Salvati and Zitti 2007; Kadanalı ve Yazgan, 2012; Eker ve Nazik, 2017), sosyoekonomik koşulların arazi bozulumu, çölleşme, erozyon ve çevresel sürdürülebilirlik üzerinde doğrudan etkili olduğunu

görülmektedir. Örneğin, Coşgun (2017) Antalya bölgesinde sosyoekonomik göstergelerle erozyon ve çölleşme süreçlerini değerlendirmiş ve sosyoekonomik göstergelerin öncelikli alanların seçilmesinde kullanılabileceğine değinmiştir. Benzer şekilde, Salvati ve Zitti (2007), İtalya'daki arazi bozulumu süreçlerinde sosyoekonomik ve çevresel faktörlerin ilişkisini ortaya koymuş, bu süreçlerin bölgesel eşitsizliklerle bağlantılı olduğunu ifade etmiştir.

Orta Asya'da yapılan bir başka çalışmada, Alibekov ve Alibekova (2007), çölleşmenin doğal (%13) ve antropojenik (%87) nedenlerini sınıflandırarak, sosyoekonomik faktörlerin bu süreçlerdeki önemine dikkat çekmiştir. Güneş (2011) ise Konya-Karapınar bölgesinde yaptığı çalışmada, çölleşme riski altındaki bölgelerde hayvancılıkla geçinen halkın sosyoekonomik koşullarının sınırlı olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde, Aybar (2014) Giresun'da orman amenajman planları üzerinden yaptığı çalışmada, başarılı ağaçlandırma çalışmaları ve yerel halkın sosyoekonomik kalkınmasının orman üzerindeki baskıyı azalttığını göstermiştir. Haktanır ve ark. (2000), Türkiye'deki arazi kullanımının yaklaşık %32'sinin arazi kullanım yeteneğine uygun olarak kullanılmadığını; iklim, bitki örtüsü ve sosyoekonomik koşullar dikkate alınmayarak tercih edilen tarım arazilerinde verimin düşük olduğunu belirtmiştir. Kantürk (2002), Karacasu Havzası'ndaki arazi sınıflandırması ile arazi kullanımı arasındaki ilişkileri ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışmada ana kaya, topografya, toprak, iklim ve sosyoekonomik koşulların arazi yetenek sınıflandırmasındaki önemini vurgulamıştır. Gülersoy (2008), çalışma alanının sürdürülebilir arazi kullanımı ilkeleri kapsamında yönetilmesi için alanın doğal ortam özellikleri ve bu özelliklerin arazi kullanımına etkilerini ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu amaçla çalışma alanının sosyoekonomik koşulları ve doğal potansiyel özelliklerine göre arazi kabiliyet sınıflandırmasını ortaya koymuştur. Ayrıca arazi kabiliyet sınıflandırmasına göre çalışma alanı içerisindeki arazi kullanımının yaklaşık %55'inin yanlış ve bilinçsiz kullanıldığı ve %26'sının da tarıma uygun olmayan alanlarda tarım faaliyetlerinin yapıldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmalarla uyumludur ve segmentasyon tabanlı analizlerin sosyoekonomik ve çevresel değişimlerin izlenmesinde etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Çalışmanın bir diğer önemli sonucu, madencilik faaliyetlerinin yerel halkın istihdamına ve sosyoekonomik kalkınmasına katkı sağlarken, doğal ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerinin dikkatle ele alınması gerektiğidir. Bu bağlamda hem ülke ekonomisine hem de yerel halkın yaşam koşullarına katkı sağlamak için izin verilen maden ocakları karar vericiler tarafından detaylıca izlenmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, uydu görüntüleri ve Shannon-Wiener çeşitlilik indeksinin, arazi kullanım değişikliklerinin zamansal ve mekânsal boyutlarını izlemek için güçlü bir araç olduğunu ortaya koymuştur. Uydu görüntülerinin ücretsiz ve erişilebilir olması, geniş bir veri tabanı oluşturulmasını sağlamakta ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre çalışmalara olanak sunmaktadır. Gelecekte bu tür analizlerin farklı bölgelerde uygulanması, çevresel sürdürülebilirlik politikalarına katkı sağlayabilir. Ayrıca, yerel halkın çevresel bilinç düzeyini artırmaya yönelik eğitim ve farkındalık

çalışmaları, ekosistem koruma çalışmalarında önemli bir destek sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Alibekov, L. A., Alibekova, S. L. 2007. The socioeconomic consequences of desertification in Central Asia. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 77(3), 239-243.
- Arslan, D. A. 2003. Bir köy sosyolojisi çalışması: Kavaközü Köyü'nün sosyo-ekonomik yapısı ve sorunları. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(1), 1-26.
- Aybar, M. 2014. Arazi kullanımlarındaki değişimin sosyo-ekonomik koşullarla değerlendirilmesi: Şebinkarahisar örneği. Master's thesis, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ormancilık ve Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı, ss. 77.
- Babafemi, O. P., Iyiola, A. O., Ogundare, O. M. 2023. Touristic value of African environment: a socio-economic perspective. *Sustainable Utilization and Conservation of Africa's Biological Resources and Environment*, 571-602.
- Bromiley, P. A., Thacker, N. A., Bouhova-Thacker, E. 2004. Shannon entropy, Renyi entropy, and information. *Statistics and Inf. Series* (2004-004), 9(2004), 2-8.
- Capitano, C., Peri, G., Rizzo, G., Ferrante, P. 2017. Toward a holistic environmental impact assessment of marble quarrying and processing: proposal of a novel easy-to-use IPAT-based method. *Environmental monitoring and assessment*, 189, 1-16.
- Cocks, M. 2006. Biocultural diversity: moving beyond the realm of 'indigenous' and 'local' people. *Human Ecology*, 34(2), 185-200.
- Coşgun, U. 2017. Integration of a socio-economic dimension to the prioritization of combating erosion applications: Antalya case study. *Journal of Environmental Biology*, 38, 1049-1055.
- Çeken, H., Karadağ, L., Dalgın, T. 2007. Kırsal kalkınmada yeni bir yaklaşım kırsal turizm ve Türkiye'ye yönelik teorik bir çalışma. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 1-14.
- ÇŞİDB, 2022. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Çevresel Göstergeler. Erişim Linki: <https://cevreselegostergeler.csb.gov.tr/kentsel---kirsal-nufus-orani-i-85670> Erişim Tarihi: 13.06.2024.
- Definiens, A. G. 2007. Definiens Imaging Developer 7. eCognition Software. EII Earth. Munich, Germany.
- Definiens, A. G. 2012. Developer XD 2.0. 4. Reference Book.
- Dölarslan, M., Gül, E., & Erşahin, S. (2018). Endemic vascular plants of marble and serpentine parent materials in semiarid grassland. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(6), 693-698.
- Eker, Ö., Nazik, S. 2017. Orman kaynaklarının yoksulluk yönetimi ve kırsal kalkınma üzerine sosyo-ekonomik etkileri: Kastamonu Pınarbaşı ilçesi örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(1), 44-58.
- Erdem, T. 2024. Burdur gölü havzası mermer ocaklarının çevresel etkilerinin ve atık yönetimi uygulamalarının incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

- Gorelick, R. 2006. Combining richness and abundance into a single diversity index using matrix analogues of Shannon's and Simpson's indices. *Ecography*, 29(4), 525-530.
- Grebner, D. L., Bettinger, P., Siry, J. P., Boston, K. 2021. Introduction to forestry and natural resources. Academic press.
- Gül, E., Erşahin, S. 2019. Evaluating the desertification vulnerability of a semiarid landscape under different land uses with the environmental sensitivity index. *Land Degradation & Development*, 30(7), 811-823.
- Gül, A., Gül, İ. E. 2023. Biotechnical Approaches for Landscape Repair of Marble (Stone) Quarries. *Architectural Sciences and*.
- Gülersoy, A. E. 2008. Bakırçay Havzası'nda Doğal Ortam Koşulları ile Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkiler. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gülsoy, S., Özkan, K. 2008. Tür çeşitliliğinin ekolojik açıdan önemi ve kullanılan bazı indisler. *Turkish Journal of Forestry*, 9(1), 168-178.
- Gülsoy, S., Özkan, K. 2008. Tür çeşitliliğinin ekolojik açıdan önemi ve kullanılan bazı indisler. *Turkish Journal of Forestry*, 9(1), 168-178.
- Güneş, F., 2010. Köylülerin çölleşmeye yönelik bilgi, tutum ve davranışları: Konya/Karapınar ile Eskişehir/Keskin örneği. *Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 131-154.
- Haktanır, K., Cangir, C., Arcak, Ç. ve Arcak, S. (2000). Toprak Kaynakları ve Kullanımı. *Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi*, Ankara, Yayın No:38, 203-230.
- Hackett, S., Dissanayake, S. T. 2014. Environmental and natural resources economics: Theory, policy, and the sustainable society. Routledge.
- Hajiyev, C. 2019. Mechanisms of natural resource revenues and ecological balance. *Economic and Social Development: Book of Proceedings*, 340-347.
- Heip, C., Engels, P. 1977. Spatial segregation in copepod species from a brackish water habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 26(1), 77-96.
- Hirazawa M., Yakita A., 2005. A Note on Environmental Awareness and Cross-Border Pollution, *Environmental & Resource Economics* 30, 369-376.
- Holmgren, J. 2004. Prediction of tree height, basal area and stem volume in forest stands using airborne laser scanning. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19(6), 543-553.
- Hosseinpour, M., Osanloo, M., Azimi, Y. 2022. Evaluation of positive and negative impacts of mining on sustainable development by a semi-quantitative method. *Journal of Cleaner Production*, 366, 132955.
- Imaging, D. 2003. eCognition, object oriented image analysis, User Guide 3. Munich, Germany: Definiens Imaging.
- Ivits, E., Koch, B., Blaschke, T., Jochum, M., Adler, P. 2005. Landscape structure assessment with image grey-values and object-based classification at three spatial resolutions. *Int. J. Remote Sens.* 26, 2975-2993.
- Kadanalı, E., Yazgan, Ş. 2012. Kırsal turizmin ekonomik-sosyal ve çevresel etkileri. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2012(2), 97-100.
- Kalaycı, M. 2021. Bartın Çayı Havzası'nda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile iklim değişikliği senaryolarına uygun bir model önerisi, Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, s: 217.
- Kantürk, G. 2002. Karacasu (Dandalas) Havzasında arazi sınıflandırması ve kullanımı arasındaki ilişkiler, Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye.
- Kim, K. C., Weaver, R. D. 1994. Biodiversity and humanity: paradox and challenge. In *Biodiversity and landscapes: a paradox of humanity*. Cambridge University Press Cambridge, 3-27.
- Korkmaz, M. 2002. Ormanlık alanlar ve orman ekolojisi üzerine bir değerlendirme. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, 3, 99-106.
- Korkusuz, E. E., Dirik, H. 2011. The phenology, flower characteristics and utilization principles of silver linden (*Tilia tomentosa* Moench.). II. Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu, Isparta, 201-208.
- Kumar, A., Trivedi, A., Nandeha, N., MP, N. 2024. Sustainable agriculture development and optimum utilization of natural resources: striking a balance. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(5), 477-486.
- McCormick, N. 1999. Satellite-based forest mapping using the SILVICS software. User Manual. Space Applications Institute, Joint Research Centre, Ispra, 307.
- Menteşe, E. Y., Tezer, A., Demir, M. 2019. Mekânsal planların çevresel sürdürülebilirlik performansının belirlenmesine yönelik CBS aracı geliştirilmesi. *Planlama Dergisi*, 29(1), 33-49.
- Mert, A. 2013. Ormanın yapısal çeşitliliğinin uydu verileri kullanılarak kestirimi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isparta, Türkiye.
- Morales-Hidalgo, D., Oswalt, S. N., Somanathan, E. 2015. Status and trends in global primary forest, protected areas, and areas designated for conservation of biodiversity from the Global Forest Resources Assessment. *Forest Ecology and Management*, 352, 68-77.
- Mori, A. S., Lertzman, K. P., Gustafsson, L. 2017. Biodiversity and ecosystem services in forest ecosystems: a research agenda for applied forest ecology. *Journal of Applied Ecology*, 54(1), 12-27.
- Negiz, M. G., Gülsoy, S., Özkan, K. 2015. Orman ekosistemlerinde tür çeşitlilik bileşenlerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir arazi envanter yaklaşımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 198-204.
- Negiz, M. G., Özdemir, S., Erfidan, O., Çıvğa, A., & Şentürk, Ö. 2023. Determination of relations between plant species diversity and productivity in Brutian pine stands. *Turkish Journal of Forestry*, 25(1), 49-55.
- Newing, H. 2010. Bridging the gap: Interdisciplinarity, biocultural diversity and conservation. In *Nature and Culture* (pp. 23-40). Routledge.
- Noble, I. R., Dirzo, R. 1997. Forests as human-dominated ecosystems. *Science*, 277(5325), 522-525.
- Noss, R. F., 1999. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators. *Forest Ecology and Management*, 115(2), 135-146.
- OGM. 2024. Orman Genel Müdürlüğü, Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim tarihi: 01.05.2024. Erişim linki:

- <https://www.ogm.gov.tr/tr/duyurular-sitesi/Documents/orman-genel-mudurlugu-2024-yili-performans-programi/Orman%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCr%C3%BC%202024%20Y%C4%B1%20Performans%20Program%C4%B1.pdf>
- Özdemir, İ., Özkan, U. 2003. Armutlu orman işletme şefliğindeki orman alanlarındaki değişimlerin landsat uydu görüntüleri kullanılarak izlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 4(1), 55-66.
- Özdemir, İ., Özkan, K., Şentürk, Ö., Süel, H., Mert, A., Gülsoy, S., Eser, Y., Negiz, M. G. 2008. Burdur-Ağlasun yöresinde yer alan bir ormanlık alandaki bitki türü zenginliğinin aster uydu veriyle haritalanması. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 13-15 Ekim 2008, Kayseri-Türkiye.
- Özkan, K., Küçüksille, E., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., Başar, M. 2020. Biyolojik çeşitlilik bileşenleri (BİÇEB) hesaplama yazılımı. *Turkish Journal of Forestry*, 21(3), 344-348.
- Özdemir, S. 2024. Effects of environmental variables on taxonomic diversity and grouping of plant communities in the Mediterranean region (Antalya). *European Journal of Forest Research*, 1-12.
- Pandey, D. N. 2002. Traditional knowledge systems for biodiversity conservation. *Organization of the United Nations (FAO) Forestry Paper*. FAO, Rome, Italy, 22, 41.
- Praveen, K., Ganguly, S., Wakchaure, R. 2017. Environmental pollution and safety measures international issues and its global impact. *Global Progress in Development of Sustainable Environment*, 40-65.
- Rego, F. L. 2003. Automatic land-cover classification derived from highresolution ikonos satellite image in the urban atlantic forest in Rio de Janeiro, Brasil by means of object oriented approach. PhD dissertation, Department of Remote Sensing and Landscape Information System, University of Freiburg, Germany.
- Ribot, J. 2002. Democratic decentralization of natural resources: Institutionalizing popular participation. Washington DC: World Resources Institute.
- Schir, E. 2010. Extraction landscapes: From active quarry to disused sites: methodological approaches and future scenarios of the porphyry territory in Trentino.
- Shannon CE, Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Illinois.
- Shanon, C. 1948. A mathematical theory of communication. The Bell systems technical journal, 27. *Mathematical Reviews (MathSciNet)*: 1948 MR10, 133e.
- Sırrı, G. 2019. Dicle havzasındaki üreticilerin sosyo-ekonomik durumları ve arazi bozulması-çölleşme konusuna yaklaşımları. Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Türkiye.
- Şentürk, Ö. 2008. Aşağıgökdere Orman İşletme Şefliği'ndeki Kızılçam ormanlarının konumsal yapısındaki son kırk yılda meydana gelen değişimlerin belirlenmesi. Master's thesis, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.
- Tekeş, A., Cürebal, İ. 2019. Arazi kullanımı ile yükselti ve eğim özellikleri arasındaki ilişkinin analizi: Şehzadeler (Manisa) ilçesi. *Turkish Studies-Social Sciences*, 14(4), 1787-1806.
- Tekeş, A., Karagöz, S. G., Uluhan, M. D. 2024. Bazı endemik ve tıbbi öneme sahip bitki türlerinin uçucu bileşenlerinin yükseltiye bağlı değişimi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 123-138.
- Tekin, S., Yalçınkaya, B., Acarer, A., Mert, A. 2018. A research on usage possibilities of satellite data in wildlife: Modeling habitat suitability of Roe deer with MaxEnt. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 147-156.
- Teshager, Z., Argaw, M., Eshete, A. 2018. Woody species diversity, structure and regeneration status in Weiramba forest of Amhara region, Ethiopia: implications of managing forests for biodiversity conservation. *Journal of Natural Sciences Research*, 8(5), 16-31.
- Turan, İ. D., Dengiz, O., İç, S. 2024. Arazi kullanımı/arazi örtüsü özelliklerinin belirlenmesine örnek bir çalışma: Samsun Tekkeköy ilçesi (1990-2017 yılları), *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 201-215.
- TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu, Erişim tarihi: 09.08.2024. Erişim Linki: <https://www.tuik.gov.tr/>
- Türksoy, A. E. 2008. Emet-Simav yöresindeki bir karaçam ormanında son 30 yılda meydana gelen yapısal değişimlerin CBS ve hava fotoğrafları kullanılarak belirlenmesi. Master's thesis, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s: 68.
- Uzun, F. V. 2018. Natural resources management. in *Handbook of Research on Environmental Policies for Emergency Management and Public Safety*. IGI Global, p. 1-21.
- Uzun, A., & Somuncu, M. (2013). Madra Dağı Ve Çevresinin Arazi Örtüsü/Kullanımındaki Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(30), 1-21.
- Veiga, M. M., Scoble, M., McAllister, M. L. 2001. Mining with communities. in *Natural Resources*, Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. Forum. Vol. 25, No. 3, 191-202.
- Vinceti, B., Termote, C., Ickowitz, A., Powell, B., Kehlenbeck, K., Hunter, D. 2013. The contribution of forests and trees to sustainable diets. *Sustainability*, 5(11), 4797-4824.
- Wiersum, K. F. 1997. From natural forest to tree crops, co-domestication of forests and tree species, an overview. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 45(4), 425-438.
- Yan, Y., Wang, C., Quan, Y., Wu, G., Zhao, J. 2018. Urban sustainable development efficiency towards the balance between nature and human well-being: Connotation, measurement, and assessment. *Journal of Cleaner Production*, 178, 67-75.
- Yılmaz, R. 2009. Edirne'de çevre bilincinin belirlenmesi ve sosyo-ekonomik özelliklerin çevresel bilinç üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 79-92.



Tarihi Osmanlı camilerine ait ahşap minberlerin yapım tekniğı ve bezeme anlayışı açısından incelenmesi (Erzurum Yakutiye örneğı)

Musa Kaya ^{1*}, Ramazan Bülbül ²

¹Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Yakutiye, Erzurum, Türkiye

²Ağaçışleri Endüstri Mühendisliğı, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500, Beşevler, Ankara, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 24/10/2024

Kabul Tarihi: 06/01/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1573295>

*Corresponding author:

musa.kaya5@gazi.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Literatürde Osmanlı ya da Selçuklu dönemlerine ait pek çok cami ve cami donatılarına ait incelemeler mevcuttur. Ancak Erzurum'daki tarihi Osmanlı camilerinde bulunan orijinal ahşap minberlere ait bilimsel anlamda bir inceleme yapılmadığından; bu çalışmada, Erzurum Yakutiye ilçesi sınırlarında bulunan Osmanlı camilerindeki tarihi ahşap minberler incelenmiştir.

Yöntemler Araştırma Erzurum'da bulunan 5 adet tarihi cami üzerinde yapılmıştır. Orijinal ahşap minberler fiziksel ölçüm yapılarak rölöve çalışmaları yapıp taslak çizimleri yapılmıştır. Yapılan taslak çizimler, çekilen fotoğraflarla desteklenerek bilgisayar ortamında tekniğine uygun olarak çizilmiştir. Ayrıca envanter taraması ile minberlere ait yapım teknikleri, bezeme çeşitleri, üst yüzey koruyucu malzemeleri ile kullanılan malzemeler belirlenmiştir.

Bulgular İncelenen minberlerin yapım tekniklerinde çatma ve çakma tekniklerinin kullanıldığı, bezeme çeşitlerinde ise bitkisel motifli ve geometrik formlu biçimlendirmelerin uygulandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte yapılan bezeme tezyinatlarında ise Selçuklu ve Osmanlı ahşap sanatında yaygın bir kullanım alanı olan künde-kârî tekniğı, oyma tekniğı, edirnekârî, çıtakârî ve ajur tekniklerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca minber ölçülerinin birbirlerinden farklı oldukları, sadece minber giriş kapı ölçülerinin birbirlerine çok yakın değerlerde oldukları görülmüştür.

Sonuçlar Çeşitli dönemlerde yapılan restorasyonlar sonucunda bulundukları mekânlarda yapılaş amaçlarına uygun olarak kullanılan Erzurum'daki tarihi Osmanlı Camilerine ait ahşap minberlerin mevcut yapıları incelenmiştir. Böylece inceleme konusu olan bu tarihi kültürel miras varlıklarının gelecek nesillere aktarımı belgelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bezemeler, künde-kârî, minberler, miras

Examination of the construction technique and ornamentation understanding of wooden pulpits in historical Ottoman Mosques (Case study of Erzurum Yakutiye)

ABSTRACT

Background and aims There are many studies in the literature regarding mosques and mosque furnishings from the Ottoman or Seljuk periods. However, since no scientific study has been conducted on the original wooden pulpits found in the historical Ottoman mosques in Erzurum, this study examines the historical wooden pulpits in the Ottoman mosques located within the boundaries of Yakutiye district in Erzurum

Methods The research was conducted on five historical mosques located in Erzurum. The original wooden pulpits were physically measured, and survey work was carried out to create draft drawings. The draft drawings were supported by photographs and digitally drawn in accordance with the appropriate techniques. Additionally, through an inventory survey, the construction techniques, ornamentation types, surface protective materials, and the materials used for the pulpits were determined.

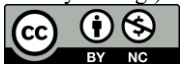
Results It was determined that the construction techniques of the examined pulpits involved the use of joinery and pinning techniques, while the ornamentation featured plant motifs and geometric forms. Furthermore, it was found that the ornamentation applied included techniques commonly used in Seljuk and Ottoman wood art, such as künde-kârî, carving, edirnekârî, çıtakârî, and ajur techniques. Additionally, it was observed that the dimensions of the pulpits varied from one another, with only the dimensions of the pulpit entrance doors being very similar to each other.

Conclusions As a result of various restorations carried out over different periods, the existing structures of the wooden pulpits in the historical Ottoman mosques in Erzurum, which have been used in accordance with their original purposes in their respective locations, have been examined. In this way, the documentation of the transfer of these historical cultural heritage assets to future generations has been ensured.

Key Words: Decorations, heritage, künde-kârî, pulpits

Bu makaleye atıf:

Kaya, M., Bülbül, R., 2025. Tarihi Osmanlı camilerine ait ahşap minberlerin yapım tekniğı ve bezeme anlayışı açısından incelenmesi (Erzurum Yakutiye örneğı). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 10-18.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

İslam dini, 7. yüzyılın başında Arap yarımadasından doğmasıyla birlikte çok kısa bir sürede Hint yarımadasından İspanya'ya, Habeşistan'dan Kafkaslara kadar yayılmıştır (Can, 2008). Buna bağlı olarak mescit, namazgâh ya da cami diye tabir edilen İslam mabet'leri de inşa edilmiştir (Bozkurt, 2005). İbadet etme ihtiyacının giderilmesi için inşa edilen camiler mimari birer unsur olarak kabul edilmekle beraber, bu tür mimari yapıların iç mekânlarının şekillenmesinde kullanımdan kaynaklı bazı gerekliliklerde etkili olmuştur. Bunlar her biri belli bir amaca hizmet eden minare, mihrap, minber ve vaaz kürsüsü gibi mimari unsurlar olup (Kurtişoğlu 2013) bunlarla birlikte zamanla camilere mahfil, mükebbire gibi yeni bölümler de eklenmiştir (Karaman vd. 2020).

Arapçada yükseklik ifade eden “nebr” kelimesinden türetilmiş ve mekân ismi olarak camilerdeki donatı unsuru olan minber; üzerine kademe kademe çıkılan yüksekçe yer anlamındadır. Fonksiyonu ise Cuma ve bayram namazlarında hatibin üzerine çıkıp, hutbe okuduğu; kapısı, gövdesi ve şerefesi olan iç donatı elemanıdır. Kapı; yan söve, aynalık, taç ve kapı kanatlarından meydana gelir. Merdiven, korkuluk, şerefe altı ve süpürgelik bölümleri de gövdeyi meydana getirirken; kubbe, külah ve âlem bölümleri de şerefe kısmını oluştururlar (Oral 1962, Arseven 1966, Bozkurt 2005; Ayverdi 2006).

İslam peygamberi Hz. Muhammed'in İslamiyet'in ilk yıllarında bir hurma ağacı kütüğüne dayanarak verdiği hutbeyi; daha sonra ilgin odunundan yapılan ve yüksekliği 1 metre olan iki basamak ve oturma yerinden ibaret minber üzerinde gerçekleştirmiştir (Bozkurt 2005). Minberler camilerde imamın namaz kıldırıldığı bölüm olan mihrabın sağına konumlandırılır. Ahşap, taş, mermer gibi malzemelerden imal edilen minber; cami içerisinde bulunan donatı elemanlarının en işlemeli unsurudur. Tarihsel olarak günümüze ulaşabilmiş en erken tarihli minber; Kuzey Afrika'da Tunus/Kayravan'da 862 yılında 17 basamaklı ve abanoz odunundan imal edilmiş olup; günümüz minber anlayışının teşekkül edilmesinin ilk örneğini oluşturmaktadır (Apa, 2015).

Erken dönemde daha çok fonksiyonelliğin ön planda tutulduğu; tezyinatın ikinci planda olduğu, basit ve kolay bir işçilikle imal edilen minberler; Mescidü'n-Nebi'deki ilk minberden de anlaşılmaktadır. Erken dönem minberlerin yapımında kullanılan malzemenin çoğunlukla ahşap olduğu; ahşap türünün ise çoğunlukla abanoz odununun olduğunu belirtmiştir (Can, 2008). İlk minberlerle aynı yapısal forma sahip minberler Abbasiler zamanında Mısır ve Suriye'ye yayılmışlardır. Devam eden tarihsel süreçte Fatimiler (910-1171) döneminde imal edilen minberlerde; kapılar, şerefe ve taç kısımları yapılmıştır (Apa, 2015). Bu yapı tarzının günümüz minberlerinin şekillenmesinde de etkileyici olduğu söylenilebilir.

Minberin Anadolu topraklarına geçişi 1071 Malazgirt savaşı ile başlamıştır. Anadolu'ya geçiş yapan Müslüman Türklerin fetih günlerindeki zorluklardan dolayı minber yapma imkânlarının olmadığı; bundan dolayı Büyük Selçuklu Hükümdarı Sultan Melikşah tarafından ahşaptan yapılmış minberlerin gönderildiği bilinmektedir. Ancak günümüze kadar ulaşabilmiş herhangi bir minber bulunmamaktadır (Karamağaralı, 1955; Apa, 2007). Fakat Anadolu Selçuklu devleti döneminden günümüze kalan birçok camiye (Aksaray

Ulu Camii, Konya ve Ankara Alaeddin Camii, Divriği Ulu Camii, Harput Ulu Camii, Malatya Ulu Camii, Kayseri Ulu Camii, Sivrihisar Ulu Camileri, Ankara Arslanhane Camii gibi) ait minber bulunmaktadır (Apa, 2015). Bunlar genellikle en çok tercih edilen ceviz, abanoz, sedir, elma, armut ve gül gibi ağaç türlerinden imal edilmiş olup; zengin işçilikleri ile ön plana çıkmaktadırlar. Bununla birlikte Türk ahşap sanatında önemli bir yere sahip olan ve üzerinde taşıdığı ayet, hadis ve usta isimlerini barındıran kitabeler de mevcuttur. Anadolu Selçuklu dönemine ait minberlerin diğer bir özelliği de hiçbir minberin diğer bir minbere birebir benzemediği, dolayısıyla farklı ustalar tarafından yapıldığını belirtmişlerdir (Öney, 1969-1970; Apa Kurtişoğlu, 2014). Diğer bir durum ise farklı tasarımlara bağlı kalınarak yapıldığı da söylenebilir.

Osmanlı Devleti mimarlık açısından Erken Dönem (14. ve 15. yy), Klasik Dönem (16. ve 17. yy) ve Geç Dönem (18. ve 19. yy) olmak üzere üç farklı döneme bölünmüştür (Aras, 2003). Bu tarihsel süreç dönemlerindeki minberlerin form ve malzeme türleri de değişmektedir. Osmanlı Cami Mimarisinde minber yapımı bezeme sanatı olup, yapıldığı caminin sanatsal değeriyle benzer özellikler taşımaktadır (Meydan Larouse, 1960). Erken Döneme ait minberlerde biçimsel formlar ve süsleme özellikleri Anadolu Selçuklu Devletinin etkisinde iken aynı zamanda klasik döneme bir köprü vasıtası da olmuştur. Bu dönemde minberlerde yoğun bir süsleme mevcuttur (Apa, 2008). Klasik Döneme ait minberlerde; malzeme, bir bütün olarak mermer daha çok büyük camilerde tercih edilirken, ahşap ise daha çok küçük camilerde tercih edilmiştir. Ayrıca yapılan bazı uygulamalarda bu iki malzemenin (mermer ve ahşap) karışımı şeklinde olup bazılarında da pirinç madeninin ilavesine de yer verilmiştir. Bu dönemde ahşap hem kasnak hem de külahta kullanılır iken bazı minberlerde ise sadece külahta kullanılmıştır. Pirinç madeni ise daha çok minberlerdeki âlemlerde kullanılmıştır. Klasik dönem minberlerinde tezyinat olarak geometrik ve bitkisel bezemelerin kullanıldığı kesinleşmiştir (Apa, 2007). Geç dönem minberleri ise Nuru Osmaniye Camisinin minberinin yapıyla başlamıştır. Bu dönem farklı renklerdeki mermerler kullanılmış olup; geometrik bezemeler daha az kullanılmıştır (Dağlı, 2015).

Doğu Anadolu'nun en önemli ve en eski şehirlerinden olan Erzurum; Hurri, Urartu, Saka, Med, Roma, Bizans, Sasani, Emevi, Abbasi, Selçuklu, İlhanlı, Saltuklu ve Osmanlı Devleti gibi birçok devletin egemenliğine girmiştir (Küçük, 2011). Bunun sonucunda yaklaşık olarak 6000 yıllık bir kültür birikimine sahip olan Erzurum şehri mimari eserleri ile önemli bir yere sahiptir (Yurttaş vd., 2011). Erzurum şehri aynı zamanda birçok medeniyete ev sahipliği yaptığından dolayı kadim bir kültürel birikimi mevcuttur. Özellikle günümüzde de mevcudiyetini sürdüren en önemli kültürel değerlerin, İslam dinine tabi devletlerce miras bırakılan eserler olmuştur. Bu devletlerden en büyüğü olan Osmanlı Devleti Döneminden kalma birçok Cami, Medrese, Han-Hamam gibi yapılar günümüzde de aktif bir şekilde kendi yapım amaçları doğrultusunda hizmet etmektedirler.

Erzurum şehrinde Saltuklu'lar döneminden kalan çok destekli Ulu Camii (Aslanapa, 1984) ve diğerleri ise Osmanlı Döneminde farklı tarihlerde imar edilmiş ve günümüzde varlığını sürdüren toplamda 45 tarihi cami bulunmaktadır. Osmanlı Dönemi camilerinden merkezi planlı Lala Paşa Camii,

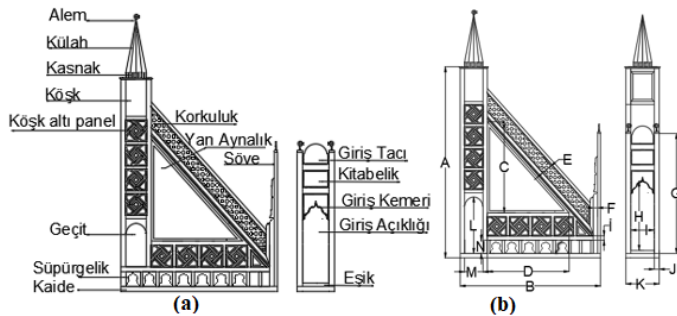
14'ü tek kubbeli, 29'u da ahşap destekli camilerdir (Yurttaş vd. 2008; Yurttaş vd. 2011).

Bu çalışmada, Osmanlı Döneminden günümüze ulaşabilmiş Erzurum Yakutiye ilçesi sınırlarında bulunan Gürcü Mehmet Paşa Camii, Yeğen Ağa Camii, Caferiye Camii, Cennetzade Camii ve Kadana Camilerine ait ahşap minberlerin malzeme, yapım teknikleri, bezeme özellikleri ve koruma durumlarını incelemektir. Bir diğer amaç ise çalışma konusu olan camilere ait minberlerin teknik çizimleri ve tezyinini oluşturan farklı şekillere sahip desen ve motiflerin çizimlerini yapıp belgelenerek kayıt altına alınmasını sağlamaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Yapılan araştırma Erzurum ili Merkez Yakutiye ilçesi sınırları içerisinde bulunan ve Osmanlı Döneminden günümüze kalan tarihi camilerden beş tanesinde tespit edilen ahşap minberler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında; tespit edilen ahşap minberler belirlenip fotoğraflanmıştır. Daha sonra her minbere ait taslak çizimler yapılarak fiziksel ölçümleri yapıp minber ölçüleri tespit edilmiştir. Minberlerin rölöve çizimleri; oluşturulan taslak çizimler ve çekilen fotoğraflar dikkate alınarak Bilgisayar Destekli Çizim Programı (AutoCAD 2024) ile oluşturulmuştur.

Yapılan çalışmada okuyucu açısından herhangi bir karışıklığa sebebiyet vermemesi için literatür çalışmaları sonuçları dikkate alınarak minber bölümlerinin isimlendirilmeleri Şekil 1a'da (Hakyemez, 2019) görüldüğü gibi yapılmıştır. Ayrıca bu bölümlere ait uzunluklar sayısal ölçüler yerine harf ile temsil edilmiş olup Şekil 1b'de (Taşdemir ve ark. 2024) gösterilmiştir. Araştırma sonuçları bulgular kısmında sunulan minber bölümlerinin ölçüleri sayısal olarak Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Minberlere ait, (a) bölüm isimleri, (b) ölçülendirme sistemi

3. Bulgular

3.1 Caferiye Camii minberi

Caferiye Camii; tek kubbeli bir yapıya sahip olup kare planlı bir formda, 1645 yılında inşa edilmiştir. Son cemaat yeri ise üç gözlü olup; Erzurum'un Osmanlı dönemine ait olan beden duvarları moloz, köşeler ise kesme taşlardan yapılmıştır. Camii içerisinde bulunan donatılardan ahşap giriş kapısı, vaaz kürsüsü ve ahşap minberi orijinaldir (Özkan, 2015).

Ahşap minber çatma yapım tekniği kullanılarak ceviz ağacından üretilmiş olup köşk altı bölüm ve aynalık kısmı farklı panolar halinde tanzim edilmiştir. Erzurum'daki tarihi Osmanlı

Camileri ile günümüz camilerinde mevcut olan Camii minberlerinde geçitler kaide üzerinde olurken Caferiye camisinde ise süpürgelik üzerinde konumlandırılmıştır (Şekil 1).



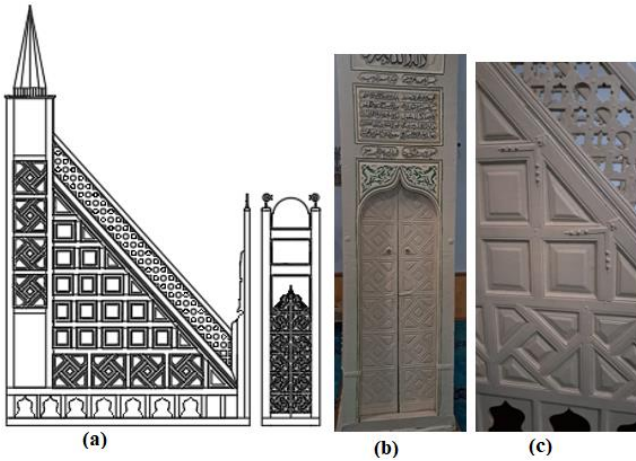
Şekil 1. Caferiye Camii, (a) minber, (b) giriş bölümü taç kısmı

Caferiye Camisi minberinin en dikkat çekici olan kısmının Şekil 1b'de olduğu gibi giriş bölümündeki taç kısmının olduğu görülmektedir. Bu bölümde var olan giriş kapısı; iki kanatlı olup Şekil 3b'de görüldüğü gibi taklidi bir künde-kârî tarzında ve derin bir şekilde oyularak oluşturulmuştur. Ancak iki kanat birleşim yerinde bini çıtasının mevcudiyeti görülmemektedir.

Geometrik geçmeli olarak tanzim edilen giriş kapısı kaş sivri kemerlidir. Taç bölümünde Şekil 2'de görüldüğü gibi nesih tarzda yazılmış 12 satırdan ibaret manzum kitabe bulunmaktadır (Konyalı, 1960). Taç kısmının en üst kısmındaki bölümde Kur'an-ı Kerimden bir ayet olup; hemen altında ise kelime-i Tevhit bulunmaktadır.



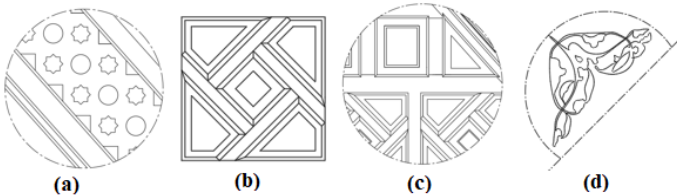
Şekil 2. Caferiye Camii'ne ait minber tacındaki yazılar (Özkan, 2015)



Şekil 3. Caferiye Camii'ne ait minber; (a) minber ön görünüş çizimi, (b) minber giriş kapısı, (c) süpürgelik üstü pano ve tablarukalar

Caferiye Camii minber köşk altı ve süpürgelik üstü bölümleri; Şekil 3a'da olduğu gibi panolu olarak bölümlenmiş olup kare bir şekil etrafında geometrik biçimli parçaların künde-kâri tekniği ile kayıtlar içerisine yerleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Minberin aynalık kısmı ise yine künde-kâri tekniği kullanılarak kare formlu tablarukalar ve hemen alt kısımda ise kare formlu parçanın etrafında yerleştirilmiş geometrik parçalar ile bezenmiştir. Aynalık bölümündeki kayıtlar ile korkuluk alt küpeştesinin birleştiği bölge Şekil 3c'de görüldüğü gibi L biçimindeki dekoratif metal parça ile desteklenmiştir. Korkuluk kısmı ise ajur (Kafes oyma) tekniği kullanılarak farklı geometrik şekillerde oyulmuştur. Minber sövesi kare kesitli olup; söve ve minber gövde birleşiminin olduğu yerde üst tarafı şekillendirilmiş (Şekil 3a) destekleyici masif dikme ile desteklenmiştir.

Caferiye Camii ahşap minberi genel itibari ile sade bir görüntüye sahip olup; on basamaklıdır. Minberin dış yüzeyleri bütünüyle örtücü ve beyaz renkli bir boya ile boyanmıştır. Caferiye camisindeki bu minber; günümüzde de etkin bir biçimde yapılış amacına hizmet etmektedir. Minber üzerinde var olan bezemeler Şekil 4a, 4b, 4c ve 4d'de verilmektedir.



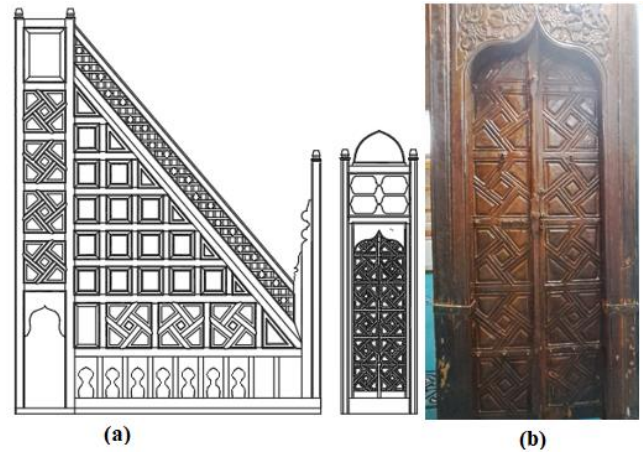
Şekil 4. Minberde kullanılan geometrik ve bitkisel temalı bezemeler; (a) korkuluk bezemesi, (b) ve (c) panolarda kullanılan künde-kâri bezemeleri, (d) giriş kapısı kemerinde kullanılan bitkisel motif (sümbül ya da ters lale)

Anadolu Selçuklu ahşap işçiliğinden özellikle kapı ve pencere kanatları ile minber aynalık ve köşk altı bölümlerinin panolara ayrılması yaygın bir şekilde uygulanmış olup bu gelenek Osmanlı dönemi ahşap işçiliğinde de devam ettirilmiştir. Bununla beraber yine Anadolu Selçuklu döneminde kullanılan beşgen, sekizgen ve ongen kollu yıldızlar ile bitkisel motifli bezemeler Osmanlı ahşap işçiliğinde de uygulanmıştır (Bozer,2006; Bulu, 2020). Dolayısıyla Caferiye Camii ahşap

minberinde uygulanan bezemelerin Selçuklu ahşap işçiliğinde kullanılan geometrik ve bitkisel bezemelerle tezyin edildiği söylenebilir.

3.2 Yeğenağa Camii minberi

Erzurum merkez Yeğenağa Mahallesinde bulunan tarihi Osmanlı Camii, 1661 yılında inşa edilmiştir. Ahşap destekli ve düz tavanlı bir camidir (Konyalı, 1960; Berkli ve Özsağlık, 2019). Caminin kuzey cephesinde bulunan son cemaat yeri beş gözden meydana gelmektedir. Yapının beden duvarları; aralarında ahşap hatıllar olmak üzere moloz taşlardan yapılmıştır. Yapının ahşap tavan ve direkleri ile kapı ve minberi örtücü yağlı boyalar ile boyanmıştır. Ancak daha sonra yapılan restorasyonlar sonucunda var olan yağlı boyalar kazınarak söz konusu bu taşıyıcı ve donatı elemanları asıl görüntülerine kavuşturulmuştur (Okuyucu ve Arslan, 2009). Yeğenağa Camisine ait giriş kapısı ile minberi orijinal olup günümüzde de yapılış amacına hizmet etmektedir.



Şekil 5. Yeğenağa Camii minberi; (a) ön görünüş çizimi, (b) minber giriş kapısı

Yeğenağa Camii minberinin gövde kısmı künde-kâri tekniği ile oluşturulmuştur. Bununla birlikte minber giriş kapısı yekpare ahşap malzemeden olup derin bir oyma yapılarak Şekil 5a ve 5b'de görüldüğü gibi taklidi bir künde-kâri görüntüsü oluşturulmuştur. Yeğenağa Camii minber taç kısmında bulunan oymalar Şekil 6a'da görüldüğü gibi dört odacıklı ve derin bir satıh ile yapılmıştır. Taç kısmında bulunan bitkisel motif ise Şekil 6b'de olduğu gibi o de derin bir oyma şeklinde yapılmıştır.



Şekil 6. (a) Minber taç kısmında bulunan kitabe, (b) giriş kapısı kemerinde kullanılan bitkisel motif (Sümbül ya da ters lale)

Yeğenağa Camii minber korkuluğu farklı geometrik formlarda ajur tekniği ile biçimlendirilmiştir. Minber aynalık kısmının tezyininde ise dikdörtgen formu tablarukalar ve künde-kârî tekniğindeki süslemelerde yoğun bir biçimde kullanılan baklava dilimlerine benzer geometrik formu parçalar kullanılmıştır. Yeğenağa Camii minberi on adet basamağa sahip olup; çeşitli restorasyonlara tabi tutulduktan sonra türü tespit edilemeyen ahşap koruyucu gereçler ile korunmuştur. Minber aynalık kayıtları ile korkuluk kayıtlarının bağlantıları ise dekoratif görüntüye sahip Şekil 7a'da da görülen metal parçalar ile sabitlenmiştir.



Şekil 7. Minberde kullanılan geometrik ve bitkisel temalı bezemeler; (a) korkuluk bezemesi, (b) panolarda kullanılan künde-kârî tekniğine sahip panolar

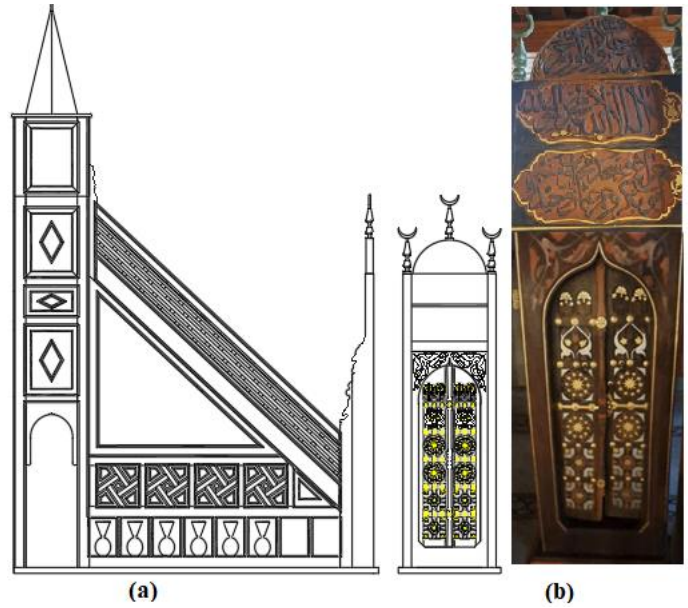
Anadolu Selçuklularında kapı kanatları ve bazı yapıların taş duvar süslemelerinde kullanılan beşgen ve ongen kompozisyonlar Beylikler döneminde de yaygınlaşmıştır. Osmanlı döneminde ise ahşap süsleme sanatında kullanılan ahşap şekillerin artmasına bağlı olarak bir standartlaşma oluşmuştur (Bulut, 2020). Bundan dolayı Erzurum'daki tarihi Osmanlı camilerinde bulunan minberlerin karakteristik olarak birbirlerine benzer oldukları söylenebilir.

3.3 Gürcü Mehmet Paşa Camisi minberi

Gürcü Mehmet Paşa tarafından 1648 yılında yapılmış olan camii; düz tavanlı küçük boyutlu, sade ve basit bir mimari ile ahşap destekli bir Camii olarak inşa edilmiştir. Camii duvarlarının yapımında malzeme olarak kesme ve moloz taşlar kullanılmıştır (Sağsöz ve Özgen, 2005; Yurttaş, 2010). Gürcü Mehmet Paşa Camisi farklı dönemlerde restorasyonlara tabi tutulmuş olup; günümüzde ibadete açık halde bulunmaktadır.

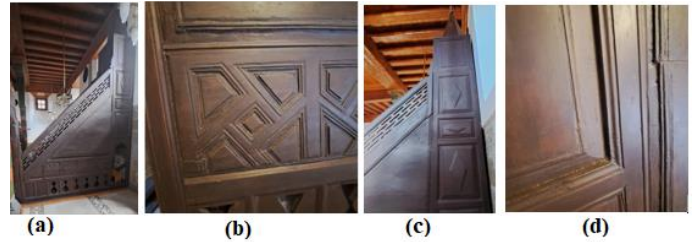
Gürcü Mehmet Paşa Camii'ne ait minber; yapım tekniği olarak çatma (Taşıyıcı ahşap elemanlarının birbirlerine zıvana benzeri birleştirme türleri ile bir araya getirilmesi) tekniğinde olup ceviz ağacından üretilmiştir. Minberde sekiz adet basamak mevcuttur. Minber kapısı iki adet kanata sahip olup Şekil 8a ve 8b'de olduğu gibi birleşim yerlerine bini çıtası konulmuştur.

Minber köşk altı panolar ve yan aynalık kısmı tablarukalar halinde üretilmiş olup; köşk altı panolar, yüzeyleri eşkenar dörtgen şeklinde kabartmalı (aplike) olarak oyulmuş motifler ile bezenmiştir. Aynalık altı bölümde ise geometrik şekilli ve derin bir oyma uygulaması ile künde-kârî yapım tekniği görüntüsü verilmiştir.



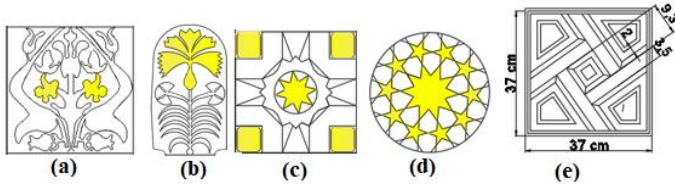
Şekil 8. Gürcü Mehmet Paşa Camisi, (a) minber ön yan görünüş çizimi, (b) minber giriş kapısı ve taç kısmı

Yan aynalık kısmı ise yatay biçimde konumlandırılmış altı adet ahşap parçadan meydana gelmiş olup; tablaruka haricinde herhangi bir bezemeye sahip değildir. Minber korkuluğu orijinal olmayıp sonradan çam ağacından üretilmiştir. Gerek küpeşeler gerekse aynalık, köşk altı panolar ile diğer kayıtların kenarları dairesel oluklu kordonlar ile bezenmiştir (Şekil 9a, 9b, 9c, 9d).



Şekil 9. Gürcü Mehmet Paşa Camisine ait görüntüler; (a) minber, (b) kare künde-kârî formu süpürgelik üstü panel, (c) köşk altı tablarukalar, (d) kenarları dairesel formu oyuklu kordon

Çatma yapım tekniği ile üretilen Gürcü Mehmet Paşa Camisinin süslemelerinde bitkisel ve geometrik formu motifler kullanılmıştır. Özellikle yekpare ve iki ayrı kanattan yapılan minber giriş kapısında söz konusu bu motif türlerinin kullanımının daha yoğun olduğu tespit edilmiştir. Giriş kemerinin üst kısmı özellikle XIV. Ve XV. Yüzyıl ahşap mescitlerde gelenek haline gelen (Öney, 1992) Edirnekârî (Ahşap yüzeylere boya ile yapılan bezeme sanatı) tekniği ile bitkisel temalı (ters lale) olarak kök boyalar ile süslenmiştir. Minber taç kısmında ise derin bir şekilde yapılan oyma ile Arapça harfleri işlenmiş olup; en alta caminin çırakları, ortada Kelime-i Tevhid ve en üste ise Yusuf Suresi 64. Ayeti yazılmıştır (Daş, 2018).



Şekil 10. Gürcü Mehmet Camisi minberinde kullanılan geometrik be bitkisel temalı motifler; (a) sümbül motifi, (b) hayat ağacı, (c) sekiz kollu yıldız (d) on kollu yıldız (e) kare formlu parça etrafında konumlandırılan çıta ve geometrik parçalardan oluşan pano

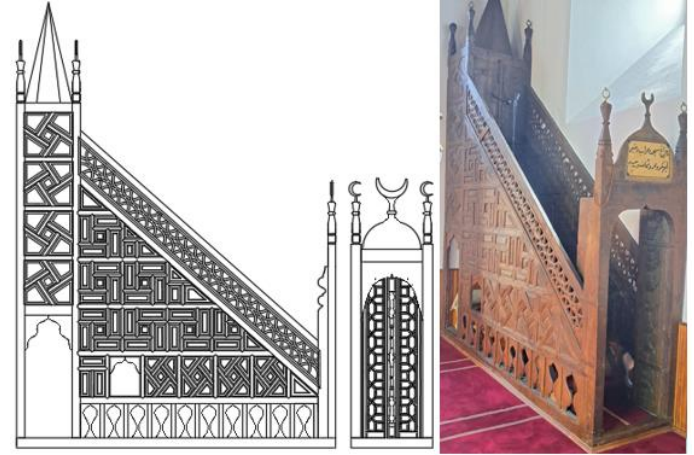
Gürcü Mehmet Paşa Camii'ne ait minberde genel olarak bitkisel ve geometrik motifler kullanılmıştır (Şekil 10). Geometrik motifler sekiz ve on kollu yıldız motifli iken bitkisel motiflerde ise hayat ağacı temsili ve sümbül motifi kullanılmıştır. Bununla birlikte özellikle künde-kâri tekniği uygulamalarında sıkça kullanılan kare formlu bezemelere de yer verilmiştir. Geometrik motifler Selçuklu Döneminde kullanıldıkları gibi Beylikler ve Osmanlı Döneminde de kullanılmışlardır. Geçmiş inanışlara bağlı olarak simgesel anlamlar taşıyan geometrik bezemeler Osmanlı Dönemi'nde geometrik bir kaideye bağlı olarak sonsuz biçimde genişletilebilen formlar haline gelmişlerdir. Söz konusu bu geometrik bezemeler içinde en çok kullanılan örnekler güneş, yıldız, hayat ağacı ve çarkıfelek gibi motifler bulunmaktadır (Yılmaz, 2001). Bununla birlikte İslam dinindeki inanışlara göre insan ve hayvan figürlerinin kullanılması haram olduğu varsayımından dolayı; lale, sümbül, gülce gibi bitkisel motifler ile özellikle dini yapılarda Kur'an-ı Kerim ayetlerinden oluşan yazılar da kullanılmıştır. Bu bağlamda Gürcü Mehmet Paşa Camisi minberinde kullanılan bitkisel ve geometrik esaslı bezemelerin Osmanlı Ahşap Sanatı'na ait uygulamalardan olduğu söylenilebilir.

3.4 Kadana Camisi minberi

Erzurum ili Yakutiye ilçesi Mahallebaşı semtinin güney batısında yer alan Kadana Camii 1743 yılında Kadanazade İsmail Efendi tarafından inşa edilmiştir. Erzurum'da dört direkli ve ahşap tavanlı olarak inşa edilmiş camilerdendir. Mahfil kısmı ise cami girişinde yer alıp ahşap direklerle desteklenmektedir. Mihrap ise Mukarnas kavsaralı olup beş yüzeylidir. Kadana Camii duvarları kesme ve moloz taşlardan yapılmış olup; farklı dönemlerde restorasyon işlemlerine tabi tutulmuştur. Kadana Camii Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu'nun 13.11.1976 tarih ve A.188 sayılı tescil kararı ile koruma altına alınmıştır (Tunçay ve Yavuz, 2023). Kadana Camii tek kanatlı ve çakma yapım tekniğine sahip ahşap giriş kapısı, ahşap minberi ve ahşap tavan ve sütunları ile mahfil altında bulunan tonozlu yapıyla oldukça yoğun bir bezemeye sahiptir. Özellikle giriş kısmında bulunan tonozlu bölüm kök boyalar kullanılarak Rumi tarzı bitkisel motiflerle bezenmiştir.

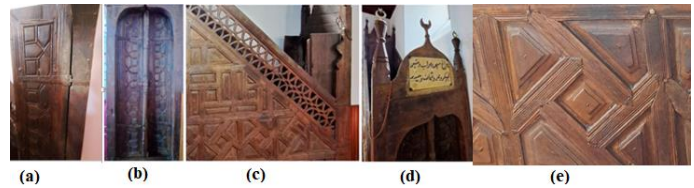
Kadana Camii Minberi ceviz ağacından üretilmiş olup; Şekil 11'de görüldüğü üzere günümüzde de aktif bir şekilde yapılış amacına hizmet etmektedir. Minber giriş bölümü iki kanatlı olup Şekil 12a'da olduğu gibi taklidi künde-kâri tekniği ile yapılmıştır. Yapılan künde-kâri uygulaması; kare formlu şekillerin etrafına geometrik parçaların konumlandırılması ile sağlanmıştır. Ayrıca konumlandırılan bu geometrik formu

parçaların etrafları yarım dairesel biçimli çıtalar ile çevrilmiştir. Bununla birlikte minber kapı kanatlarının yüzeylerine destekleme amaçlı Piştivan menteşeler çakılmıştır.



Şekil 11. Kadana Camii minber yan ve ön görünüş çizimi ile minber görseli

Kadana Camii minberinin kapı bölümünde kullanılan bini çitasının çoğunluk kısmı dairesel biçimli yontularak şekillendirilmiş olup simetrik bir forma sahiptir. Minber sövesi kare kesitli olup üst bitiş kısmı prizmatik koni şeklinde oyulmuştur. Minber giriş kısmı kemer şeklinde yapılarak üstüne taç konumlandırılmıştır. Taç kısmında ise Osmanlıca harfler ile oluşturulmuş bir kitabe yazılmıştır (Şekil 12d).

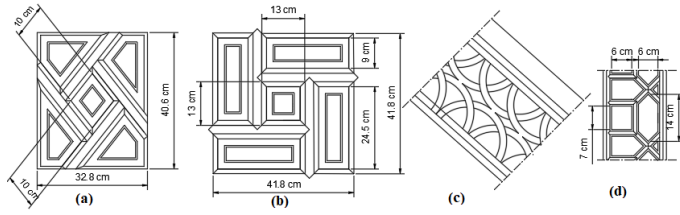


Şekil 12. Kadana Camii'ne ait görseller; (a) minber kapı kanadı (b) minber kapısı, (c) minber yan aynalığı ve korkuluk kısmı, (d) giriş bölümü taç kısmı, (e) künde-kâri formu

Kadana camii minberinin aynalık kısmı üç farklı geometrik formda tanzim edilmiştir. Birincisi; kare bir alan içerisine konumlandırılan geometrik biçimli parçaların künde-kâri tekniği ile bir araya getirilmesinden oluşur. İkincisi yine kare biçimli bir alan içerisine yerleştirilen dikdörtgen şekilli tablrukaların bir araya getirilmesi ve üçüncüsü ise özellikle pano ve korkulukların birleşim bölgelerindeki üçgen forma sahip tablrukaların birbirine kertme geçme ile bağlanmış kayıtların arasına yerleştirilmesi ile oluşmuştur (Şekil 12c, 12e). Camii minber korkuluklarında ajur tekniği ile oluşturulmuş zencirek şeklinde bezemeler yapılmıştır. Sekiz basamağa sahip Kadana Camii minberinde kullanılan ahşap esaslı geometrik formlu bezemeler ölçüleri ile birlikte Şekil 13'te verilmiştir.

Osmanlı bezeme sanatlarında XVI. Yüzyılın ortalarından itibaren meydana gelen değişim daha çok doğaya dönüş şeklinde meydana gelmiştir. Ancak bazı durumlarda özellikle teknik nedenlerden dolayı bazı sanat dallarında ana hatlara sadık kalınmıştır. Bu alanlardan birisi olan ağaç işlerindeki bezemelerde; daha çok geometrik bezemeler, rûmî ve hatâyî süslemelerin uygulamalarına devam edilmiştir (Dağlı, 2015). Dolayısıyla XVIII. Yüzyıl eseri olan Kadana Camisini ahşap

donatılarında da geometrik ve rûmî tarzı bezemelerin yapıldığı tespit edilmiştir.

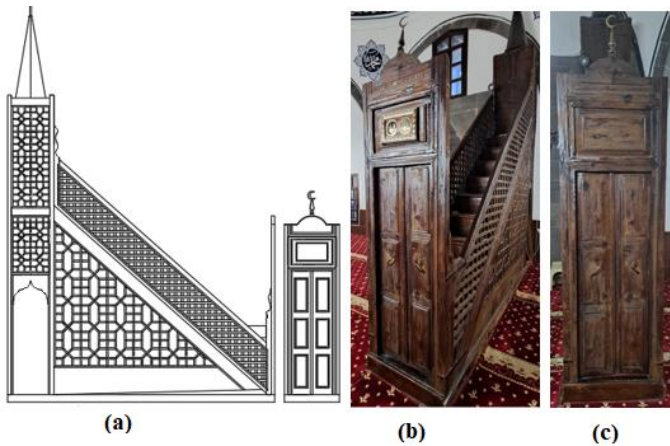


Şekil 13. Kadana Camii minberine ait bezeme örnekleri; (a) eşkenar dörtgen merkezli künde-kârî bezemesi, (b) kare merkezli tablarukalı künde-kârî bezemesi, (c) ajur tekniğine sahip korkuluk bezemesi, (d) farklı geometrik şekilli ahşap oyma bezemesi

3.5 Cennet-zade Camii minberi

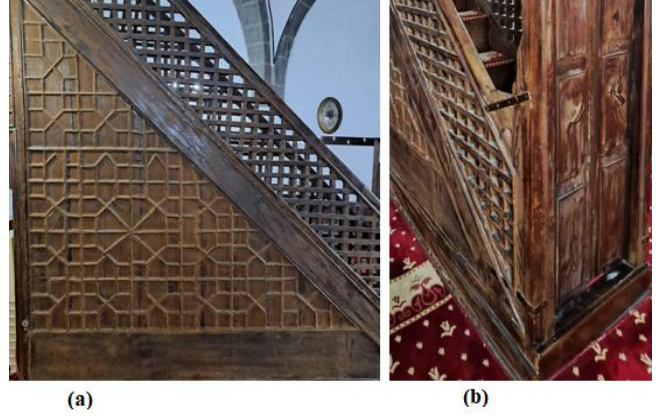
Tek kubbeli ve son cemaat yeri üç gözlü son cemaat yerine sahip Cennet-zade Camii 1785-1786 yıllarında İsmail Efendi adında bir zat tarafından yapılmıştır. Camii'nin harim bölgesini örten tek kubbesi yarım köşe şeklinde olup; dıştan sekizgen bir çatı ile örtülmüştür. Camii mihrabı kesme taşlardan olup; sade bir mukarnas bezeme ile tezyin edilmiştir. Cennet-zade Camii'nin gövde duvarları kesme ve moloz taşlardan yapılmıştır (Ünal, 1973; Karpuz, 1976).

Cennet-zade Camii'nin ahşap minberi sade bir görüntüye sahip olup; çakma (Geniş yüzeyli ahşap elemanlarının taşıyıcı katıtlara çivi ve benzeri gereçler ile sabitlenmesi) ve çatma teknikleri ile imal edilmiştir. Çam ağacından üretilen minberin bezemesi Şekil 14a ve şekil 14b'de görüldüğü gibi çıtakari tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan bezeme kare merkezli bir şekil etrafında yarım dairesel kesitli çıtaların özellikle sekizgen formda olacak şekilde alt zemine çakılması ile meydana gelmektedir. Minber giriş kapısında ise Şekil 14c'de görüldüğü gibi tablarukalı bir bezeme yapılmıştır.



Şekil 14. Cennet-zade Camisi minberi; (a) ön görünüş çizimi, (b) minber görüntüsü, (c) minber giriş kapısı

Cennet-zade Camii minberinin Erzurum'daki tarihi Osmanlı Camilere ait ahşap minberlerden ayıran özelliği; Şekil 15a ve Şekil 15b'de görüldüğü gibi yapım tekniği, bezeme şekli, korkuluk ızgaralarının genişliği ve korkuluk küpeştesinin yere olan yakın mesafesidir. Ayrıca bu minberdeki süpürgelik kısmı sonradan düz bir duralit parça ile kapatılmıştır.



Şekil 15. Cennet-zade Camisi minberi; (a) aynalık kısmının bezemesi, (b) minber korkuluğu

Cennet-zade Camii minber gövde kısmı uzun ve geniş çam tahtaların yan yana ahşap bir kuşak üzerine yapıştırılması (Çakma tekniği) ile oluşturulmuştur. Korkuluk kısmı ise kare ızgara olacak şekilde parçaların kертme geçme ile birleştirilmesi ile imal edilmiştir. Çıtakari tekniği özellikle Osmanlı ahşap sanatında tavanlarda yaygın olarak kullanılan bir bezeme tekniğidir. Belirlenen geometrik formlar üzerinde çakılan çıtaların teşekkülü ile meydana gelmektedir. Çıtakari tekniğinin diğer bir uygulama amacı ise tavanlarda var olan ek yerlerinin kapatılmasıdır. XVII. ve XIX yüzyıl Osmanlı ahşap süsleme sanatında daha çok kullanılmıştır (Özkeçeci ve ark. 2018).

3.6 Minberlere ait genel ölçüler

Erzurum'da bulunan Tarihi Osmanlı Camilerdeki minber bölümlerinin ölçülerinin birbirlerinden farklı oldukları tespit edilmiştir. Bu farklılık özellikle minberin aynalık kısmında daha fazla olduğu (Ort.:205,4; Std. Sp.: 40,8) görülmektedir. Meydana gelen bu farklılığın yapıya bağlı ve farklı tasarımcı ya da imalatçıların farklı zaman dilimlerinde minberleri üretmesine bağlı olarak gerçekleştiği söylenebilir. Yapılan ölçü taramasında Minber giriş kapı (H) yüksekliğinin incelenen tüm minberlerde birbirlerine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin ise ergonomik kriterlere bağlı olarak gerçekleştiği söylenebilir.

Çizelge 1. Erzurum Osmanlı dönemi Camii minberlerine ait genel ölçüler

Camii İsimleri	Ölçüler (cm)														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	İ	J	K	L	M	N
Caferiye Camii	425	323	209	188	27	16,5	280	162	54	9	11,5	77	89	42,5	30,5
Yeğenağa Camii	390	303	263	220	16,5	27	250,5	160	60	8	7,5	75	101	40,5	50
Gürcü Mehmet Paşa Camii	375	300	149	158	20	28	245	156	51,5	10	7	77,5	126	43	42,5
Kadana Camii	343	317	211	237	20	17,5	193	160	61	7,5	10	81	122	47	34
Cennetzade Camii	412	360	195	220	37	11,5	228,5	166	66	11	4	74	153	48	37
Ortalama	389	320,6	205,4	204,6	24,1	21	239,4	160,8	58,5	9,1	8	76,9	118,2	44,2	38,8
Standart Sapma	32,2	24	40,8	31,5	8,2	11,6	31,9	3,6	5,8	1,4	2,9	2,7	24,7	3,2	7,7

A: Minber yüksekliği, B: Minber genişliği, C: Aynalık yüksekliği, D: Aynalık genişliği, E: Korkuluk genişliği, F: Söve genişliği, G: Söve yüksekliği, H: Kapı kemer yüksekliği, I: Kapı giriş genişliği, İ: Aynalık kayıt genişliği, J: Söve kalınlığı, K: Giriş bölümü kalınlığı, L: Geçiş yüksekliği, M: Geçit genişliği, N: Süpürgelik yüksekliği

3.7 Minberlere ait bazı özellikler

Erzurum'daki Osmanlı dönemine ait tarihi camilerde bulunan ahşap minberlere ait olan bazı özellikler incelendiğinde minberlerin yapım teknikleri ve süsleme özelliklerinin birbirlerine benzer oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 2).

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında incelenen camilere ait minberlerin giriş kapıları iki kanatlı olup; kanatların birleşim yerlerinde farklı geometrik şekillerde oyulan bini çitasının Caferiye ve Cennetzade camilerinde olmadığı tespit edilmiştir. Caferiye Camii, Yeğenağa Camii, Gürcü Mehmet Paşa Camii ve Kadana Camii minberlerinde uygulanan bezemeler geometrik formlardan oluşturulmuş ahşap parçalardan oluşurken, Cennetzade Camii minberine ait bezeme ise geometrik şekillere bağlı çitalarla yapılmıştır. Caferiye Camii minberi ile Yeğenağa Camii minberlerindeki taşıyıcı kayıtların bağlantı yerlerine dekoratif metal parçalar kabara başlı çiviler ile eklenirken; diğer camilerde böyle bir uygulamaya gidilmemiştir. Erzurum Yakutiye ilçesindeki tarihi Osmanlı Dönemi camilerinde bulunan minberler; farklı dönemlerde yapılan restorasyonlarla birlikte günümüzde, bulundukları camilerde yapılaş amaçları doğrultusunda kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada incelenen

minberlerin gövdesini meydana getiren ana taşıyıcılar, çatma yapım tekniği ile bir araya getirilerek imal edilmişlerdir. Erzurum'da bulunan Osmanlı Dönemine ait tarihi camilerin minberlerindeki bezemeler çoğunlukla geometrik şekilli biçimde olup; hakiki künde-kârî, taklidi künde-kârî ya da aynı minber üzerinde her iki teknik de icra edilmiştir. İncelenen minberlerde; Selçuklu ahşap sanatından Osmanlı ahşap sanatına geçiş yapan ahşap süsleme sanatlarından; edirmekârî, künde-kârî, oymacılık, çitakârî ve ajur tekniklerinin yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmüştür.

Farklı dönemlerde yapılan restorasyonlar neticesinde bazı bölümleri değiştirilen ahşap minberler, türü tam olarak tespit edilemeyen ahşap koruyucu üst yüzey gereçleri ile korunduğu tespit edilmiştir. Böylece çeşitli mantar ve haşerelere karşı daha dayanıklı hale gelen minberler Osmanlı ahşap sanatının birer göstergesi olarak gelecek kuşaklara aktarımı sağlanmaktadır. Ancak Caferiye Camisi minberi tamamen örtücü bir boya ile kaplanması; künde-kârî tekniği ile yapılmış olan bu tarihi eserin bulunduğu mekânda dikkat çekmediği; bu yüzden uzman kişilerce boyaları tekniğine uygun olarak sökülmesi ve ahşap malzemenin dokusuna zarar verilmeden restore edilerek ahşap koruyucu gereçlerle korunması önerilir. Selçuklu ve Osmanlı Ahşap sanatının temsiliyeti niteliğindeki bu tür eserlerin yeniden restore edilerek kültürel miras varlıkları olarak turizm açısından değerlendirilmesi önerilmektedir.

Çizelge 2. Erzurum Osmanlı dönemi Camii minberlerine ait bazı özellikler

Camii adı	Yapım tekniği		Minber kapısı	Malzeme	Üst yüzey malzemesi
	Gövde	Aynalık			
Caferiye	Çatma	Künde-kârî	İki kanatlı, bini çitasız ve derin oymalı	Ceviz ağacı	Örtücü boya
Yeğenağa	Çatma	Künde-kârî	İki kanatlı ve derin oymalı	Belirsiz	Ahşap koruyucu
Gürcü Mehmet Paşa	Çatma	Taklidi künde-kârî	İki kanatlı ve derin oymalı	Belirsiz	Örtücü boya
Kadana	Çatma	Künde-kârî	İki kanatlı ve taklidi künde-kârî	Çam ağacı	Ahşap koruyucu
Cennetzade	Çakma	Çitakârî	İki kanatlı ve derin oymalı	Çam ağacı	Belirsiz

Kaynaklar

- Aras, R., 2003. Mobilya Stilleri. Bizim Büro Basımevi Yayın Dağıtım San. Tic. Ltd. Şti., 1-11, Ankara.
- Aslanapa, O., 1984. Türk Sanatı. İstanbul, Remzi Kitabevi.
- Arseven, C. E., 1966. "Minber", Sanat Ansiklopedisi, Cilt: III, İstanbul, s.1412.
- Apa, G., 2007. *Selatin Camii Minberleri*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi. Konya.

- Apa, G., 2008. "Erken Dönem Osmanlı Selâtin Cami Minberleri". İstem, 11, 249-277.
- Apa G., 2014. "Anadolu Selçuklu Döneminin iki minberi: Amasya Burmalı minare camii minberinin Divriği ulu camii Minberiyle ilişkisi üzerine". Tarihın Peşinde-Uluslararası Tarih ve Sosyal Araştırmalar Dergisi 11, 93-126.
- Apa Kurtişoğlu, G., 2015. *Anadolu Selçuklu Dönemi Ahşap Minberleri*, (1. Baskı). Konya: Selçuklu Belediyesi.

- Ayverdi, İ., 2006. Minber. *Misalli büyük türkçe sözlük* (4. Baskı). İstanbul: Kubbealtı Yayınları, (2), 2077.
- Berkli, Y., Özsağlıcak, Ş., 2019. Erzurum'da Bir Kısım Ahşap Direkli Caminin Restorasyon Öncesi ve Sonrası Durumunun Karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 23(4), 1941-1962.
- Bozer, R., 2006. "Ahşap Sanatı", *Anadolu Selçukluları ve Beylikler Dönemi Uygarlığı* 2, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Ankara, s. 533.
- Bozkurt, N., 2005. "Min-ber", *TDV İslam Ansiklopedisi*, İstanbul, C. 30, s.101.
- Bulut, M., 2020. Osmanlı Ahşap Kapı ve Pencere Kanatlarındaki Kompozisyonlar ve Altın Üçgenler. *Sanat Tarihi Yıllığı* 29, 45-62.
- Can, Y., 2008. Minberin cami mimarisine katılımı. *Din bilimleri Akademik Araştırma Dergisi* 8(2), 9-30.
- Dağlı, H., 2015. Mimar Sinan'ın İstanbul'daki camiilerinin minber bezemeleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İstanbul.
- Daş, E., 2018. Yeni Veriler Işığında Akhisar Gülruh Sultan Camii ve Restorasyon Önerileri. *Sanat Tarihi Dergisi* 27(2), 349-373.
- Hakyemez, H. N., 2019. Çorum camilerinde Selçuklu, Beylikler ve Osmanlı Dönemine ait ahşap minberler, vaaz kürsüleri ve kapılar, *Yüksek Lisans Tezi*, Hitit Üniversitesi, Çorum.
- Kurtişoğlu, A. G., 2013. Dini Mekanlarda Fonksiyonel Estetik Öğeler, VI. Dini Yayınlar Kongresi, 398.
- Karaman, Ş., Çakmaktepe, M. F. ve Tatar, Ö., 2022. Sivas İli Altınyayla İlçesi Merkez (Ahmed Ağa) Camii ve Deliilyas Camii Minber Süslemeleri. *Akademik Sanat* (15), 30-41.
- Karamağaralı, H., 1955. Anadolu Beylikleri Devri Minberleri, Ankara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Basılmamış Doktora Tezi, Ankara.
- Karpuz, H., 1976. Erzurum'da Türk-İslam Yapılan, Kültür Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Küçük C., 2011. Erzurum Tarihi. Bir Şehir Var Yaylada Erzurum. İstanbul: Erzurum İl Özel İdaresi Yayınları: 2, Tanıtım Kitapları: 1, Seçil Ofset.
- Meydan Larousse, 1960. "Mimber veya Minber" maddesi, Cilt:8, Meydan Yayınevi.
- Okuyucu, D.; Arslan, M., 2009. Restorasyon Çalışmalarına Bir Örnek; Erzurum Yeğenağa Camii. *Uluslararası Katılımlı Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu-2*. 731-740.
- Oral, Z., 1962. Anadolu'da sanat değeri olan ahşap minberler, kitabeler ve tarihçeleri. *Vakıflar dergisi* 5, 29.
- Öney, G., 1969-1970. Anadolu'da Selçuklu ve Beylikler Devri ahşap teknikleri. *Sanat Tarihi Yıllığı* III 135-150.
- Öney, G., 1992. Anadolu Selçuklu mimari süslemesi ve el sanatları (3. Baskı). Ankara: Türkiye İş Bankası Yayınları, sayfa 52-59.
- Özkan, H., 2015. Erzurum Caferiye Külliyesi ve Restorasyonları. *Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi* 34, 46-81.
- Özkeçeci, İ., Gül Durukan, S. N., Alacalı, H., 2018. XVII-XIX. Yüzyıllarda Osmanlı Dönemi Konut Mimarisinde İç Mekân Tavan Süslemelerine Genel Bir Bakış. *İnsan Ve İnsan* 5(17), 214-232.
- Sağsöz, A., Özgen, S., 2005. Tarihi Erzurum Kenti Üç Kümbetler ve Çevresinde Bir Analiz Çalışması. *Belleten*, 69(256), 841-858.
- Taşdemir, T., Çakıroğlu, E. O., ve Çakıroğlu, B., 2024. Tarihi Camilerin kapı, mihrap ve minberlerinin ergonomik açıdan incelenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi* 10(1), 91-102.
- Tunçay, H., Yavuz, E., 2023. Gelenekten Geleceğe Ahşap Camiler. *Tunçay Yayıncılık* 1. Baskı. Ankara. ISBN 978-605.
- Ünal, R. H., 1973. Erzurum İli Dahilindeki İslami Devir Anıtları Üzerine Bir İnceleme. *Edebiyat ve Beşeri Bilimler Dergisi* 6, 48-148.
- Yılmaz, D., 2001. Türkiye'de geleneksel ahşap işçiliği ve çağdaş ahşap yontu sanatı *Yüksek Lisans Tezi*, Sosyal Bilimler Üniversitesi, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul.
- Yurttaş, H., Özkan, H., Köşklü, Z., Tali, Ş., Okuyucu, D., Geyik, G., Kındıgılı, M., 2008. Yolların Suların ve Sanatın Buluştuğu Şehir Erzurum. Erzurum: Atatürk Üniversitesi, ISBN: 9789754421422
- Yurttaş, H., 2010. Erzurum-Ilıca/Alaca Köyü Camii. *Atatürk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Dergisi* 8(18), 215-227.
- Yurttaş, H., Özkan, H., Köşklü, Z., Kındıgılı, M. L., 2011. Erzurum'un Tarihi Eserleri. Bir Şehir Var Yaylada Erzurum. İstanbul: Erzurum İl Özel İdaresi Yayınları: 2, Tanıtım Kitapları: 1, Seçil Ofset.



Depolanmış Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) tohumlarında bazı kaplama işlemlerinin toplam yağ ve yağ asit kompozisyonu üzerine etkisi

Şeyma Selin Akın ¹, Sezgin Ayan ^{2*}

¹Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Ormancılık Doktora Programı, Kastamonu, Türkiye

²Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, Kastamonu, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 22/08/2024

Kabul Tarihi: 07/02/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1537462>

*Corresponding author:

sezginayan@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Tohum biyokimyasal içeriği tohum kalitesini yansıtan en önemli öğedir. Özellikle yağlı tohumların depolanmasında bozulmanın ana nedeni lipitlerin okside olması ve bunun sonucunda tohumda toplam yağ miktarında azalmaya serbest yağ içeriğindeki artışın eşlik etmesidir.

Yöntem Bu çalışmada; depolamaya ve kurumaya hassas bir tür olan ve 2020 yılı bol tohum yılında hasat edilmiş, Sinop-Zindan orijinli Doğu kayını tohumları (*Fagus orientalis* Lipsky)

kullanılmıştır. Bu kapsamda kitosan kaplama çözeltisinin tekli kullanımı ile propolis ve BHT (bütilendirilmiş hidroksitoluen) + BHA (bütilenmiş hidroksianisol) katkılı kitosan çözeltilerinin 16 aylık depolama boyunca tohumdaki toplam yağ ve yağ asit kompozisyonunu nasıl etkilediği araştırılmış ve dörder aylık periyotlardaki değişim izlenmiştir.

Bulgular Hasat sonrası elde edilen tohumlarda toplam yağ oranı kontrol grubunda %44,17 iken, bu oran depolama süresi uzadıkça 16 ay sonunda %37,86 olarak belirlenmiştir. Tohumlarda ayrıca hasat edildikten sonra %72,59 doymamış, %23,42 doymuş yağ asidi içerdiği tespit edilmiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde oransal olarak daha çok palmitik asit (%14,60) ve stearik asit (%5,76) mevcutken, doymamış yağ asitleri kompozisyonunda ise oleik asit (%34,39) ve linoleik asidin (%30,15) en yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir. Kitosan ile yapılan kaplama uygulamalarının tohum toplam yağ miktarının düşüşünü yavaşlatmada önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte yapılan kaplama uygulamalarının yağ asit kompozisyonu üzerinde radikal bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir.

Sonuçlar 16 aylık depolama süresi sonuna doğru tohumda toplam yağ içeriğindeki azalışın önlenmesinde %0,75 kitosan, %0,75 kitosan +100 ppm BHT + 200 ppm BHA ve %0,25 kitosan+ %10 propolis uygulamalarının daha etkili olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Depolama, Doğu kayını, kaplama, toplam yağ, yağ asitleri

The effect of some coating processes on total fat and fatty acid composition in stored Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) seeds

ABSTRACT

Background and aims The biochemical content of seeds is one of the most important factors reflecting seed quality. Particularly in the storage of oilseeds, the primary cause of deterioration is the oxidation of lipids, which leads to a decrease in the total fat content of the seed, accompanied by an increase in free fatty acid content.

Method In this study, seeds of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky), a species sensitive to storage and drying, harvested in 2020 from the Sinop-Zindan origin, were used. The study investigated how the use of chitosan coating solution alone, as well as chitosan solutions supplemented with propolis and BHT (butylated hydroxytoluene) + BHA (butylated hydroxyanisole), affected the total oil and fatty acid composition of the seeds during 16 months of storage, with changes monitored at four-month intervals.

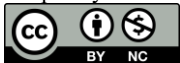
Results The total fat content in the post-harvest seeds was 44.17% in the control group, while this rate decreased to 37.86% after 16 months of storage. After harvest, the seeds were found to contain 72.59% unsaturated and 23.42% saturated fatty acids. Among the saturated fatty acids, palmitic acid (14.60%) and stearic acid (5.76%) were the most abundant, while oleic acid (34.39%) and linoleic acid (30.15%) were the most prevalent in the unsaturated fatty acid composition. It was determined that the chitosan coating applications significantly slowed down the reduction in the total oil content of the seeds. However, the coating applications did not cause a radical change in the fatty acid composition.

Conclusions Towards the end of the 16-month storage period, it was found that 0.75% chitosan, 0.75% chitosan + 100 ppm BHT + 200 ppm BHA, and 0.25% chitosan + 10% propolis applications were more effective in preventing the decrease in total fat content of the seeds.

Key Words: Storage, Oriental beech, coating, total fat, fatty acids

Bu makaleye atf:

Akın, Ş.S., Ayan, S., 2025. Depolanmış Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) tohumlarında bazı kaplama işlemlerinin toplam yağ ve yağ asit kompozisyonu üzerine etkisi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 19-29.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Türkiye ormanlarının %32'lik kısmını geniş yapraklı ağaç türleri kaplamaktadır (OGM, 2024). Kuzey yarım kürede 10 tür ile temsil edilen kayın ağacı, geniş yapraklı ormanların en fazla ve en önemli türlerinden birini oluşturmaktadır. Doğu kayını, Türkiye Milli Ağaç Islahı Programı kapsamında yer alan geniş yapraklı tek asli ağaç türüdür (Saatçioğlu, 1969; Atay, 1987; Atalay, 1992). Özellikle son yıllarda küresel iklim değişimine bağlı hem kademeli hem de ani gelişen ekstrem durumlar (sel, fırtına vs.), ormancılık için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. İklim değişikliğinin orman gen kaynakları üzerindeki doğrudan baskıları ve ormanları etkileyen biyotik (örneğin böcekler ve hastalıklar) ve abiyotik (örneğin kuraklık, yangın, sel) etkenlerdeki olumsuz değişikliklerin neden olduğu dolaylı etkiler bu tehdidi daha da artırmaktadır (IPCC, 2011; Ayan ve Yılmaz, 2023). Özellikle iklim değişimine bağlı olarak görülen olumsuz ekolojik etkenler sonucu Doğu kayını ormanlarının genetik havuzlarının yok olmaması adına gen kaynaklarının sürdürülebilir ve etkin kullanımı mevcut ve değişen şartlarda daha da önemli hale gelmektedir (Ayan vd., 2022).

Kayın zengin tohum yılları türe bağlı olarak değişmekle birlikte Doğu kayınında 4-5 yılda bir zengin tohum yılı olmaktadır (Suner, 1977). Bu kapsamda zengin tohum yıllarının seyrek ve zararlısının çok olduğu Doğu kayını tohumlarında, tohum muhafazası daha da önemli hale gelmektedir. Ayrıca, zengin tohum yıllarında hasat edilen ve depolanan Doğu kayını tohumları bir sonraki zengin tohum yılına kadar uygun sıcaklık ve nem koşullarında muhafaza edilerek gençleştirme ve ağaçlandırma gibi pek çok ormancılık faaliyetleri için kullanılabilir (Yılmaz, 2005). Doğu kayını ayrıca, odun dışı orman ürünleri kapsamında da değerlendirilmektedir. Özellikle tohum ve diğer bazı kısımları ise gıda, eczacılık, tıp, kimya gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra besleyici özelliği neticesinde ormandaki birçok hayvanın besin kaynağını oluşturmaktadır (Bal, 2020).

Generatif üretimde devamlılığın ve çeşitliliğin sembolü olan tohumun, hasadından kullanımına kadar olan süreçte planlama ve depolama kaliteli tohum üretimi için esastır (Bradford ve Cohn, 1998). Tohum kalitesi, plantasyon ormancılığının başarısı için hayati öneme sahiptir. Tohum biyokimyasal içeriği ise en önemli kalite unsuru olarak öne çıkmaktadır (Güney vd., 2013). Bu bağlamda; Tohumların yağ içerikleri ve yağ asit dağılımına bağlı olarak tohum kalitesinde önemli değişimler olabilmektedir (Kaya, 2008). Depolamada yağlı tohumların bozulmasının başlıca nedenleri lipit peroksidasyonu, serbest yağ asitlerinin içeriğindeki artış ve serbest radikal oluşumu olarak bilinmektedir (Malik, 2013; Balesevic-Tubic vd., 2005; Güler, 2021; Ayan ve Akın, 2023). Tohumun hasadından sonra var olan kalitesinin devamı ve artırılması veya iyileştirilmesi ile birlikte yaşlanmanın kontrolü yani tohumun değerinin korunması “*hasat sonrası uygulamalar*” olarak adlandırılabilir ki, bu uygulamalar başta iyi bir tohum depolama, ekim öncesi uygulamalar, tohum işleme ve kaplama teknolojileri olarak gruplandırılabilir (Taylor vd., 1998).

Polimer tohum kaplaması, tohumun depolanabilirliğini ve tarla performansını iyileştirmek için en ekonomik yaklaşımlardan biridir. Ayrıca kaplamanın, nem girişine karşı fiziksel bir bariyer görevi gördüğü, inhibitörlerin sızmasını azalttığı ve embriyoya oksijen difüzyonunu kısıtladığı rapor

edilmiştir (Kumar vd., 2014). Biyopolimer olarak kaplama uygulamalarında kullanılan ve atık karides, yengeç kabukları gibi su ürünlerinden elde edilen kitosan toksik olmayan, kirlilik içermeyen ve biyolojik olarak bozunmayan özellikleri nedeniyle son yıllarda araştırmalarda geniş çapta yer almaktadır (Zeng ve Luo, 2012). Kitosan ile yapılan tohum kaplamaları solunumu ve terlemeyi azaltır (Tian vd., 2019), fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikleri (Adiletta vd., 2018) ile uçucu yağ kaybını önlemekte olup, tohumları oksidasyon reaksiyonlarından, mekanik ve mikrobiyal hasarlardan korumaktadır (Shiekh vd., 2013). Gıda endüstrisinde raf ömrü çalışmalarında kaplama materyali olarak sıklıkla kullanılan BHT (bütillendirilmiş hidroksitoluen) ve bütillenmiş hidroksianisol (BHA) ise oksidasyonu önleme ve gıdaların raf ömrünün uzatılmasında ve tazeliliği muhafaza etmek için (Arslan, 2011) kullanılan yapay antioksidanlar olarak bilinmektedir (Kumar vd., 2015). Bununla birlikte sentetik antioksidanlar, yüksek yağ içeren gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında iyi bir stabilite göstermektedir (Wanasundara ve Shahidi, 1998; Tang vd., 2001; Pereira vd., 2011). Son zamanlarda daha ziyade gıda ve zirai ürünlerde antimikrobiyal, antifungal, antioksidatif veya anti bakteriyel özeliğe sahip sentetik kimyasallar yerine biyolojik doğal ürünlerle kaplama veya film oluşturma uygulamaları meyve ve sebzelerin depo ömrünü uzatmada oldukça etkilidir (Tripathi ve Dubey, 2004; Barrera vd., 2015). Propolis ile kaplama gıda ürünlerinde raf ve depo ömrünü uzatmak amacıyla kullanılırken, Silva-Castro vd. (2018) tohum uygulamalarında daha çok antifungal, antibakteriyel ve antimikrobiyal özelliklerinden faydalanmak için kullanıldığını belirtmektedir.

Bu çalışmada; depolamaya ve kurumaya hassas bir tür olan ve yüksek yağ içeriğine sahip Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) tohumlarında farklı kaplama materyalleri (kitosan, BHT+BHA katkılı kitosan, propolis katkılı kitosan) ile tohum kaplamasının toplam yağ ve yağ asit içeriği üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Doğu kayını tohumlarının yağ içeriklerinin yüksek olması nedeniyle diğer yağlı tohumlu bitkilerde olduğu gibi uzun süreli depolamada tohum bozulmaları gerçekleşmektedir (Kaya, 2008; Yılmaz, 2008). Bu nedenle; depo ömrünü uzatmak amacıyla yapılan kaplama uygulamalarının lipitler üzerindeki etkisini belirlemek için toplam yağ ve yağ asit kompozisyonu tayinleri periyodik olarak yapılan analizler ile gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Bu çalışmada; 2020 yılı bol tohum yılında hasat edilmiş (Ekim-Kasım), Sinop-Zindan orijinli Doğu kayını tohumları araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Tohumlar, Sinop-Türkeli Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Zindan İşletme Şefliği'nden temin edilmiştir. Araştırma materyalinin temini sonrası tohumlar titizlikle temizlenmiş, başlangıç değerleri tespiti için analiz edildikten sonra kaplama işlemleri süresine dek vakumlu poşetlerde -20°C'de bekletilmiştir. Araştırma materyali tohumların başlangıç nem değeri %8,026±0,22 ve EC değeri ise 165,35±2,45 ((μs/cm)g⁻¹)'dir (Akın ve Ayan, 2024). Kaplama uygulamaları sonrası tohumlar hava almayan cam kavanozlar içerisinde +4°C'de analizlere kadar muhafaza edilmiştir. Tohum kaynağına ait bilgiler çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Doğu kayını tohum kaynağına ait bilgiler

Bölge	Sinop
İşletme	Türkeli
şeflik	Zindan
Meşcere	Knd ₃
Rakım	1200
Bakı	Güneydoğu
Toplama Zamanı	Ekim-Kasım
Koordinatlar	X / 613833 Y / 4627848

2.2 Yöntem

Tohumlar kaplama yapıldıktan sonra ağız vakumlu kapalı cam kaplarda +4 °C'de 16 ay boyunca muhafaza edilmiş olup, her 4 aylık dönem sonunda periyodik olarak analizler yapılmıştır.

1.2.1 Çözelti hazırlama

Sigma-Aldrich marka düşük moleköl ağırlıklı %75-85 deasetilasyon derecesine sahip kitosan kullanılmıştır. %0,25; %0,50 ve %0,75'lik konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır. Tohumlar kaplama işlemi için yapılan ön denemeler ve literatür bilgilerine dayanarak 6 saat ön işleme tabi tutulmuştur. Tohumlar ilk olarak %1'lik Sodyum Hipoklorit çözeltisinde 3 dakika bekletilmiş ve yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Daha sonra saf su ile üç kez yıkanmıştır. Orijinal nem seviyelerine gelmeleri için oda koşullarında bekletilmiştir (Yao ve Tian, 2005). Tohumlar kaplama işlemi sonrası orijinal nem seviyelerine kadar kurutulmuş ve ardından biyokimyasal analizler için +4 °C'de muhafaza edilmiştir (Guan vd., 2009). Hazırlanan kitosan bazlı çözeltilere 100 ppm BHT ve 200 ppm BHA eklenmiştir (Arı, 2016; Büyükyılmaz, 2018).

1.2.2 Tohumlara uygulanan kaplama işlemleri

Doymamış yağ asitlerince zengin olan Doğu kayını tohumlarının sahip olduğu bu özellikler depolamayı ve uzun süre muhafazayı kısıtlamaktadır (Yılmaz, 2008). Bu tür bozulmaları önlemek amacı ile daha önceleri yaygın olarak gıda katkı maddeleri olarak kullanılan bu sentetik antioksidanların (Karre, 2009; Arslan, 2011) Doğu kayını tohumlarında depolama süresini uzatıcı etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu sebeple sinerjik etkilerinden dolayı BHT ve BHA'nın ikili kullanımı tercih edilmiştir. Kaplama materyalleri ve uygulama dozlarına ait bilgiler çizelge 2'de verilmiştir. Doz belirlemede, bazı yerel ve kırsal bölgelerde alternatif tıp kapsamında kullanılması nedeni ile Türk Gıda Kodeksi'nce belirlenen azami değerler kullanılmıştır (Büyükyılmaz, 2018).

Çizelge 2. Kaplama işlemlerinde kullanılan uygulama materyalleri ve dozları

Doz No	Kitosan	Kitosan + BHT + BHA	Kitosan+Propolis
1	%0,25	%0,25+100 ppm +200 ppm	%0,25 + %10
2	%0,50	%0,50+100 ppm +200 ppm	%0,50+ %10
3	%0,75	%0,75+100 ppm +200 ppm	%0,75+ %10

1.2.3 Toplam yağ tayini

Örneklerin yağ miktarı sokshelet ekstraksiyon düzeneği ile tayin edilmiştir. Örnekler çözgenin bünyesindeki yağa en iyi şekilde nüfus etmesini sağlamak için mümkün olan en küçük partiküller elde edilecek şekilde öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Öğütülen numunelerden 5 g tartılarak kartuşa yerleştirilmiştir. Önceden darası alınan balon jojeler hazırlanan ekstraksiyon tüpünün altına yerleştirilerek çözücü (n-hexzan) eklenmiştir. Daha sonra tüpler sokshelet düzeneğine yerleştirilip, yağ ekstraksiyonu yapılmıştır. Yaklaşık 5-6 saat yapılan ekstraksiyon işleminin sonrasındaki çözücü uzaklaştırılıp örneklerin son tartımları alındıktan sonra % ham yağ miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

$$\% \text{ Yağ} = \frac{M_1 - M_2}{m} \times 100 \quad (1)$$

M₁: Yağ+sabit tartıma getirilen cam balonun ağırlığı

M₂: Sabit tartıma gelen cam balonun ağırlığı

m: Numune ağırlığı

1.2.4 Yağ asit kompozisyonu tayini

Örneklerin yağ asidi kompozisyonu, GC-MS-QP 2010 Ultra modelinde Shimadzu marka gaz kromatografisi cihazında yapılmıştır. Bu kapsamda taşıyıcı gaz olarak helyum gazı, kolon RTX-2330 kapiler kolon (60 m; 0,25 mm; 0,20 µm), kullanılmış olup, kolon fırını sıcaklığı 100°C, enjeksiyon sıcaklığı 250°C, arayüz sıcaklığı 250°C, iyon kaynağı sıcaklığı 200°C, basınç 90 kPa, enjeksiyon hacmi ise 2 µL olarak belirlenmiştir. Ayrıca, toplam yağ analizi sonucu elde edilen yağ örneklerinden 0,1 g tartılmış ve üzerine 10 ml n-hegzan ve 500 µl 2N metanollü KOH eklenmiştir. Amber renkli tüplere alınan karışım 2 saat karanlıkta bekletilmiş ve daha sonra üstte kalan berrak kısım cihaza verilmek üzere pipetlenmiştir (Anonim, 1990).

1.2.5 İstatistiki değerlendirme

Tohumlara ait toplam yağ analizine ait veriler SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 22.0 istatistik analiz programı ile analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılışa uygunluğu Shapiro-Wilk, verilerin homojenliği Levene Homojenlik testleri ile test edilmiş olup, verilerin homojen ve normal dağılışa uyumluluk sağladığı (p>0,05) belirlenmiştir. Farklı işlemlere ait ortalamaların karşılaştırılmasında Varyans analizlerinden (ANOVA) yararlanılmıştır. Varyans analizi ile farklılıkların tespit edilmesi durumunda işlemler arasındaki grupları belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

3. Bulgular

3.1 Toplam yağ miktarı

Farklı kaplama uygulamaları sonrasında 4, 8, 12 ve 16 aylık depolama süreleri sonunda Doğu kayını tohumlarına ait toplam yağ üzerine depolama süresi, kaplama uygulamaları ve uygulama dozlarının etkisi çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde; Doğu kayını tohumlarının toplam yağ miktarı üzerinde depolama süresi, kaplama uygulamaları ve uygulama dozlarının istatistiki olarak çok önemli etkisi olduğu

belirlenmiştir. Tohumun hasat sonrası başlangıç toplam yağ oranı %44,6 olarak belirlenmiştir. Kaplama yapıldıktan sonra +4°C’de soğukta muhafaza edilen tohumlarda; 8. ve 12. ay sonunda diğer aylara göre daha düşük toplam yağ miktarı tespit edilmiştir. Kaplama uygulamalarının toplam yağ miktarı üzerinde etkisinde ise kitosan uygulamasının kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla toplam yağ miktarını önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir. Uygulama dozlarının toplam yağ miktarı üzerindeki etkisinde ise uygulamaların 1. dozunun kontrol grubuna göre daha yüksek toplam yağ miktarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Depolama süresi, uygulama ve dozların birlikte etkileşimlerinin toplam yağ üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmakla beraber (Çizelge 4) 4. ay sonunda kitosan ile yapılan kaplama uygulamasının 1. dozunun (48,67±0,07) kontrol ve diğer işlem grupları içerisinde en yüksek toplam yağ oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 12. ve 16. ay sonunda kontrol grubu tohumlarında depolamaya ve yaşlanmaya bağlı olarak toplam yağ miktarında diğer aylara göre önemli ölçüde düşüşler tespit edilmiştir.

3.2 Yağ asit kompozisyonu

Doğru kayını tohumlarının hasat sonrası yağ asit kompozisyonu çizelge 5’te ve kaplama sonrası depolanan ve farklı periyotlarda alınan tohum örneklerine ait doymuş, doymamış ve toplam periyodik yağ asit kompozisyonu Ek 1’de verilmiştir.

Yağ asit kompozisyonu bazında değerlendirildiğinde; 4, 8, 12 ve 16. aylar boyunca depolanan tohumlarda toplam doymuş yağ asitlerinin oransal olarak büyük bir kısmını palmitik ve stearik asidin, toplam doymamış yağ asitlerinde ise oransal olarak oleik ve linoleik yağ asitlerinin daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Ek 1’den de anlaşılabacağı üzere; 16 aylık depolama süresi boyunca 4 ayda bir yapılan yağ asit kompozisyonu analizlerinde, doymuş ve doymamış yağ asit miktarında oransal olarak büyük değişimler saptanmamıştır. Her bir depolama süresi içerisinde yapılan uygulamalarda, kontrol ve diğer uygulamaların toplam doymuş ve doymamış yağ asit miktarında önemli bir değişim olmamıştır. Ancak, depolama süresi artışına bağlı olarak bazı dönemlerde doymuş yağ asit miktarında artışlar tespit edilmiştir. Ek 1 incelendiğinde; 4 ve 8. aylarda toplam doymuş yağ asit miktarları ile 12. ve 16. ay sonunda tespit edilen toplam doymuş yağ asit miktarlarının birbirine yakın değerlerde olduğu anlaşılmaktadır.

4. Sonuç ve Tartışma

Yağlı tohumların çoğu, depolama sırasında lipit oto-oksidasyonu neden olabilen ve sonuçta sınırlı uzun ömürlülüğe yol açabilen yüksek konsantrasyondaki çoklu doymamış yağ asitleri nedeniyle hızlı bozulmaya karşı hassastır (Balešević-Tubić vd., 2007; Genes ve Nyomora, 2018; Mengistu ve Wegayehu, 2023). Depolanan tohumlarda, depolama esnasında başta canlılık ve güç kaybı gibi fizyolojik parametreler olmak üzere, çeşitli biyokimyasal değişimler ortaya çıkmaktadır. Özellikle yağlı tohumlarda yağlar okside olmakta, toksik maddeler oluşmakta ve tohumlar canlılığını çok çabuk kaybetmektedir. Depolanmış tohumlardaki canlılık kayıpları ile ilgili pek çok araştırma mevcut olmasına rağmen canlılık

kayıplarının nedenlerine dair kesin bilgiler mevcut değildir. Bununla birlikte; bozulma ve canlılık düşüşleri esnasındaki lipitler gibi pek çok makro moleküllerde değişimlerin olduğu rapor edilmiştir (Abdul-Baki ve Anderson, 1972; Harrington, 1973; Bewley ve Black, 1982; İlbi ve Eser, 2004). Akhila vd. (2012) yağlı bir tohum olan çörek otu tohumlarında esansiyel yağ içeriğinin tohum yaşlanmasıyla önemli ölçüde azaldığını, bununla birlikte Şimić vd. (2007) soya, mısır ve ayçiçeği tohumlarının farklı sıcaklık ve nem koşullarında dört yıl depolanmasıyla her üç türe ait tohumların toplam yağ içeriğinde azalmaların meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Çizelge 3. Depolama süresi, kaplama uygulamaları ve uygulama dozlarının toplam yağ miktarına etkisi

Depolama Süresi (Ay)	Toplam Yağ (%)
Başlangıç Değeri*	44,60±0,66
4	43,80±3,69 ^a
8	40,98±0,91 ^c
12	40,98±3,47 ^c
16	42,66±2,28 ^b
p	0,002
F	5,535
Uygulamalar	Toplam Yağ (%)
Kontrol	41,77±2,82 ^b
Kitosan	44,06±2,82 ^a
Kitosan+BHT+BHA	41,19±3,24 ^b
Kitosan+Propolis	41,41±2,39 ^b
p	<0,001
F	31,489
Uygulama Dozları	Toplam Yağ (%)
Kontrol	41,77±2,82 ^{bc}
1	42,19±3,06 ^a
2	41,24±3,29 ^c
3	41,98±2,77 ^{ab}
p	<0,001
F	10,747

* Tohum tedarik edildiğinde tespit edilen toplam yağ miktarı %44,60 olup, bu değer istatistik analize dahil edilmemiştir.

**1. doz: Uygulamaların en düşük, 2. doz: Uygulamaların orta, 3. doz: Uygulamaların en yüksek dozunu ifade etmektedir.

***a, b gibi harfler çoklu istatistik test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir.

Benzer şekilde yağlı bir tohum olan aspir tohumuna ait iki farklı çeşit (Bayer-12 ve Olas) üzerinde hızlandırılmış yaşlanma testlerinin uygulandığı bir diğer çalışmada, hızlandırılmış yaşlanma öncesinde Bayer-12 tohumunda %32,86 ve Olas çeşidinde ise %36,37 oranında toplam yağ tespit edilmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma sonrasında ise her iki çeşide ait tohumlarda kontrol grubuna göre yağ oranlarında azalışlar tespit edilmiştir (Önder, 2018). Güler (2021) ise aspir tohumlarında yaşlanma hasarını tespiti için yapmış olduğu çalışmada iki farklı aspir çeşidinde (Montalo-2000 ve Linas) hızlandırılmış yaşlanma sonrası her iki çeşide ait tohumların toplam yağ oranları kontrol tohumlarına göre artış göstermiş olup, bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirtilmiştir. Ghasemnezhad ve Honermeier (2009)’de iki farklı ayçiçeği çeşidinin üç farklı sıcaklık derecesinde (4-5°C, 21-22°C ve 35°C) dört ay

depolanması sonucunda yağlı bir tür olan ayçiçeği tohumlarının toplam yağ miktarında depolama süresi arttıkça kademeli bir düşüş olduğunu analiz etmişlerdir. Tohum örneklerinin yağ analizlerinin yapıldığı dört aylık depolama sonuçlarından hem yüksek hem de düşük oleik asit içeren çeşitlerin tohum yağı içeriği üzerinde depolama süresinin önemli bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Öte yandan, tohumların fizyolojik faaliyetleri için enerji sağlamak üzere depolama sırasındaki metabolizma faaliyetleri, depolama esnasında tohum yağının azalmasının bir başka nedeni olabileceği vurgulanmaktadır.

Bununla birlikte; Açıl-CoA oksidaz, malat sentaz, sitrat sentaz, katalaz ve lipazlar gibi enzimlerin tohumların yağ ve yağ asitleri metabolizmasında görev alan ana enzimlerin çoğunun aktiviteleri kısmen veya tamamen oksijenin varlığını gerektirmesi nedeniyle (Kindle, 1987) depolama sırasında yağ içeriğinde gözlemlenen azalmanın bir başka nedeninin de bu durumdan kaynaklanabileceği öne sürülmektedir (Ghasemnezhad ve Honermeier, 2009).

Çizelge 4. Depolama süresi, uygulama ve doz faktörlerinin toplam yağ içeriği üzerine üçlü etkileşimli etkisi

Depolama Süresi (Ay)	Uygulama	Doz	Toplam Yağ (%)		
4	Kontrol	0	44,17±0,96 ^{cdef}		
		1	48,67±0,07 ^a		
		2	43,72±0,19 ^{bcdefgh}		
	Kitosan	3	46,81±0,98 ^{ab}		
		1	38,62±0,84 ⁱ⁺		
		2	42,95±0,88 ^{defghi+}		
	Kitosan+BHT+BHA	3	46,04±1,46 ^{abcd}		
		1	43,75±2,06 ^{bcdefgh}		
		2	41,07±2,37 ^{fghi+}		
	Kitosan+Propolis	3	42,23±2,09 ^{efghi+}		
		8	Kontrol	0	44,07±1,22 ^{bcdef}
				1	42,42±1,66 ^{efghi+}
2	40,32±0,61 ⁱ⁺				
Kitosan	3		40,21±1,08 ⁱ⁺		
	1		42,14±1,82 ^{defghi+}		
	2		36,66±0,12 ⁱ⁺		
Kitosan+BHT+BHA	3		41,29±0,73 ^{efghi+}		
	1		40,14±0,95 ⁱ⁺		
	2		40,34±1,67 ⁱ⁺		
Kitosan+Propolis	3		41,88±0,51 ^{efghi+}		
	12		Kontrol	0	41,01±0,22 ^{fghi+}
				1	45,67±0,28 ^{abcd}
2		46,52±1,95 ^{abc}			
Kitosan		3	43,99±0,85 ^{bcdefg}		
		1	38,46±0,87 ⁱ⁺		
		2	37,98±1,4 ⁱ⁺		
Kitosan+BHT+BHA		3	39,82±2,99 ⁱ⁺		
		1	40,79±1,49 ^{fghi+}		
		2	36,05±1,06 ⁱ⁺		
Kitosan+Propolis		3	40,92±0,56 ^{fghi+}		
		16	Kontrol	0	37,86±1,02 ⁱ⁺
				1	40,69±0,19 ^{ghi+}
2	43,08±0,59 ^{defghi+}				
Kitosan	3		45,92±0,13 ^{abcd}		
	1		40,6±0,04 ^{hi+}		
	2		42,92±3,26 ^{defghi+}		
Kitosan+BHT+BHA	3		45,76±2,06 ^{abcd}		
	1		44,4±0,46 ^{bcde}		
	2		43,37±0,78 ^{cdefghi}		
Kitosan+Propolis	3		42,03±0,03 ^{efghi+}		
	<i>p</i>		<0,001		
	F		5,71		

***a, b gibi harfler çoklu istatistiki test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir.

Çizelge 5. Doğu kayını tohumlarının hasat sonrası yağ asit kompozisyonu

Yağ Asitleri	Yaygın Adları	Karbon Sayıları	%
Oktanoik Asit	Kaprilik Asit	C8:0	0,01
Dekanoik Asit	Kaprik Asit	C10:0	0,001
Dodekanoik Asit	Laurik Asit	C12:0	0,01
Tetradekanoik Asit	Miristik Asit	C14:0	0,22
Heksadekanoik Asit	Palmitik Asit	C16:0	14,60
Heptadekanoik Asit	Margarik Asit	C17:0	0,08
Oktadekanoik Asit	Stearik Asit	C18:0	5,76
Eikosanoik Asit	Araşidik Asit	C20:0	1,00
Heneikosanoik Asit	-	C21:0	0,05
Dokosanoik Asit	Behenik asit	C22:0	1,38
Trikosanoik Asit	-	C23:0	0,06
Tetrakosanoik Asit	Lignoserik Asit	C24:0	0,25
Σ Doymuş Yağ Asitleri		23,42	
9-Heksadesenoik Asit	Palmitoleik asit	C16:1	0,11
9-Oktadesenoik Asit	Oleik asit	C18:1	34,39
Cis 11- eikosenoik asit	Gadoleik Asit	C20:1	6,77
15-Tetrakosenoik Asit	Nervonik Asit	C24:1	0,12
Σ Tekli Doymamış Yağ Asitleri		41,39	
9,12- Oktadekadienoik Asit	Linoleik Asit	C18:2	30,15
9,12,15- Oktadekatrienoik Asit	α-linolenik Asit	C18:3	3,90
11,14,17-Eikosatrienoik Asit	-	C20:3	0,005
5,8,11,14- Eikosatetraenoik Asit	Araşidonik Asit	C20:4	1,14
Σ Çoklu Doymamış Yağ Asitleri		31,20	
Σ Doymamış Yağ Asitleri		72,59	

Yürütülen bu araştırma kapsamında; 16 ay boyunca depolanmış olan Doğu kayını tohumlarının her 4 aylık periyotta bir olmak üzere toplam yağ miktarı tayini amacıyla periyodik analizler gerçekleştirilmiştir. Hasat sonrası elde edilen tohumlarda toplam yağ oranı $44,60 \pm 0,66$ iken bu oran depolama süresi arttıkça azalmıştır. Uygulamalar bazında değerlendirildiğinde, kitosan uygulamalarının bütün dozlarının diğer uygulama ve doz gruplarına göre toplam yağ miktarının azalmasında etkili olduğu belirlenmiştir. 4. ve 12. ayda kitosan uygulamalarının diğer uygulamalara göre toplam yağ miktarındaki azalmayı engelleyici etki yapmıştır. 16. ay sonunda ise kontrol grubuna kıyasla yapılan bütün kaplama uygulamalarının yaşlanma ile birlikte azalan toplam yağ içeriğinde yavaşlatıcı rol üstlendiği görülmüştür. Her 4 aylık periyotta yapılan analizler sonrası kontrol grubu tohumlarında toplam yağ miktarında 4. ve 8. aylara kıyasla 16. ayda toplam yağ miktarında önemli düşüşler saptanmıştır. Özellikle depolama süresi sonuna doğru tohumda toplam yağ içeriğindeki azalışın önlenmesinde 16. ay kitosan ve kitosan+BHT+BHA

uygulamalarının 3. dozu ile kitosan+propolis uygulamasının 1. dozunun daha etkili olduğu söylenebilir. Çalışma sonuçlarından ayrıca bahsedilen kaplama uygulamalarının yağ sentezinden sorumlu olan enzimleri aktive ederek yağ sentezini teşvik edip, toplam yağ içeriğini arttırmada etkili olduğu çıkarımı yapılabilmektedir.

Doğu kayını tohumları içeriğindeki yağ asitleri nedeniyle yüksek besin değerine sahiptir (Yılmaz, 2008). Bal (2020), Doğu kayını tohumlarının kimyasal kompozisyonunu incelediği çalışmada; 6 farklı Doğu kayını popülasyonundan temin ettiği tohumlarda toplam yağ miktarını %44,89 ile %47,06 arasında tespit etmiştir. Yağ asit bileşimine bakıldığında kullanılan bütün orijinlerin tohumlarında oleik ve linoleik asit içeriğinin en yüksek olduğu görülmüş olup, doymamış yağ asit miktarı doymuş yağ asit miktarına göre daha yüksek belirlenmiştir. Prasad ve Gülz (1989)'ün Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) tohumlarının yağ asit kompozisyonunu incelediği çalışmada; tohumlardaki kuru madde üzerinden toplam yağ miktarının %40,7 olduğunu ve bu nedenle hem gıda olarak tüketiminde hem de endüstriyel amaçla kullanımında iyi bir kaynak olduğunu vurgulamaktadır. Yağ asitleri kompozisyonuna bakıldığında ise linoleik (18:2), oleik (18:1), palmitik (16:0), gadoleik (20:1), linolenik (18:3) ve stearik (18:0) yağ asitlerini daha çok ihtiva ettiği belirtilmiştir. Avrupa kayını tohumlarında yürütülen bir diğer çalışmada ise %25 nem seviyesine sahip olan tohumların toplam yağ içeriğinin kuru madde üzerinden %17,7 olduğu belirlenmiştir. Toplam yağ üzerinden doymamış yağ asitleri miktarının (%88,6) doymuş yağ asitlerinden (%11,4) fazla olduğu belirlenmiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde palmitik ve stearik asit baskınken, doymamış yağ asitlerinde oleik, linoleik, alfa linolenik ve gadoleik asit öne çıkmaktadır (Obranovic vd., 2023). Avrupa kayını ile ilgili tohumların kimyasal kompozisyonunun belirlenmesine yönelik çalışmalardan bir diğerinde ise %8,65 nem değerine sahip tohumlarda yapılan analiz sonrasında tohumların %27,25 oranında yağ ihtiva ettiği, toplam yağ içerisinde doymuş yağ asitlerinin oranı %18,1 iken, doymamış yağ asitlerinin ise %81,9 olduğu belirtilmiştir. Yağ asitleri bileşimi incelendiğinde ise doymuş yağ asitleri içerisinde en fazla tespit edilen yağ asitleri palmitik (C16:0) ve araşidik (C20:0) asittir. Doymamış yağ asitleri içerisinde özellikle omega yağ asitlerinden linoleik ve oleik asitlerin daha baskın olduğu gözlenmiştir (Siger vd., 2017). Doğu kayını tohumlarında yapılan bir diğer çalışmada ise 14 farklı orijinden toplanan tohumların toplam yağ içeriklerinin %44,66 ile %49,07 arasında değiştiğini, en yüksek toplam doymamış yağ asitlerinin %92,02 ile Kahramanmaraş-Andırın popülasyonu tohumlarında mevcut olduğu belirlenmiştir. Palmitik asitin bütün orijinlerde en baskın doymuş yağ asidi olduğu belirtilirken, tekli doymamış yağ asitlerinde oleik asit ve gadoleik asit, çoklu doymamış yağ asitleri kapsamında ise linoleik asit ve hemen ardından az miktarda da olsa alfa-linolenik asit diğer yağ asitlerinden daha fazla bulunmaktadır (Özel vd., 2023). Ghasemnezhad ve Honermeier (2009) çalışmalarında; 4 ay boyunca düşük (4-5 °C) ve yüksek (35 °C) sıcaklıklarda depoladığı yüksek ve düşük oleik asit içeren ayçiçeği çeşitlerine ait tohumların yağ asit kompozisyonunu araştırmışlardır. Yüksek oleik asit içeren Atomic çeşidinde baskın bir yağ asidi olan oleik asit, depolama süresi uzadıkça önemli ölçüde azalmıştır. Depolama başlangıcındaki %90,6'dan 4 aylık depolamanın ardından

%88,2'ye düşmüştür. Oleik asitteki bu azalma, serbest yağ asidi üretimi ve diğer yağ asitlerine dönüşümle ilişkili olabildiği vurgulanmıştır. Sonuçlar; oleik asidin aksine, serbest yağ asidi içeriğinin depolama sırasında giderek arttığını da göstermektedir. Oleik asidin aksine, depolama sırasında ölçülen diğer yağ asitlerinin içeriğinde nispi bir artış gözlemlenmiştir. Oleik asidin palmitik ve linoleik asitler gibi diğer yağ asitlerine dönüşmesinin, oleik asitte gözlenen azalmanın bir başka olası nedeni olduğu sonucuna varılabilmektedir. Buna karşın, düşük oleik asitli çeşitlerde, baskın yağ asidi olan linoleik asit içeriği depolamanın 4. ayında önemli ölçüde artış göstermiştir. Seyyedi vd. (2018) yağlı tohum olarak bilinen kışık kanola çeşitlerinde hızlandırılmış yaşlanma sonrası tohumlarda yağ asit kompozisyonunun değişimini araştırmışlardır. 12 farklı kanola çeşidinde yaşlanma sonrası oleik asit, linoleik asit ve alfa-linolenik asit miktarında azalışlar olurken, palmitik ve stearik asit miktarında artışlar görülmüştür. Ayrıca, kanola tohumlarında doymamış yağ asitlerinin yüksek olması tohum gücü ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca çalışmada bununla birlikte; doymamışlık derecesi arttıkça yağ asidi direncinin genellikle azaldığı, daha yüksek linoleik ve linolenik asit ve daha düşük oleik asit içeriğine sahip yağların da daha hızlı oksitlendiği belirtilmiştir.

Yürütülen bu araştırmada; Tohumlar hasat edildikten hemen sonra %72,59 doymamış, %23,42 doymuş yağ asidi içerdiği tespit edilmiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde oransal olarak daha çok palmitik asit ve stearik asit yer alırken, az miktarlarda da behenik ve araşidik asit bulunmaktadır. Doymamış yağ asitleri kompozisyonunda ise tekli doymamış yağ asidi olan oleik asit %34,39 ve %6,77 oranında ise gadoleik asit tespit edilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asit %30,15, α -linolenik asit %3,90 ve %1,14 oranında araşidonik asit belirlenmiştir (Çizelge 5). Kaplama uygulamaları sonrası her dört ayda bir analizi yapılan tohumlarda doymuş ve doymamış yağ asitleri içerisinde baskın olan yağ asitlerinin dönemsel olarak değiştiği saptanmıştır. Kontrol ve uygulama gruplarında doymuş yağ asitleri içerisinde diğer yağ asitlerine nazaran palmitik ve stearik yağ asitleri daha fazla oranda bulunmaktadır. Doymamış yağ asitleri içerisinde ise oleik ve linoleik yağ asitlerinin daha baskın olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada; toplam doymuş ve doymamış yağ asit miktarındaki değişimlerin tohum muhteviyatındaki baskın olan yağ asitleri miktarındaki dalgalanmalardan kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda özellikle yaşlanma ve depolama süresi ile ilgili olarak bazı yağ asitlerinin miktarında bitki türlerine bağlı olarak değişmekle birlikte artış veya azalışlar meydana gelmektedir. Netice olarak; Doğu kayını tohumları için yağ asit kompozisyonu belirlenmesinde yaşlanma etkilerinin depolama süresi boyunca tespiti irdelenmiş, ancak yağ asitlerinde radikal değişimler gözlenmemiştir. Kitosan ile yapılan kaplama uygulamalarının tohum toplam yağ miktarının düşüşünü yavaşlatmada önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir Bununla birlikte; orman ağacı tohumlarına ilişkin olarak yaşlanma çalışmalarının yetersiz oluşu ve bu çalışma ile benzer özellikte kaplama materyallerinin yaşlanma hasarını yavaşlatıcı ve/veya iyileştirici uygulama çalışmalarının yürütülmemiş olması nedeniyle konunun daha açık ortaya konabilmesi ve anlaşılması için daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda; Doğu kayını tohumu depo ömrü tespitinde farklı sıcaklıklar ve

daha uzun süreli depolama üzerine araştırmalar yapılması önerilmektedir.

Finansal Destek

Bu araştırma Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğü tarafından KU-BAP01/2021-21 ve KU-HIZDES/2021-06 nolu projeler kapsamında finanse edilmiştir.

Teşekkür

Şeyma Selin Akın, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Ormancılık Programında Yükseköğretim Kurulu'nun 100/2000 bursuyla ve TÜBİTAK 2211/A yurtiçi genel doktora bursu ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D., 1972. Pysiological and biochemical deterioration of seeds, seed biology (Ed. By Kozlowski, T.T.), Academic Press, New York, Vol 2: 283-315.
- Adiletta, G., Pasquariello, M. S., Zampella, L., Mastrobuoni, F., Scortichini, M., Petriccione, M., 2018. Chitosan coating: A postharvest treatment to delay oxidative stress in loquat fruits during cold storage. *Agronomy*, 8(4), 54.
- Akhila, A., Sarada, B., Rani, P.U., 2012. Study on the effect of aging on the essential oil content of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds. *Journal of Essential Oil Research*, 24(2), 195-199.
- Akın, Ş.S., Ayan, S., 2024. Depolanmış Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) tohumlarında bazı kaplama işlemlerinin tohum nemi ve elektriksel iletkenlik üzerine etkisi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 110-118.
- Anonim, 1990. Fatty acids in oil and fats. AOAC Official Methods of Analysis, 15. Edition, Helrich, K. Ed. Vol:2; 963-964, Virginia.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. Fifteenth edition. Association of Official Analysis Chemists, Washington, DC.
- Arı, F., 2016. Kaz etinin depolama stabilitesi üzerine nar ve üzüm çekirdeği ekstraktlarının etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Arslan, G., 2011. Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen tereyağının raf ömrü üzerine çeşitli antioksidanların (alfa-tokoferol, BHA, BHT) etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ayan, S., Bugday, E., Varol, T., Ozel, H.B., Thurm, E.A., 2022. Effect of climate change on potential distribution of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the twenty-first century in Turkey. *Theor Appl Climatol* 148, 165–177.
- Ayan, S., Yılmaz, E., 2023. Orman ağaçlarında biyotik stres faktörleri. 1. Bölüm, p.1-18, İklim Değişikliği: Orman Ekosistemlerinde Etkileri ve Yönetimi. Editor: Ayan, S., Palme Publishing, ISBN: 978-625-6441-88-0, Publishing No: 2586, Ankara.
- Ayan, S., Akın, Ş.S., 2023. Orman ağacı tohumlarında reaktif stres faktörleri ve etkileri. 4. Bölüm, p. 53-72, İklim Değişikliği: Orman Ekosistemlerinde Etkileri ve Yönetimi) Editor: Ayan, S., Palme Publishing, ISBN: 978-625-6441-88-0, Publishing No: 2586, Ankara.

- Atay, İ., 1987. Doğal gençleştirme yöntemleri I-II. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İÜ Yayın, 3461.
- Atalay, İ., 1992. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) ormanlarının ekolojisi ve tohum transferi yönünden bölgelere ayrılması. Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü, Yayın no:5.
- Bal, E., 2020. Farklı doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) popülasyonlarının tohum kimyasal kompozisyonuna etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Balešević-Tubić, S., Tatic, M., Miladinovic, J., 2005. Influence of aging process on biochemical changes in sunflower seed. *Helia*, 28(42), 107-114.
- Balešević-Tubić, S., Djordjevic, V., Marinković, R., Balešević, M., 2007. Changes of oil quality during storage of soybean seed. *Journal of Agricultural Sciences*, 52(2), 163-171.
- Barrera, E., Gil, J., Restrepo, A., Mosquera, K., Durango, D. (2015). A coating of chitosan and propolis extract for the postharvest treatment of papaya (*Carica papaya* L. cv. Hawaiiiana). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(2), 7667-7678.
- Bewley, J.D. and Black, M., 1982. Viability, Dormancy and Environmental Control. In "Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination". 2,375.
- Bradford, K. J., Cohn, M.A., 1998. Seed biology and technology: At the crossroads and beyond. Introduction to the symposium on seed biology and technology: Applications and advances and a prospectus for the future. *Seed Science Research*, 8(2), 153-160.
- Büyükyılmaz, N., 2018. Sentetik antioksidanların bitkisel yağların oksidatif ve termal stabilizesine etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Genes, F., Nyomora, A., 2018. Effect of storage on germination and vigour of maize seeds. *International Journal of Agriculture and Biology*, 20(9), 1933-1938.
- Ghasemnezhad, A., Honermeier, B., 2009. Influence of storage conditions on quality and viability of high and low oleic sunflower seeds. *International Journal of Plant Production*, 3(4), 39-48.
- Guan, Y. J., Hu, J., Wang, Xian, j., Shao and Chen-xia., 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *J. Zhejiang Univ. Sci.*, 10(6), 427-433.
- Güler, M., 2021. Aspir tohumlarında yaşlanma hasarını azaltmak için priming uygulamalarının etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta.
- Güney, D., Bak, Z. D., Aydınoglu, F., Turna, I., Ayaz, F. A., 2013. Effect of geographical variation on the sugar composition of the oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(2), 221-230.
- Harrington, J.F., 1973. Biochemical Basis of Seed Longevity. In Proceedings.
- IPCC, 2011. Summary for Policymakers, in: Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, paper no: 4, Cambridge University Press, USA.
- İlbi H., Eser, B., 2004. Tohum uygulamalarının soğan tohumlarında yaşlanmaya etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1), 39-48.
- Karre, E. A., 2009. An overview of some natural antioxidants used in meat and poultry products. Kansas State University. Manhattan, Kansas.
- Kaya, G., 2008. Tohum uygulamaları (priming)'nın tohum yağ asitleri kompozisyonuna etkisi ve tohum kalitesi ile ilişkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 17(1-2), 53-62.
- Kindle, H., 1987. β -Oxidation of fatty acids by specific organelles. In: Stumpf PK and Conn EE (Editors): *The Biochemistry of Plants. 9, Lipids: Structure and Function*, chapter 2. San Diego, California: Harcourt Brace Jovanovich publishing company, 31-53.
- Kumar, T. P., Asha, A. M., Maruthi, J. B., Vishwanath, K., 2014. Influence of seed treatment chemicals and containers on seed quality of marigold during storage. *The Bioscan*, 9(3), 937-942.
- Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., Narsaiah, K., 2015. Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(6), 796-812.
- Malik, C.P., 2013. Seed deterioration: a review. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, 2(3), 374-385.
- Mengistu, F. G., Wegayehu, G., 2023. Effects of seed ageing on germination and oil content in Ethiopian black cumin varieties. Preprints, 2023080917.
- Obranovic, M., Kraljic, K., Skevin, D., Balbino, S., Tomljanović, K., 2023. Chemical profile of cold pressed beech nut (*Fagus sylvatica* L.) oil. *Nutraceuticals*, 4(1), 94-103.
- OGM, 2024. Türkiye Orman Varlığı 2020, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara. Erişim tarihi: 24.04.2024. <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varlig%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf>
- Önder, S., 2018. Hızlandırılmış yaşlanma sonrası aspir tohumlarında meydana gelen biyokimyasal değişiklikler. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Özel, H.B., Ayan, S., Onat, S.M., 2023. The oil content and fatty acid composition of *Fagus orientalis* L. seeds from different populations in Turkey. *Dendrobiology*, 90, 39-46.
- Pereira, A.L.F., Vidal, T.F., Teixeira, M.C., Oliveira, P.F.D., Pompeu, R.C.F.F., Vieira, M.M.M., Zapata, J.F.F., 2011. Antioxidant effect of mango seed extract and butylated hydroxytoluene in bologna-type mortadella during storage. *Food Science and Technology*, 31, 135-140.
- Prasad, R.B.N., Gülz, P.G., 1989. Composition of lipids of beech (*Fagus sylvatica* L.) seed oil. *Zeitschrift fuer Naturforschung C*, 44(9-10), 735-738.
- Saatçioğlu, F., 1969. Silvikültür I (Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri). İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları. İÜ Yayın No. 1429, Trabzon.
- Seyyedi, S. M., Afshari, R. T., Daneshmandi, M. S., 2018. The relationships between fatty acids and heterotrophic seedling growth in winter canola cultivars during accelerated seed

- aging process. South African Journal of Botany, 119, 353-361.
- Shiekh, R. A., Malik, M. A., Al-Thabaiti, S. A., Shiekh, M. A., 2013. Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits. Food Science and Technology Research, 19(2), 139-155.
- Siger, A., Dwiecki, K., Borzyszkowski, W., Turski, M., Rudzińska, M., Nogala-Kałucka, M., 2017. Physicochemical characteristics of the cold-pressed oil obtained from seeds of *Fagus sylvatica* L. Food chemistry, 225, 239-245.
- Silva-Castro, I., Diez, J. J., Martín-Ramos, P., Pinto, G., Alves, A., Martín-Gil, J., Martín-García, J., 2018. Application of bioactive coatings based on chitosan and propolis for *Pinus* spp. protection against *Fusarium circinatum*. Forests, 9(11), 685.
- Šimić, B., Popović, R., Sudarić, A., Rozman, V., Kalinović, I., Ćosić, J., 2007. Influence of storage condition on seed oil content of maize, soybean and sunflower. Agriculturae Conspectus Scientificus, 72(3), 211-213.
- Suner, A., 1977. Düzce, Cide ve Akkuş mntıklarında saf Doğu kayını meşcerelerinin doğal gençleştirme sorunları üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Ormancılık Araştırma Enstitüsü yayınları teknik bülten serisi, no:107. Ankara.
- Şenol Yazkan, S.N., 2022. Kestane propolisinden bioaktif bileşik ekstraksiyon proseslerinin yüzey yanıt yöntemi ile optimizasyonu ve ekstraktların karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Tang, S., Kerry, J. P., Sheehan, D., Buckley, D. J., Morrissey, P. A., 2001. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. Food research international, 34(8), 651-657.
- Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennett, M. A., Bardford, K. J., Burris, J. S., Misra, M. K., 1998. Seed Enhancements, Seed Sc. Res., 8, 245-256.
- Tian, F., Chen, W., Fan, G., Li, T., Kou, X., Wu, C. E., Wu, Z., 2019. Effect of *Ginkgo biloba* seed exopleura extract and chitosan coating on the postharvest quality of ginkgo seed. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99(6), 3124-3133.
- Tripathi, P., Dubey, N., 2004. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology 32(3), 235-245.
- Wanasundara, U. N.; Shahidi, F., 1998. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. Food Chemistry, 63(3),335-342.
- Yao, H., Tian, S., 2005. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. Postharvest Biology and Technology, 35(3), 253-262.
- Yılmaz, M., 2005. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) tohumlarının fizyolojisi üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, M., 2008. Three-year storage of oriental beechnuts (*Fagus orientalis* Lipsky). European Journal of Forest Research, 127(5), 441-445.
- Zeng, D., Luo, X., 2012. Physiological effects of chitosan coating on wheat growth and activities of protective enzyme with drought tolerance. Open Journal of Soil Science, 2(03), 282.

Ekler

Ek1. Kaplama sonrası Doğu kayını tohumlarının yağ asit kompozisyonu

4. AY YAĞ ASİT KOMPOZİSYONU (%)										
Yağ Asidi	Kontrol	%0,25 Kitosan	%0,5 Kitosan	%0,75 Kitosan	%0,25 Kitosan + BHT+BHA	%0,5 Kitosan + BHT+BHA	%0,75 Kitosan + BHT+BHA	%0,25 Kitosan + Propolis	%0,5 Kitosan + Propolis	%0,75 Kitosan + Propolis
C12:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C14:0	0,27	0,28	0,26	0,28	0,26	0,26	0,29	0,26	0,28	0,28
C16:0	19,57	20,19	19,14	19,24	18,94	19,19	21,48	18,96	20,37	19,85
C17:0	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,09	0,11	0,11
C18:0	5,32	5,25	5,44	6,22	5,84	7,31	4,57	4,87	5,89	5,06
C20:0	1,29	1,32	1,29	1,21	1,18	1,51	1,33	1,17	1,15	1,18
C22:0	1,36	1,38	1,40	1,30	1,30	1,50	1,28	1,15	1,28	1,22
Σ DYA	27,92	28,55	27,64	28,34	27,62	29,87	29,06	26,51	29,09	27,71
C16:1	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12	0,12	0,11	0,12
C18:1	26,55	25,50	26,82	26,89	26,90	25,00	25,68	26,63	25,27	26,48
C20:1	5,73	6,11	5,87	5,14	5,62	6,07	5,82	5,90	5,36	5,57
Σ TD _{ms} YA	32,41	31,73	32,81	32,15	32,63	31,20	31,62	32,65	30,74	32,16
C18:2	33,63	33,58	33,76	34,61	34,08	32,82	33,06	34,63	34,53	34,73
C18:3	6,04	6,15	5,80	4,90	5,66	6,11	6,25	6,21	5,63	5,40
Σ ÇD _{ms} YA	39,67	39,73	39,56	39,51	39,74	38,93	39,31	40,84	40,16	40,13
Σ D _{ms} YA	72,08	71,45	72,37	71,66	72,37	70,13	70,93	73,49	70,90	72,29
8. AY YAĞ ASİT KOMPOZİSYONU (%)										
Yağ Asidi	Kontrol	%0,25 Kitosan	%0,50 Kitosan	%0,75 Kitosan	%0,25 Kitosan + BHT+BHA	%0,50 Kitosan + BHT+BHA	%0,75 Kitosan + BHT+BHA	%0,25 Kitosan + Propolis	%0,50 Kitosan + Propolis	%0,75 Kitosan + Propolis
C10:0	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002
C12:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C14:0	0,33	0,51	0,33	0,35	0,34	0,35	0,32	0,34	0,33	0,36
C16:0	20,06	20,23	21,07	20,73	20,28	21,02	20,07	20,08	20,37	20,36
C17:0	0,15	0,19	0,13	0,13	0,15	0,16	0,13	0,14	0,15	0,15
C18:0	9,50	9,08	8,99	9,09	9,38	9,30	9,12	9,49	9,46	9,45
C20:0	1,82	1,80	1,64	1,68	1,74	1,75	1,71	1,81	1,79	1,82
C21:0	0,08	0,15	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
C22:0	2,29	2,18	2,17	2,19	2,17	2,22	2,14	2,23	2,25	2,36
C23:0	0,08	0,05	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09	0,09	0,09
C24:0	0,41	0,44	0,35	0,36	0,36	0,25	0,37	0,39	0,37	0,39
Σ DYA	34,71	34,64	34,85	34,70	34,58	35,23	34,03	34,67	34,91	35,07
C16:1	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,14
C18:1	26,95	26,38	26,35	26,32	27,19	25,76	27,06	26,93	26,74	26,34
C20:1	6,40	6,21	6,10	6,36	6,38	6,59	6,35	6,38	6,41	6,20
C24:1	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08
Σ TD _{ms} YA	33,60	32,82	32,68	32,90	33,77	32,57	33,64	33,55	33,39	32,75
C18:2	24,25	24,70	24,86	24,90	23,92	24,14	24,38	24,05	24,30	24,75
C18:3	6,14	6,29	6,38	6,17	6,49	6,69	6,69	6,43	6,15	6,20
C20:3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C20:4	1,29	1,24	1,22	1,32	1,23	1,37	1,25	1,29	1,24	1,22
Σ ÇD _{ms} YA	31,69	32,24	32,47	32,40	31,65	32,20	32,33	31,78	31,70	32,18
Σ D _{ms} YA	65,29	65,06	65,15	65,30	65,42	64,77	65,97	65,33	65,09	64,93

Ek1. Devamı

12. AY YAĞ ASİT KOMPOZİSYONU (%)										
Yağ Asidi	Kontrol	%0,25 Kitosan	%0,50 Kitosan	%0,75 Kitosan	%0,25 Kitosan + BHT+BHA	%0,50 Kitosan + BHT+BHA	%0,75 Kitosan + BHT+BHA	%0,25 Kitosan + Propolis	%0,50 Kitosan + Propolis	%0,75 Kitosan + Propolis
C12:0	TE	0,01	TE	0,01	0,01	0,01	0,01	TE	0,01	0,02
C14:0	0,22	0,25	0,25	0,22	0,24	0,26	0,22	0,26	0,25	0,29
C16:0	16,51	17,92	17,09	16,26	16,71	17,10	17,00	17,78	16,66	18,70
C17:0	TE	0,11	TE	0,10	0,10	0,10	0,09	0,13	0,10	0,13
C18:0	6,91	6,83	6,86	7,00	6,78	6,83	6,76	7,13	6,89	7,34
C20:0	1,13	1,07	1,04	1,14	1,03	1,07	1,03	1,02	1,13	1,04
C21:0	0,08	0,06	TE	0,09	0,08	0,06	0,07	0,08	0,07	0,04
C22:0	2,12	1,69	1,44	1,59	1,52	1,42	1,48	1,73	1,48	1,44
C23:0	0,09	0,05	TE	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,07	0,06
C24:0	0,29	0,24	0,21	0,26	0,29	0,27	0,31	0,18	0,21	0,25
Σ DYA	27,36	28,23	26,90	26,76	26,82	27,18	27,04	28,34	26,86	29,31
C16:1	0,15	0,33	0,08	0,15	0,18	0,14	0,15	0,25	0,15	0,19
C18:1	31,39	30,94	32,76	31,19	32,01	31,48	31,61	30,88	30,90	29,80
C20:1	6,44	5,94	6,39	7,24	6,42	6,17	6,30	5,45	6,52	5,88
C24:1	TE	TE	TE	0,08	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Σ TD _{ms} YA	37,98	37,21	39,24	38,65	38,60	37,80	38,06	36,58	37,57	35,87
C18:2	29,12	29,29	30,03	29,07	29,82	30,18	30,02	30,59	30,57	29,99
C18:3	3,66	3,78	3,83	4,18	3,63	3,69	3,68	3,32	3,77	3,41
C20:4	1,88	1,49	TE	1,34	1,13	1,15	1,20	1,17	1,23	1,42
Σ CD _{ms} YA	34,66	34,56	33,86	34,59	34,58	35,02	34,90	35,08	35,57	34,82
Σ D _{ms} YA	72,64	71,77	73,10	73,24	73,18	72,82	72,96	71,66	73,14	70,69
16. AY YAĞ ASİT KOMPOZİSYONU (%)										
Yağ Asidi	Kontrol	%0,25 Kitosan	%0,50 Kitosan	%0,75 Kitosan	%0,25 Kitosan + BHT+BHA	%0,50 Kitosan + BHT+BHA	%0,75 Kitosan + BHT+BHA	%0,25 Kitosan + Propolis	%0,50 Kitosan + Propolis	%0,75 Kitosan + Propolis
C8:0	TE	0,005	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
C10:0	TE	0,002	0,001	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
C12:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C14:0	0,29	0,44	0,27	0,26	0,33	0,26	0,32	0,27	0,27	0,26
C16:0	19,69	19,10	18,77	18,54	19,53	18,17	19,27	18,60	19,12	18,62
C17:0	0,12	0,10	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,08	0,12	0,11
C18:0	7,90	7,60	7,74	7,50	7,99	7,74	7,61	7,31	8,11	7,56
C20:0	1,31	1,32	1,37	1,31	1,38	1,33	1,28	1,23	1,38	1,31
C21:0	0,09	0,07	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
C22:0	1,73	1,75	1,77	1,74	1,79	1,77	1,67	1,64	1,76	1,73
C23:0	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08
C24:0	0,35	0,34	0,35	0,36	0,37	0,36	0,36	0,35	0,36	0,35
Σ DYA	31,56	30,85	30,55	29,98	31,70	29,92	30,81	29,66	31,29	30,11
C16:1	0,19	0,18	0,16	0,17	0,17	0,17	0,16	0,15	0,16	0,14
C18:1	27,52	27,51	27,98	28,21	27,15	28,69	28,10	28,93	28,26	28,03
C20:1	6,42	6,52	6,53	6,64	6,43	6,52	6,28	6,36	6,19	6,66
C24:1	0,05	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08
Σ TD _{ms} YA	34,18	34,28	34,74	35,10	33,82	35,46	34,60	35,51	34,69	34,91
C18:2	28,52	28,92	28,59	28,93	28,60	28,86	29,01	29,12	28,44	29,10
C18:3	4,48	4,60	4,81	4,65	4,55	4,48	4,34	4,41	4,35	4,55
C20:3	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,10	0,09	0,08	0,09
C20:4	1,18	1,26	1,22	1,26	1,24	1,20	1,14	1,21	1,16	1,24
Σ CD _{ms} YA	34,26	34,87	34,71	34,92	34,48	34,62	34,59	34,83	34,02	34,98
Σ D _{ms} YA	68,44	69,15	69,45	70,02	68,30	70,08	69,19	70,34	68,71	69,89



Bazı verniklerin ahşap esaslı levhaların ısı iletkenlik özelliklerine etkileri

Hikmet Şahin ^{1*}, Nihat Döngel ²

¹Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçışları Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 27/09/2024

Kabul Tarihi: 22/01/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1557226>

*Corresponding author:

hsahin@gazi.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Dünyamızda, küresel ısınmanın etkileri gün geçtikçe daha ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Küresel ısınmanın başlıca sebeplerinden birisi olan ısı kayıplarının önlenmesi ve enerji kaynaklarının verimli kullanılması küresel ısınmanın etkilerinin azaltılması bakımından hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmada, ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin yüzey kaplamalarında yaygın olarak kullanılan bazı

verniklerin ısı iletkenlik özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

Yöntemler Farklı kalınlıklardaki (8 mm, 18 mm, 30 mm) yonga levha (YL) ve orta yoğunlukta lif levha (MDF) yüzeylerine; selülozik vernik, poliüretan vernik, sentetik vernik ve su bazlı vernik uygulanarak toplam 90 adet örnek hazırlanmıştır. Hazırlanan deney örneklerinin yoğunlukları TS EN 323/1, numunelerin ısı iletkenlik ve ısı geçirgenlik katsayıları TS EN 12667 standardına uygun olarak tayin edilmiştir.

Bulgular Çalışma sonunda, ısı iletkenlik katsayısı; en yüksek 0,1085 W/m.K ile selülozik vernik uygulanmış 30 mm MDF örneklerde, en düşük ise 0,0895 W/m.K ile su bazlı vernik uygulanmış 18 mm yonga levha örneklerde elde edilmiştir. Isı geçirgenlik katsayısı; en yüksek 12,583 W/m².K ile selülozik vernik uygulanmış 8 mm MDF örneklerde, en düşük ise 3,152 W/m².K ile su bazlı vernik uygulanmış 30 mm yonga levha örneklerde elde edilmiştir.

Sonuçlar Verniklerin ısı iletkenlik özellikleri üzerinde etkili olduğu, en fazla etkiyi ise su bazlı verniklerin gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Vernik, sıvı yüzey kaplama, yonga levha, lif levha, ısı iletkenlik, ısı geçirgenlik

Effects of some varnishes on the thermal conductivity properties of wood based panels

ABSTRACT

Background and aims In our world, the effects of global warming are reaching more serious levels day by day. Protecting heat losses, which are one of the systemic causes of the global system and using energy consumption efficiently are of vital importance in terms of taking into account the effects of global warming. In this study, the thermal conductivity properties of some varnishes commonly used in the surface coating of wood and wood-based materials were investigated.

Methods For this purpose, particleboard (YL) and medium density fiberboard (MDF) surfaces of different thicknesses (8 mm, 18 mm, 30 mm); A total of 108 samples were prepared by applying cellulose varnish, polyurethane varnish, synthetic varnish and water-based varnish. The densities of the prepared specimens were obtained according to the TS EN 323/1 principles. The coefficients of thermal conductivity and thermal permeability were determined according to the principles of TS EN 12667.

Results At the end of the study, thermal conductivity coefficient; The highest W/m.K of 0.1085 was obtained in 30 mm MDF samples with cellulosic varnish, and the lowest was obtained with 0.0895 W/m.K in 18 mm particleboard samples with water-based varnish. Thermal permeability coefficient; The highest 12,583 W/m².K was obtained in 8 mm MDF samples with cellulosic varnish applied, and the lowest was 3,152 W/m².K in 30 mm particleboard samples with water-based varnish.

Conclusion It has been determined that varnishes are effective on thermal conductivity properties, and water-based varnishes have the most effect.

Key Words: Varnish, liquid surface coating, particleboard, fiberboard, thermal conductivity, thermal permeability

Bu makaleye atf:

Şahin, H., Döngel, N., 2025. Bazı verniklerin ahşap esaslı levhaların ısı iletkenlik özelliklerine etkileri. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 30-37.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Nüfusun hızla artması, sanayinin gelişimi ve kentleşme, enerji ihtiyacının her geçen gün artmasına neden olan en önemli etkenler arasındadır. Enerjiye harcanan para, tüketimin fazlalığı ve israf yüzünden ülkeleri enerji ithal etmeye mecbur bırakmakta ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bundan dolayı günümüzde yalıtım oldukça önemli bir konu haline gelmiştir. Yalıtımın etkili ve verimli olması ise ancak doğru malzeme seçimiyle mümkündür (Bayer, 2006).

Dünya genelinde enerji tüketimi Geçtiğimiz çeyrek asırda, dünya genelinde kişi başı enerji tüketimi yüzde 5 artmış olmasına karşın, ülkemizde bu oran yüzde 100'ü de aşmış durumdadır (Evcil, 2000). Bu da ülkemizin enerji verimliliği konusunda dünyanın ne kadar gerisinde olduğunu göstermektedir.

Ülkemizde kullanılan enerjinin %72'lik kısmı ithal edilmektedir. Bu enerjinin ise yaklaşık %40'ı konutlarda kullanılmakta olup, yüzde 80'lik kısmı ise ısıtma ve soğutma için kullanılmaktadır. Konutlarda ısıtma, soğutma ve havalandırma için kullanılan enerjinin yıllık maliyeti 17 milyar dolar civarındadır. Isı yalıtımı akıllıca uygulandığında ise %50 oranında, yani 8,5 milyar dolarlık bir enerji tasarrufu sağlanabilir. Avrupa Birliği ülkelerinde kişi başına düşen ısı yalıtımı malzemesi miktarı bir metreküp iken Türkiye'de kişi başına düşen ısı yalıtımı malzemesi miktarı 0,25 m³'tür. Ülkemiz bu bakımdan Avrupa ülkelerinden 4-5 kat daha az ısı yalıtımı malzemesi kullanmaktadır. Ülkemizde kullanılan ısı yalıtımı malzemelerinin kalınlığı 4-5 cm iken, Avrupa Birliği ülkelerinde bu kalınlık 15-20 cm aralığında olup yüksek oranda enerji verimliliği sağlamaktadır. Ülkemizde yıllık ısınma için metrekare başına 130 kw-saat enerji kullanımına izin verilirken; Avrupa birliği ülkelerinde konutlarda, ısıtma-soğutma ve aydınlatma ile birlikte bütün elektrikli ev aletleri dâhil, 15 kw-saat/m² yıl enerji kullanımı ile sınırlandırılmıştır (URL-1).

Ülkemizdeki enerji tüketiminin büyük bir kısmını konutlarda tüketilen enerji oluşturmaktadır, TÜİK tarafından ilk kez yayımlanan istatistiğe göre, 2022'de hanelerin toplam nihai enerji tüketimi 1 milyon 287 bin 738 terajul olarak gerçekleşmiş ve kullanılan enerji kaynakları arasında en büyük pay %48,3 ile doğal gazın olmuştur. Bunu, %17,1 ile elektrik ve %14,3 ile kömür izlemiştir (URL-2).

Malzemelerin ısı iletkenlik özellikleri, malzemelerin ısı transferi ve ısı izolasyonu hesaplamalarının yapılması için gereklidir. Ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin üretiminde kullanılan sıcak presleme işlemlerinde de malzemelerin ısı iletkenlik ve ısı geçirgenlik değerlerinin de bilinmesi gerekmektedir (Zhou et al., 2013).

Ahşap esaslı paneller, yüzeylerine uygulanan kaplama malzemeleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri yönünden daha dayanıklı hale gelmektedir. (Nemli, 2000). Ayrıca, dekoratif vinil kaplamanın kullanımının, yonga levhanın formaldehit emisyonunu azalttığı (Groah ve ark. 1984) ve levha yüzeylerinin melamin emdirilmiş kâğıt ve ahşap kaplama ile kaplanması da formaldehit emisyonunu azalttığı yapılan araştırmalar sonucu ortaya konmuştur. (Grigoriou, 1987).

Yüksek basınç laminatlar (HPL), düşük basınç laminatlar (CPL), reçine emdirilmiş kâğıtlar, vinil filmler, sıcak transfer filmleri, dekoratif kâğıtlar, laklı boya ve ahşap kaplamalar kaplama türlerini oluştururlar (Akbulut ve Dündar, 1994).

Bu çalışmada, ahşap esaslı levhalardan; yonga levha ve lif levhalara, bazı vernikler ile üst yüzey işlemleri uygulanarak, sıvı yüzey kaplamalarının malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenlik katsayısı özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçların, ağaççıkları sektörünün tüm paydaşlarına ve kullanıcılara daha bilinçli seçimler ve uygulamalar için parametreler sunması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Çalışmada, malzeme olarak iç mekân da ve mobilya üretiminde kullanılan levhalardan 3 farklı kalınlıkta (8 mm, 18 mm, 30 mm) yonga levha ve orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılmıştır. Sıvı yüzey kaplamalarından ise selülozik vernik, sentetik vernik, poliüretan vernik ve su bazlı vernik olmak üzere 4 çeşit vernik uygulaması yapılmıştır. Numunelerde kullanılan malzemeler çeşitli firmalardan rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir.

2.1.1 Vernikler

Deney örneklerinin yüzey kaplamasında; selülozik vernik, sentetik vernik, poliüretan vernik ve su bazlı vernik kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan vernikler Ankara'daki satıcı firmalardan temin edilmiştir. Uygulanacak vernik miktarının tespitinde firma önerileri göz önünde bulundurulmuştur.

2.1.1.1 Sentetik vernik

Yapay reçinelerin doğal çözücüler içerisinde eritilmesi sonucu elde edilen verniklere sentetik vernikler denir. Yapay reçineler, Vinilklorür, PVA, PVC ve klorlu kauçuk gibi fiziksel sertleşme yapan oluşum sürecini bitirmiş ve bu süreci tamamlamamış; polimerleşmesi yarım kalmış olanlar olmak üzere iki şekilde üretilirler.

İçerisinde bulunan yağlar sebebiyle sentetik vernik katmanı, öteki verniklerin katmanlarına göre daha elastik bir özellik gösterirler. Rutubete ve suya daha dirençli olmasına karşın; yapışma kuvveti düşüktür. Şeffaf katman yapısı dolayısı ile güneş ışınları altındaki ahşaba etki eder ve nemin buharlaşmasına sebep olur. Bu durum, vernik katmanının ahşap yüzeyinden ayrılmasına sebep olur (Budakçı, 1997).

2.1.1.2 Poliüretan vernik

Poliüretan vernikler çift bileşenli verniklerdendir. Kimyasal kuruma özelliği taşıyan bu verniklerde, çözücü sıvı buharlaştıkça, komponentler birbirleriyle tepkimeye girerler ve bunun sonucunda vernik katmanı oluşur. İki bileşenli poliüretan verniklerin mat, ipek mat, parlak ve dolgu vernikleri şeklinde üretimi yapılmaktadır. Doğal ahşap malzemenin çalışma özelliğine uyum sağlayabilecek kabiliyette esnek katman oluşturabilmektedirler. Ahşabın yüzeyi ile bütünleşme kabiliyeti oldukça yüksek olan verniklerdir. Ayrıca sıcaklık, nem, buhar vb. birçok mekanik etkiye karşı dayanıklıdır. (Sönmez, 1989).

2.1.1.3 Su bazlı vernik

Su bazlı vernikler, poliüretan ve akrilik gibi reçinelerden elde edilirler. Şeffaf bir yapıya sahiptirler. Kimyasal reaksiyonla kurudukları için katmanları dönüşümsüzdür. Mat verniklerde ise matlaştırıcı elemanlar bulunur (Sönmez ve Budakçı 2004). Güneş ışınlarına dayanıklı olan bu vernikler kokusuzdur. İç mekânda kullanım için oldukça güvenlidir. Yüksek yapışma mukavemetine sahiptirler ve neme karşı yüksek dayanım gösterirler. İçerdiği özel polimerler sayesinde yüksek su geçirmezlik özellikleri de vardır. (URL-3).

2.1.1.4 Selülozik vernik

Vernik reçinelerinden, nitroselüloz ve sülfürik asit gibi maddelerin; aseton, amil-asetat, butil-asetat, etil-asetat gibi çözücülerle eritilerek; tolüen ve benzin ve plastikleştiriciler veya yumuşatıcılardan meydana gelmiştir. Sert bir katman oluştururlar. Kuruma süreleri oldukça kısadır. Bu özellikleri ile selülozik vernikler, neme, alkole ve sıcaklığa dayanıklı katmanlar oluştururlar. Kuruma tamamlandığında kimyasal tepkimeleri sona ermektedir. Selülozik vernikler hızlı kuruma özellikleri sayesinde renk değiştirmeden ve tozdan çok az etkilenecek katman oluşumunu tamamlarlar (Hammond et al., 1969).

2.2 Deney örneklerinin hazırlanması

2.2.1 Yoğunluk

Deney örneklerinin yoğunluk tayini için TS EN 323/1 esaslarına göre numuneler oluşturulmuştur. Her bir levha çeşidi için 10'ar adet örnek hazırlanmıştır. 50x50 mm ölçülerinde toplam 60 adet örnek hazırlanmıştır.

2.2.2 Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik

Deney örneklerinin ısı iletkenlik ve ısı geçirgenlik katsayılarının belirlenmesi için TS EN 12667 esaslarına göre hazırlanmıştır. Her bir grup için 300x300 mm ebatlarında ve üçer adet örnek hazırlanmıştır. Her grup için 18 adet numune hazırlanmış olup, 5 grup için toplamda 90 adet örnek hazırlanmıştır.

2.2.3 Deney örneklerinin verniklenmesi

Verniklerin hazırlık ve uygulama aşamaları üretici firma talimatları dikkate alınarak ve ASTM D 3023 (ASTM D, 2024) esaslarına uyularak gerçekleştirilmiştir.

Poliüretan vernik uygulaması, dolgu verniğinin boya tabancası ile bir kat atılması şeklinde yapılmıştır. Dolgu katmanı tam olarak kuruduktan sonra, diğer yüzeye de aynı işlem tekrarlanmıştır. Tabanca uç açıklığı 1,8 mm'ye ve hava basıncı 2 bar'a ayarlanmıştır. İkinci yüzeydeki dolgu katmanı da tam olarak kuruduktan sonra zımpara makinası ile 220 kum zımpara kullanılarak zımparalanmıştır. Zımparalama sonrası tozlarından arındırılan örnekler, vernik tabancası ile önce bir tarafına son kat poliüretan vernik uygulanmış ve tam kuruma gerçekleşikten sonra diğer tarafına da poliüretan son kat vernik uygulaması

yapılmıştır. Tam kuruma gerçekleşikten sonra 20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl nemdeki iklimlendirme dolabına konulmuştur.

Selülozik vernik uygulanmasında da benzer şekilde önce bir yüzeye, boya tabancası ile selülozik dolgu vernik uygulaması yapılmıştır. Tabanca uç açıklığı 1.8 mm ve hava basıncı 3 bar olarak ayarlanmıştır. Tam kuruma gerçekleşikten sonra diğer yüzeye de selülozik dolgu vernik uygulaması tek kat şeklinde yapılmıştır. Daha sonra 220 kum zımpara kullanılarak her iki dolgulu yüzey de zımparalanmıştır. Zımpara işlemi sonrası tozlardan arındırılan numunelerin her iki tarafına da sırayla son kat selülozik vernik uygulaması yapılmıştır.

Sentetik vernik yüzeylere fırça ile sürülerek uygulanmıştır. Uygulama yapılırken firma önerileri dikkate alınmıştır. Tüm sıvı yüzey kaplamalarının uygulamaları çapraz kat olarak uygulanmıştır.

Su bazlı vernik uygulaması, fırça ile verniği yüzeylere homojen şekilde yaymak suretiyle yapılmıştır. Verniklerin tam kurumaları gerçekleşikten sonra, 20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl nem şartlarına ayarlanmış iklimlendirme kabine, aralarına hava sirkülasyonunu sağlayacak şekilde çıtalar konularak istiflenmiştir. Deney örneklerinin vernikleme süreci ve iklimlendirme şartları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Verniklenmiş deney örnekleri ve iklimlendirme ortamı

2.3. Yöntem

2.3.1 Rutubet tayini

Örnekler; rutubet miktarının belirlenmesinde TS EN 322 esaslarına uyularak hazırlanmıştır. Rutubet tayininde kullanılmak üzere; malzemelerden 50x50 mm ölçülerinde örnekler hazırlanmıştır. Her grup için 10'ar adet olmak üzere toplam 60 (6x10) adet örnek hazırlanmıştır.

2.3.2 Yoğunluk tayini

Yoğunluk tayini için, örnekler TS EN 323/1 esaslarına göre hazırlanmıştır. Yoğunluk tayininde kullanılmak üzere, malzemelerden 50x50 mm ölçülerinde her grup için 10'ar adet hazırlanmıştır. Toplamda ise 60 adet örnek hazırlanmıştır.

Numunelerin yoğunluğunun tespiti için 20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl nem şartlarında iklimlendirme odasında, ağırlığı sabit değere ulaşana kadar bırakılmıştır. Daha sonra ağırlıkları $\pm 0,01$ g hassasiyete sahip tartıda (m), boyutları ise $\pm 0,01$ mm hassasiyette kumpasla ebatları ölçülerek hacimleri (V) hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerle yoğunluk (δ):

$$\delta = \frac{m}{v} \text{ g/cm}^3 \quad (1)$$

Formülü kullanılarak elde edilmiştir.

2.3.3 Vernik katı madde miktarı tayini

TS EN ISO 3251 standardına uygun olarak, taban iç çapı 75 ±1 mm, derinliği 5 mm olan düz tabanlı kapsül içerisine sıvı deney numunesi konulmuş ve hazırlanan örnek, 1 saat süreyle sıcaklığı 105 °C'ye ayarlanmış fırında bekletilmiştir. İşlem öncesinde ve sonrasında, 0,1 mg hassasiyetli terazi ile ağırlık ölçümü yapılmıştır. Katı madde miktarı (NV) aşağıdaki eşitlik yardımı ile elde edilmiştir.

$$NV = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100 \quad (2)$$

Burada,

m: Rutubet yüzdesi.

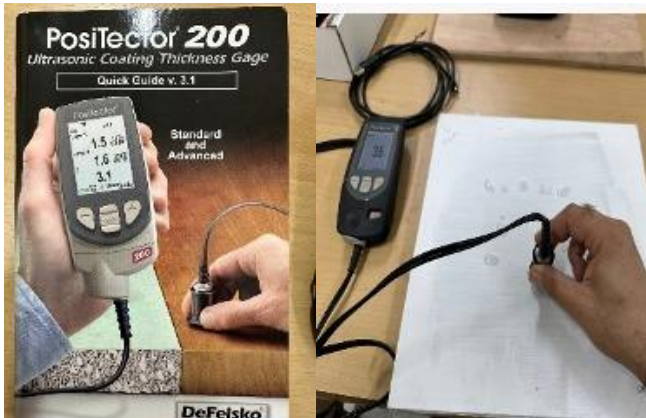
m₀: Boş kapsülün kütlesi (g),

m₁: Deney numunesi kısmı ile birlikte kapsülün kütlesi (g),

m₂: Kalıntı ile birlikte kapsülün kütlesidir (g).

2.3.4 Kuru film katman kalınlığı tayini

Numunelerin kuru film kalınlığı ölçümleri Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümü test laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. TS EN ISO 4618 no'lu standardına uygun olarak, vernikli numunelerin kuru film katman kalınlıkları Positector 200 Ultrasonik kuru film kalınlığı ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Yüzeydeki farklı noktalardan, her yüzey için 15'er adet ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlerin aritmetik ortalamasını hesaplamak suretiyle kuru film katman kalınlığı verileri oluşturulmuştur.



Şekil 2. Kuru film katman kalınlığı ölçüm cihazı

2.3.5 Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik tayini

TS EN 12667 esaslarına göre hazırlanan numunelerin ısı iletkenlik ve geçirgenliğinin belirlenmesi amacıyla, örnekler 20±2°C sıcaklık ve % 65±5 bağıl neme sahip iklimlendirme odasında, ağırlığı sabitleninceye değin bırakılmıştır. ASTM C 518 standartlarına uygun ölçümler yapan Linseis HFM 300 cihazında, termal ısı katsayısını belirlemek üzere Gazi

Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaçşçileri Endüstri Mühendisliği Bölümü test laboratuvarı kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik deney düzeneği

Test cihazının yerinde ölçümlemesi için IRMM 440 kodlu taş yünü levhalar alt ve üst plakalar arasına konarak arasına konulmuştur. Kullanım talimatlarına uygun U değerini girmek suretiyle yerinde ölçümleme (kalibrasyon) yapılmıştır. Sonraki aşamada testlere başlanmıştır.

Deney örnekleri cihazın ısı iletkenlik ölçümü için ısıtılan iki plaka arasına yerleştirilmek suretiyle bilgisayar üzerinden ölçüm başlatılmıştır. Test sona erdiği zaman da cihaz otomatik olarak sonucu vermiştir. Bilgisayar ekranından sonuçlar takip edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Isı iletkenlik ve ısı geçirgenlik deney cihazı plakaları

Isı iletkenlik ve geçirgenlik katsayıları aşağıdaki veri ve formüller yardımı ile elde edilmektedir.

Isı iletkenlik katsayısı (Lambda) (λ);

$$\lambda = \frac{q \cdot d}{A \cdot \Delta T} \quad (\text{W/m.K}) \quad (3)$$

Eşitliğinden elde edilmiştir.

Burada;

λ: Termal iletkenlik sabiti (W/m.K)

q: Isıtma gücü (W)

d: Numune kalınlığı (mm)

A: Numunede ölçülen yüzey (cm²)

ΔT : Yüzeyler arası termal fark (°C)

Isı geçirgenlik katsayısı (U) ;

$$U = \frac{\lambda}{d} \text{ (W/m}^2\text{.K)} \quad (4)$$

Eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;
 λ : Isı iletkenlik katsayısı (W/m.K)
 d : Kalınlık (mm)

3. Sonuçlar

3.1 Yoğunluk

Deney örneklerinin 20°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemdeki yoğunluk değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deney örneklerine ait yoğunluk değerleri

Levha Tipi	Kalınlık (mm)	Yoğunluk (g/cm ³)	
		$\bar{X}$	V (%)
YL	8	0,682	0,68
	18	0,610	0,61
	30	0,627	0,63
	8	0,801	0,80
MDF	18	0,738	0,74
	30	0,733	0,73

Yoğunluk değeri; en yüksek 0,801 g/cm³ olarak 8 mm MDF örneklerde, en düşük ise 0,610 g/cm³ ile 18 mm yonga levha örneklerde elde edilmiştir. Isı iletkenlik katsayısı yoğunlukla doğru orantılı olarak değişmektedir. Yoğunluğu az olan numunenin ısı iletkenlik katsayısı da düşük çıkmıştır.

3.2 Vernik katı madde miktarı

Deneyde kullanılan verniklerin katı madde miktarları gösteren değerler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Vernik katı madde miktarı değerleri

Vernik Çeşidi	Sentetik	Poliüretan	Su bazlı	Selülozik
Katı Madde Miktarı (%)	63,6	49,2	46,1	28,15

Buna göre; katı madde miktarı en yüksek vernik, %63,6 ile sentetik vernik olmuştur. Katı madde miktarı en düşük vernik ise %28,15 ile selülozik vernik olmuştur.

3.3. Vernik kuru film katman kalınlığı

Verniklerin oluşturduğu film katmanlarının mikron (μ) cinsinden kalınlıkları Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Vernik film katmanı kalınlıkları

Vernik Çeşidi	Yonga Levha Numunelerin Kuru Katman Film Kalınlığı (μ)	MDF Numunelerin Kuru Katman Film Kalınlığı (μ)
Sentetik	38	38
Poliüretan	38	90
Su bazlı	39	49
Selülozik	51	49

Buna göre, en kalın film katmanı poliüretan vernikli MDF numunelerde elde edilmiştir. En ince film katmanları ise; sentetik vernik uygulanmış yonga levha ve MDF örnekler ile poliüretan vernik uygulanmış yonga levha örneklerde elde edilmiştir.

3.4 Isı İletkenlik katsayısı (λ)

Deney örneklerinin ısı iletkenlik katsayısı değerleri Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Isı iletkenlik katsayısı değerleri

Levha Tipi	Kalınlık (mm)	Yüzey kaplama	Isı İletkenlik Katsayısı (W/m.K)		
			Xmin	Xmax	$\bar{X}$
YL	8	K	0,0964	0,1000	0,0986
		SL	0,0960	0,0973	0,0965
		SN	0,0928	0,0951	0,0937
		P	0,0963	0,0970	0,0968
		SB	0,0912	0,0929	0,0919
		K	0,0930	0,0946	0,0936
	18	SL	0,0899	0,0937	0,0924
		SN	0,0923	0,0932	0,0926
		P	0,0928	0,9394	0,0933
		SB	0,0878	0,0919	0,0895
		K	0,0935	0,0994	0,1005
		SL	0,0989	0,1001	0,0996
MDF	30	SN	0,0990	0,1012	0,0998
		P	0,1003	0,1006	0,1005
		SB	0,0979	0,0984	0,0985
	8	K	0,0987	0,1002	0,1000
		SL	0,1018	0,1046	0,1032
		SN	0,0983	0,1040	0,1013
		P	0,0994	0,0999	0,0997
		SB	0,0932	0,0969	0,0951
	18	K	0,1033	0,1049	0,1042
		SL	0,1030	0,1033	0,1032
		SN	0,1014	0,1023	0,1017
		P	0,1002	0,1030	0,1020
		SB	0,0983	0,0994	0,0988
	30	K	0,1068	0,1089	0,1081
		SL	0,1078	0,1097	0,1085
		SN	0,1066	0,1076	0,1072
		P	0,1054	0,1080	0,1069
		SB	0,1047	0,1133	0,1079

K: Kontrol, SL: Selülozik vernik, SN: Sentetik vernik, P: Poliüretan vernik, SB: Su bazlı vernik

Levha tipi ve vernik çeşidine göre ısı iletkenlik katsayısı; en yüksek 0,1085 W/m.K ile selülozik vernik uygulanmış 30 mm MDF örneklerde, en düşük ise 0,0895 W/m.K ile su bazlı vernik uygulanmış 18 mm yonga levha tipi örneklerde elde edilmiştir. Bu sonuçlar malzeme yoğunlukları ve kalınlıkları ile alakalıdır. Yoğunluğu düşük olan 18 mm yonga levha örneklerde en düşük ısı iletkenlik katsayısı değeri elde edilmiştir. Bunlara ait grafik Şekil 5’te gösterilmiştir



Şekil 5. Levha tipi ve vernik çeşidine göre ısı iletkenlik katsayısı, K: Kontrol, SL: Selülozik vernik, SN: Sentetik vernik, P: Poliüretan vernik, SB: Su bazlı vernik

3.5 Isı Geçirgenlik Katsayısı (U)

Deney örneklerinin ısı geçirgenlik katsayısı değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

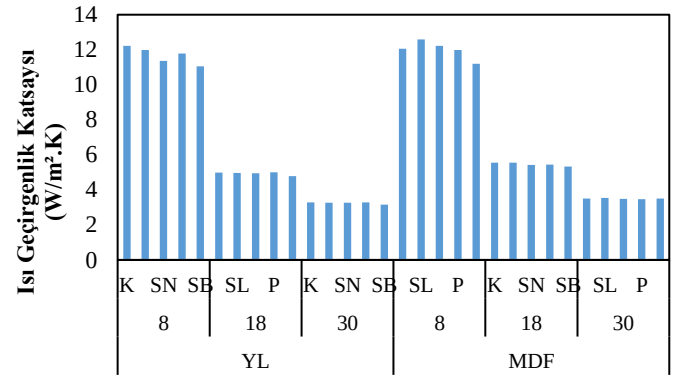
Çizelge 5. Isı geçirgenlik katsayısı değerleri

Levha Tipi	Kalınlık (mm)	Yüzey kaplama	Isı Geçirgenlik Katsayısı (W/m ² .K)		
			Xmin	Xmax	$\bar{X}$
YL	8	K	11,973	12,404	12,22
		SL	11,918	12,092	11,977
		SN	11,241	11,565	11,358
		P	11,748	11,859	11,787
		SB	11,002	11,131	11,047
	18	K	4,964	5,05	4,99
		SL	4,825	5,053	4,973
		SN	4,928	4,984	4,956
		P	4,977	5,008	4,998
		SB	4,678	4,923	4,788
	30	K	3,276	3,321	3,29
		SL	3,281	3,291	3,272
		SN	3,235	3,319	3,263
		P	3,267	3,295	3,281
		SB	3,251	3,096	3,152
MDF	8	K	11,834	12,229	12,05
		SL	12,312	12,780	12,583
		SN	11,791	12,573	12,213
		P	11,955	12,035	11,990
		SB	11,053	11,511	11,207
	18	K	5,501	5,595	5,553
		SL	5,541	5,567	5,552
		SN	5,405	5,458	5,428
		P	5,333	5,524	5,440
		SB	5,455	5,22	5,328
	30	K	3,454	3,534	3,50
		SL	3,513	3,590	3,545
		SN	3,466	3,509	3,491
		P	3,419	3,489	3,475
		SB	3,412	3,681	3,51

K: Kontrol, SL: Selülozik vernik, SN: Sentetik vernik, P: Poliüretan vernik, SB: Su bazlı vernik

Levha tipi ve vernik çeşidine göre ısı geçirgenlik katsayısı; en yüksek 12,583 W/m².K ile selülozik vernik uygulanmış 8 mm kalınlıktaki MDF örneklerde, en düşük ise 3,152 W/m².K ile su

bazlı vernik uygulanmış 30 mm yonga levha numunelerde ulaşılmıştır. Bununla ilgili grafik Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Levha tipi ve vernik çeşidine göre ısı geçirgenlik katsayısı, K: Kontrol, SL: Selülozik vernik, SN: Sentetik vernik, P: Poliüretan vernik, SB: Su bazlı vernik

4. Tartışma ve Sonuç

Levha tipi ve vernik çeşidine göre ısı iletkenlik katsayısı; en yüksek 0,1085 W/m.K ile selülozik vernik uygulanmış 30 mm MDF örneklerde elde edilmiştir. En düşük ısı iletkenlik katsayısı değeri ise, 0,0895 W/m.K ile su bazlı vernik uygulanmış 18 mm yonga levha tipi örneklerde elde edilmiştir. Bu değerlerin; ahşap esaslı levhaların ısı iletkenlik özelliklerini inceleyen bir çalışmadaki, en düşük ısı iletkenlik değeri yüzeyleri reçine emdirilmiş kâğıtla kaplı lif levhalarda elde edilen 0,0830 W/m.K ve en yüksek kayın kontrplak örneklerde 0,1540 W/m.K (Şahin, 2019) değerlere yakın olduğu görülmektedir. Bu sonuçlarla çalışmamızın sonuçları benzerlik göstermektedir. Ayrıca 2018 yılında yayınlanan bir bildirideki sonuçlarla da uyumluluk göstermektedir. Bazı ahşap levhaların ısı özelliklerinin incelendiği bu çalışmada şu şekilde sonuçlar paylaşılmıştır: Farklı tiplerdeki levhaların ısı iletim katsayılarının en düşüğü 0,085 W/m.K olarak elde edilmiştir. En yüksek değer ise 0,1410 W/m.K olarak tespit edilmiştir (Şahin ve Döngel, 2018).

Levha tipi ve vernik çeşidine göre ısı geçirgenlik katsayısı; en yüksek 12,583 W/m².K ile selülozik vernik uygulanmış 8 mm kalınlıktaki MDF örneklerde elde edilmiştir. En düşük ısı iletkenlik katsayısı ise 3,152 W/m².K ile su bazlı vernik uygulanmış 30 mm yonga levha örneklerde elde edilmiştir. Yonga levhalarda her 3 farklı kalınlıktaki örneklerde de vernikler ısı iletkenlik katsayısı değerlerini düşürmüştür. En fazla düşüş 8 mm kalınlıktaki levhalarda ve su bazlı vernikli uygulaması yapılmış örneklerde görülmüştür. MDF örneklerde ise 8 mm ve 18 mm kalınlıktaki levhalarda, vernikler ısı iletkenliğini düşürücü yönde etki etmiş, 30 mm kalınlıktaki örneklerde ise bu etki düşük kalmıştır.

Çin'de yapılan bir araştırmada; o bölgede çokça tercih edilen beş ağaç türünün ısı özellikleri incelenmiştir ve örneklerin nem ve yoğunluk değerlerinin ısı iletkenlik özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma neticesinde ısı iletkenlik katsayısının nem ve yoğunluk ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu görülmüştür. (Yu et al., 2011).

Yarı mamul ahşap panellerin ısı geçirgenlik özelliklerini belirlemek üzere yapılan bir çalışmada; en yüksek ısı geçirgenlik katsayısı kayın kontrplakta 7,205 W/m².K olarak

gözlenmiştir. Bunu takip eden değer orta yoğunluktaki lif levhalarda 5,568 W/m².K olarak ölçülmüştür. En düşük ısı geçirgenlik katsayısı ise yapay reçine emdirilmiş kâğıt kaplı orta yoğunluktaki lif levhalarda 4,56 W/m².K olarak tespit edilmiştir (Şahin, 2019).

Kontrplakların ısı iletim özellikleri üzerine yapılan bir araştırmada farklı kaplama malzemelerinin ve çekirdek geometrisinin ısı iletkenlik katsayısına etkileri incelenmiştir. Alınan sonuçlara göre geometrik kesitli panellerde en yüksek ısı iletim katsayısı kontrplak yüzeyli altıgen kesitli çekirdek katmanına sahip panelde 0,092 W/m.K olarak elde edilmiştir. En düşük ısı iletim katsayısı ise kontrplak yüzeyli daire kesitli çekirdek katmanına sahip panelde 0,083 W/m.K olduğu tespit edilmiştir. (Kaya, 2019).

Binalar ısı yalıtım kurallarını belirleyen TS 825 no'lu standarda göre; ısı iletkenlik katsayısı; yüksek yoğunluklu lif levhalarda (1 gr/cm³) 0,17 W/m.K, orta yoğunluklu lif levhalarda (0,8 gr/cm³), 0,15 W/m.K, düşük yoğunluklu lif levhalarda (0,6 gr/cm³) ise 0,13 W/m.K olarak tespit edilmiştir. Daha düşük yoğunluklu, hafif lif levhalar (0,3 gr/cm³) (0,2 gr/cm³) için sırasıyla 0,058 W/m.K ve 0,046 W/m.K olarak belirtilmiştir.

Yapılan bu çalışmada ahşap ve ahşap esaslı levhalardan elde edilen ısı iletim ve ısı geçirgenlik katsayılarının, daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Kalınlığın ısı geçirgenlik katsayısına etkisi olduğu, malzemenin kalınlığı arttıkça 'U' değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Yalıtım malzemelerinde 'U' değerinin düşük olması istenmektedir. Aynı durum ısı iletim katsayısı için de geçerlidir. ısı iletim katsayısı, malzemenin yoğunluğu ile doğru orantılı bir ilişki göstermektedir.

Yüzey kaplamalarının ahşap ve ahşap esaslı levhaların ısı özelliklerine etkisi ise; yine film katman kalınlığı ve yoğunluğu ile ilgilidir. Katı madde miktarı düşük olup hacimce büyük olan yüzey kaplamaları ısı iletim katsayısını düşürmektedir. Film katman kalınlığının fazla olması da 'U' değerini düşürücü yönde etki etmektedir.

Bu sonuçlara göre:

1. Isı iletkenliğinin önemli olduğu ortamlarda yonga levha malzemenin MDF malzemeye göre tercih edilebileceği,
2. Verniklerin malzemelerin ısı iletkenliği üzerinde etkili olduğu, en fazla etkiyi ise düşük yoğunluklu malzemelerde gösterdiği,
3. Malzeme kalınlığının ısı iletkenlik özellikleri üzerinde etkili olduğu, kalınlığı fazla olan ince malzemelere tercih edilebileceği,

Buna göre; su bazlı verniklerin selülozik vernik, sentetik vernik ve poliüretan verniğe göre daha ısı iletkenlik özelliğinin daha düşük olduğu görülmektedir. Malzeme seçimi ve tasarımların yapılmasında bu hususun dikkate alınması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: FDK-2023-8504.

Kaynaklar

- Akbulut, T. and T. Dündar. (1994). Yonga levha 'da Yüzey Kaplama Malzemeleri. Ahşap Dergisi. 8, 27-30.
- ASTM D 3023, (2024). Standard practice for determination of resistance of factory applied coatings on wood products of stain and reagents, American Society for Testing and Materials, USA.
- Bayer, G. (2006). Binalarda uygulanan ısı yalıtım sistemleri ve örnek bir projede ısı yalıtım maliyet analizi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Budakçı, M., (1997). "Ahşap Verniklerinde Katman Kalınlığının Sertlik, Parlaklık ve Yüzeye Yapışma Mukavemetine Etkileri", Yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 43-45.
- Czajkowski, Ł., Olek, W., Weres, J., Guzenda, R., (2016). Thermal properties of woodbased panels: thermal conductivity identification with inverse modeling. European Journal of Wood and Wood Products, 74(4), 577-584.
- Evcil, N. (2000). Isı İzolasyon ve Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s: 37-50.
- Grigoriou, A., (1987). Formaldehyde Emisison From the Edges and Faces of Various Wood Based Materials. Holz als Roh und Werkstoff. 45(2), 63-67.
- Groah, W., G. Gramp. and M. Trant. (1984). Effect of Decorative Vinyl Overlay on Formaldehyde Emission, Forest Products Journal. 34(4), 27-29.
- Hammond, J., J., Donnelly, E., T., Harrod, W., F., Rayner, N., A., Özden, F., (1969). "Ağaçsırları Teknolojisi", Zorlu, Ajans – Türk Matbaası, Ankara, 77-78,80,84,89.
- Jhonson, R., (1997). Waterborne Coatings, an Overview of Water-Borne Coatings, Journal of Coatings Technology, 69, 117-121.
- Kaya, M., (2019). Farklı katman ve Malzemeler ile Üretilen Ahşap Esaslı Kompozit Panellerin Mekanik ve Teknolojik Özellikleri. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Nemli, G., (2000). Yüzey Kaplama Malzemeleri ve Uygulama Parametrelerinin Yonga levha Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. p. 182.
- Sönmez, A., (1989). "Ağaçtan Yapılmış Mobilya Yüzeylerinde Kullanılan Verniklerin Önemli Mekanik, Fiziksel ve Kimyasal Etkilere Karşı Dayanıklılıkları", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sönmez, A., Budakçı, M., (2004). "Ağaçsırlarında Üstyüzey İşlemleri, II", Sevgi Ofset, Ankara.
- Şahin, H. (2019). Ahşap ve Ahşap Esaslı Levhaların Isı İletkenlik Katsayılarının Belirlenmesi, (Yüksek Lisans Tezi) Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, H. ve Döngel, N., (2018). Bazı ahşap ve ahşap esaslı levhaların ısı iletkenlik özelliklerinin belirlenmesi. 5. Uluslararası Mobilya Kongresi, Eskişehir, 26-42.
- TS 825. (2024). Binalarda ısı yalıtımı kuralları, TSE Standardı, Ankara.
- TS ISO 3129. (2021). Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metotları ve genel özellikleri, TSE Standardı, Ankara.

- TS ISO 13061-1. (2021) Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini, TSE Standardı, Ankara.
- TS EN 322. (1999). Ahşap esaslı levhalar – rutubet miktarının tayini, TSE Standardı, Ankara.
- TS EN 323/1. (1999). Ahşap esaslı levhalar- birim hacim ağırlığının tayini, TSE Standardı, Ankara.
- TS EN ISO 3251, (2019). Boyalar, Vernikler ve Plastikler – Uçucu Olmayan Madde İçeriğinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12667 (2003). Yapı malzemeleri ve mamullerinin ısı performans-Mahfazalı sıcak plaka ve ısı akış sayacı metotlarıyla ısıl direncin tayini, TSE Standardı, Ankara.
- URL-1, (2024). Eko Yapı Dergisi. Erişim Tarihi: 11.08.2024 Erişim Adresi: <https://www.ekoyapidergisi.org>.
- URL-2, (2024). Anadolu Ajansı internet sitesi Erişim Tarihi: 11.08.2024 Erişim Adresi: <https://www.aa.com.tr>.
- URL-3, (2024). Bianca Boya internet sitesi Erişim Tarih: 14.01.2024 Erişim Adresi: <https://bianca.com.tr>.
- Yu, Z. T., Xu, X., Fan, L. W., Hu, Y. C., Cen, K. F. (2011). Experimental measurements of thermal conductivity of wood species in China: effects of density, temperature, and moisture content. *Forest Products Journal*, 61(2), 130-135.
- Zhou, J., Zhou, H., Hu, C., Hu, S. (2013). Measurements of thermal and dielectric properties of medium density fiberboard with different moisture contents. *BioResources*, 8(3), 4185-4192.



Bartın ve Kastamonu yöresi doğu kayını ormanlarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının değişimi

Şükrü Teoman Güner ^{1*}, Eren Gürsoy Özdemir ², Aydın Çömez ³, Sevgi Kaya ¹

¹Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Ulus, Bartın, Türkiye

²Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Ulus, Bartın, Türkiye

³Orman Genel Müdürlüğü, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Urla, İzmir, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 10/12/2024

Kabul Tarihi: 14/03/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1599059>

*Corresponding author:

stguner@bartin.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve amaçlar Kyoto protokolü gereği taraf ülkeler her yıl ulusal envanter raporlarını Tarım, Ormancılık ve Arazi Kullanımı (AFOLU) kılavuzuna göre hazırlayarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi sekreteryasına sunmaktadır. Ancak daha hassas bildirimlerde bulunmak için ülkelerin kendi ağaç türlerine özgü katsayıları üretmesi gerekmektedir. Bu çalışma, Bartın ve Kastamonu yöresi doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarında ağaç

bileşenlerinin karbon yoğunluğu ile toprak üstü ve toplam ağaç kütlelerine ait ağırlıklı karbon yoğunluklarını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Yöntemler Örneklemeler dört gelişim çağı [a (d1,3<8 cm), b (d1,3=8-19,9 cm), c (d1,3=20-35,9 cm) ve d (d1,3 ≥36 cm)] ve her gelişim çağından dört adet olmak üzere toplam 16 alandan yapılmıştır. Örneklem alanlarının farklı yetiştirme ortamlarını temsil etmesine özen gösterilmiştir. Öncelikle örneklem alanlarının yetiştirme ortamı özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra her örneklem alanında baskın durumda olan üç ağaçtan yaprak, dal, odun, kabuk ve kök örnekleri alınmıştır. Laboratuvar ortamında örneklem alanlarından alınan ağaç bileşenlerine ait örneklerde karbon analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

Bulgular Karbon yoğunluğu meşcere gelişim çağı ve ağaç bileşenleri arasında önemli farklılıklar göstermiştir ($P<0,05$). Karbon yoğunluğu d çağındaki meşcerelerde daha yüksek düzeyde (%50,27) bulunmuştur. Karbon yoğunluğu ağaç bileşenleri arasında en düşük kabukta (%47,99), en yüksek ise yaprakta (%50,50) bulunmuştur. Doğal doğu kayını ormanları için ağırlıklı karbon yoğunluğu toprak üstü ağaç kütleleri için %49,15, toplam ağaç kütleleri için ise %49,27 olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar Elde edilen veriler, doğu kayını ormanlarında gerek ağaçlarda gerekse ağaçların farklı bileşenlerinde depolanan karbon stoklarının hesaplanmasında, ölü örtü ayrışma süreçlerinin izlenmesinde ve yönetiminde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: *Fagus orientalis*, iklim değişikliği, karbon içeriği

Changes in carbon concentration of tree components for oriental beech forests in Bartın and Kastamonu Region

ABSTRACT

Background and aims According to the Kyoto Protocol, countries must submit annual national inventory reports to the UNFCCC Secretariat, following AFOLU sector guidelines. For accurate reporting, coefficients specific to native tree species must be developed. This study aims to determine the carbon ratios of tree components and the weighted carbon ratios of aboveground and whole tree biomass in oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the Bartın and Kastamonu regions.

Methods Sampling was conducted across four developmental stages [young (dbh < 8 cm), middle-aged (8–19.9 cm), mature (20–35.9 cm), and overmature (≥36 cm)], with four sample plots per stage, totaling 16 plots. Site conditions were selected to reflect variability. In each plot, three dominant trees were sampled. Leaves, branches, wood, bark, and root samples were collected and analyzed in the laboratory for carbon concentration. The data were evaluated using analysis of variance and Duncan's multiple comparison test.

Results Carbon concentrations varied significantly among developmental stages and tree components ($P<0.05$). Overmature stands had the highest carbon concentration (50.27%). Among components, bark had the lowest (47.99%) and leaves the highest (50.50%). Weighted carbon concentrations were 49.15% for aboveground biomass and 49.27% for whole tree biomass.

Conclusions These findings provide species-specific carbon coefficients for oriental beech and support more precise carbon stock estimations. The results are also valuable for monitoring and managing litter decomposition in these forest ecosystems.

Key Words: *Fagus orientalis*, climate change, carbon content

Bu makaleye atf:

Güner, Ş.T., Özdemir, E.G., Çömez, A., Kaya, S., 2025. Bartın ve Kastamonu yöresi doğu kayını ormanlarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının değişimi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 38-44.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Küresel ısınmaya yol açan atmosferik sera gazları arasında karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot oksit (N₂O), ozon (O₃), su buharı (H₂O), hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC) ve kükürtheksaflorid (SF₆) gibi gazlar yer almaktadır. Bu gazlar içerisinde, iklim değişikliği üzerindeki etkisi en belirgin olan karbondioksittir. Atmosferdeki karbondioksit yoğunluğundaki artış, küresel iklim değişikliğinin başlıca nedeni olarak görülmektedir (Lackner ve ark., 2022). Bitkiler (ağaçlar, çalılar, otlar vb.) atmosferdeki karbondioksiti fotosentez yoluyla emer. Bu süreçte bitkiler, güneş ışığını kullanarak karbondioksiti organik maddeye dönüştürür. Bu organik madde, bitkiler için bir enerji kaynağı olarak hizmet eder ve bir karbon rezervuarı işlevi görerek atmosferik karbon döngüsünü etkiler (Amoo ve Fagbenle, 2020; Chaudhry ve ark., 2020). Atmosferdeki CO₂ seviyesinin azaltılmasında en etkili yöntemlerden biri, önemli karbon yutakları arasında yer alan orman alanlarının genişletilmesidir. Ormanların karbon yutak kapasitesini değerlendirebilmek ve karbon bilançosunu izleyebilmek için, orman tipi ve ağaç türü gibi karbon tutulumunu etkileyen faktörlerin dikkate alınarak detaylı analizlerin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, bölgesel ve küresel ölçekte orman alanlarının doğru bir şekilde envanterinin çıkarılması, izlenmesi, karbon emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliği ile mücadelede karbon yutak alanlarını artırmak için kritik öneme sahiptir (Dixon ve ark., 1994). Bunun yanı sıra, ağaç türlerine yönelik daha doğru karbon hesaplamaları yapabilmek için, ilgili türün ağaç bileşenleri ve karbon içeriklerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Yine ağaç bileşenlerinin karbon yoğunluklarının belirlenmesi, ölü örtü ayrışma süreçlerinin izlenmesine ve yönetimine de katkı sağlamaktadır.

Küresel iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak amacıyla yapılan uluslararası anlaşmalar, ülkeleri karbon emisyonlarını ve karbon havuzlarını raporlama yükümlülüğü altına sokmuştur. Ülkeler arasında envanter verilerinin karşılaştırılabilirliğini sağlamak için, orman ekosistemlerindeki yıllık karbon stok değişiminin hesaplanmasıyla ilgili ayrıntılı bir açıklama sunan Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı (AFOLU) kılavuzu geliştirilmiştir (IPCC, 2023). Orman ekosistemlerindeki karbon stoklarının yıllık değişimini hesaplamaya yönelik detaylı bir açıklama sunan bu kılavuz, orman ekosistemlerindeki karbon havuzlarını; yerüstü ve yeraltı biyokütlesi, ölü organik madde (ölü odun ve döküntüler) ve toprak bulunan organik karbon gibi farklı bileşenlere dayalı olarak üç ana karbon havuzuna ayırmaktadır. Ayrıca, kılavuz, bu havuzlardaki hesaplamalar için kullanılacak iklim zonları, orman tipleri ve ağaç türleri açısından bazı ampirik katsayılar sunmuş, ancak daha doğru sonuçlar elde etmek amacıyla bu katsayıların yerel düzeyde, ağaç türlerine dayalı yapılan araştırmalarla belirlenmesini önermiştir. (IPCC, 2003; IPCC, 2006; IPCC, 2023). Nitekim araştırmalar karbon rezervuarlarındaki karbon konsantrasyonlarının çevresel faktörler, ağaç türleri ve ağaç bileşenlerine bağlı olarak değiştiğini göstermiştir (Laiho ve Laine, 1997; Lamlo ve Savidge, 2003; Bert ve Danjon, 2006; Thomas ve Malczewski, 2007).

Türkiye'nin orman varlığı, 2020 yılı verilerine göre 22,9 milyon ha olup, doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) 1,9

milyon hektarlık (ha) yayılışıyla ülke ormanlarının %8,2'sini oluşturmakta ve yapraklı türler içerisinde yayılış alanı bakımından meşeden (*Quercus ssp.*) sonra ikinci sırada yer almaktadır (OGM, 2021). Dolayısıyla doğu kayını, üzerinde araştırma yapılması gereken öncelikli türlerden biridir. Anavatanı Türkiye olan doğu kayını dünya üzerindeki yayılışını Bulgaristan, Romanya, Yunanistan, Kırım, Kafkasya ve Kuzey İran'da sürdürmektedir. Türkiye'deki en geniş yayılışını Karadeniz sahiline paralel uzanan dağların orta ve yüksek kesimlerinde ve özellikle kuzey bakılarda kurduğu saf ve karışık ormanlarda göstermektedir. Marmara, Orta Anadolu ve Doğu Akdeniz Bölgelerinde de yer yer görülür. Doğu kayını rutubetçe zengin, yağışın dengeli olduğu ılıman iklime sahip bölgelerde yayılış göstermektedir (Atalay, 1992; Anşın ve Özkan, 1997). Karadeniz Bölgesi'nin doğu, orta ve batı bölümlerinde iklim, topografik yapı ve anakaya-toprak özelliklerindeki farklılıklara bağlı olarak çeşitli orman toplumları görülmektedir. Kayın, Batı Karadeniz Bölümü'nde 800 m'den itibaren yayılış gösterirken, Orta Karadeniz Bölümü'nde 1000 m'den itibaren görülmektedir (Atalay ve Mortan, 1997).

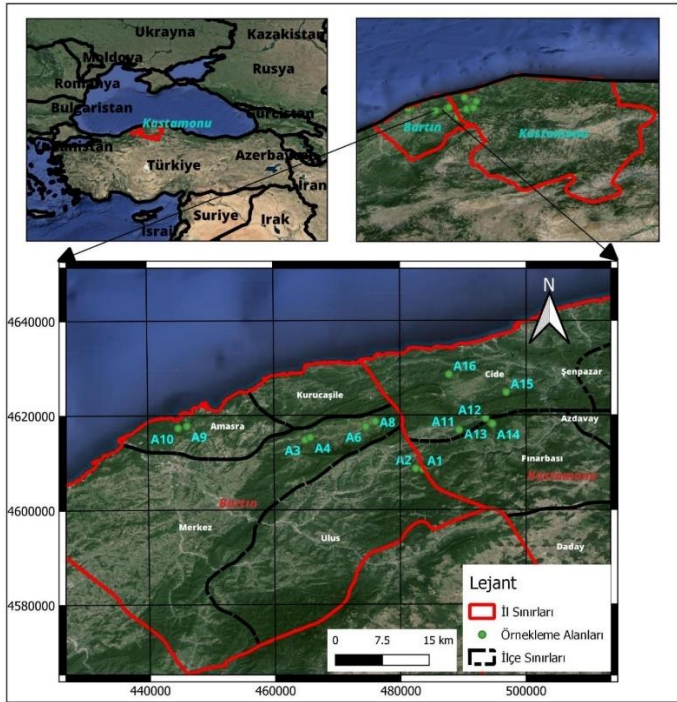
Türkiye'deki doğu kayını ormanlarında ağaç bileşenleri kütlesi ve karbon yoğunluklarının ortaya koyulduğu çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan toprak üstü biyokütle, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında Saraçoğlu (1998) ve Erkut (2013) tarafından, Orta Karadeniz Bölgesindeki (Sinop) doğu kayını ormanlarında ise Kahyaoğlu (2017) tarafından belirlenmiştir. Güner ve ark. (2010) ise Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki (Artvin) genç doğu kayını ormanlarında hem toprak üstü hem de toprak altı biyokütleyi ortaya koymuşlardır. Yine bazı araştırmacılar Karadeniz Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında toprak altı biyokütle miktarlarını da belirlemişlerdir (Tufekcioglu ve ark., 2005; Mısır ve Mısır, 2013; Özbayram ve Güvendi, 2016). Genel olarak bu çalışmalar, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yapılmıştır. Ancak çalışmamızın, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yapılmış olması, toprak üstü ve tüm ağaç kütlesine ait ağırlıklı karbon yoğunluğunu ortaya koyması bakımından mevcut çalışmalardan ayrılmaktadır.

Bu çalışma, Bartın ve Kastamonu yöresindeki doğu kayını ormanlarında, ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunlukları ile toprak üstü ve toplam ağaç kütlesine ait ağırlıklı karbon yoğunluklarını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Araştırma alanının tanıtımı

Araştırma, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Küre Dağlarındaki (Bartın, Kastamonu) doğu kayını ormanlarında yürütülmüştür. Araştırma alanı 41° 52' 35" - 41° 37' 27" kuzey enlemleri ile 33° 13' 04" - 32° 29' 27" doğu boylamları arasında yer almakta olup (Şekil 1), Serengil (2018) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre Euxine-Colchic yapraklı orman ekzonunda bulunmaktadır.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu

Araştırma sahasındaki ana materyal büyük oranda başta Kretase olmak üzere, Eosen ve Triyas yaşlı fliş birliklerinden oluşmaktadır. Yaygın toprak tipi ise FAO/UNESCO toprak sınıflandırma sistemine göre grup: luvisol/kambisol, alt grup: ötrik kambisol/humik kambisol'dür (Ünal, 2023). Araştırma alanına en yakın mesafede bulunan Bartın meteoroloji istasyonunun (30 m) 1961-2024 yıllarını kapsayan verilerine göre yıllık toplam yağış 1063 mm, yıllık ortalama sıcaklık 12,9 °C, yıllık ortalama yüksek sıcaklık 19,2 °C'dir (MGM, 2025). Bartın meteoroloji istasyonu verilerinin enterpole edilen (sıcaklık değerleri her 100 m'de 0,5 °C azaltılmış, yağış değerleri ise her 100 m'de yıllık yağışa 54 mm ilave edilmiştir) değerlerine göre araştırma alanının Erinç yöntemine göre iklimi çok nemli (Im=69-110)'dir (Erinç, 1965). Örnekleme alanlarında bulunan hâkim ağaç türü doğu kayını olup, bu türe *Vaccinium arctostaphylos* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus glabra* Huds, *Acer trautvetteri* Medw., *Daphne pontica* subsp. *pontica* L., *Rubus hirtus* Waldst. & Kit., *Rhododendron ponticum* L., *Dioscorea communis* (L.) Caddick & Wilkin, *Sambucus nigra* L., *Ruscus hypoglossum* L., *Acer hyrcanum* Fisch. & C.A.Mey. subsp. *hyrcanum* türleri eşlik etmektedir (Tunçkol ve ark., 2020).

2.2 Örnekleme yöntemi

Örneklemler 4 gelişim çağı [a (d_{1,3}<8 cm), b (d_{1,3}=8-19,9 cm), c (d_{1,3}=20-35,9 cm) ve d (d_{1,3} ≥36 cm)] ve her gelişim çağından dört adet olmak üzere toplam 16 alandan yapılmıştır. Örnekleme alanları 20×20=400 m² büyüklüğünde alınmıştır. Örnekleme alanların eğimi klizimetre, yükseltisi altimetre, bakışı ise pusula ile belirlenmiştir. Yamaç konumu, yamacın sırt çizgisi ile etek kısmı arasındaki yamaç uzunluğu 100 birim kabul edilmiş, yamaç üst kenarından olan ortalama uzaklık yamaç uzunluğunun yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

Örneklemler ağaçlar tamamen yapraklandıktan sonra temmuz-ağustos ayları arasında yapılmıştır. Her örnekleme alanında, hâkim tabakada yer alan üç fertten yaprak, dal, odun, kabuk ve kök örnekleri alınmıştır. Yaprak örnekleri, tepe tacının dört yönünden yerden yaklaşık 7 m yükseklikten makas yardımıyla eşit miktarda alınmış ve karıştırılmıştır. Dal örnekleri, yaprak örneği almak için kesilen dallardan (Ø≤5 cm) alınmıştır. Odun ve kabuk örnekleri, örnek ağaçların göğüs yüksekliğinden artım burgusu ile alınmıştır. Kök örnekleri ise örnekleme yapılan ağaçların dip kısmında kazma ile açılan kesitten, çapı ≤ 5 cm olan kökler seçilerek toplanmıştır. Alınan örnekler yıkanarak topraklarından arındırılmış ve diğer örneklerle birlikte laboratuvara taşınmıştır.

2.3 Laboratuvar analizleri

Araziden alınan ağaç bileşenlerine (yaprak, dal, odun, kabuk, kök) ait örnekler (16 örnek alan × 5 bileşen = 80 örnek) laboratuvarda 65 °C'de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuş ve ardından öğütülerek analiz için hazırlanmıştır. Ağaç bileşenlerine ait örneklerin karbon yoğunlukları, LECO CNH TruSpec elementer analiz cihazı (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA) kullanılarak belirlenmiştir.

2.4 Değerlendirme

Ağırlıklı karbon yoğunluğu hesaplamaları için gerekli olan ağaç bileşenleri kütlelerinin, toprak üstü ve tüm ağaç kütlelerine oranları, Erkut (2013)'a göre yapılmıştır. Tüm ağaç kütlelerinin hesaplanmasında r/s oranı 0,24 olarak alınmıştır (IPCC, 2006).

Toprak üstü ve tüm ağaç kütlelerine ait ağırlıklı karbon yoğunluklarının belirlenmesinde Eşitlik 1 kullanılmıştır (Erkan ve Güner, 2018).

$$wcc = \sum \left(\frac{ccc_i \times cb_i}{100} \right) \quad (1)$$

Eşitlikte; wcc: toprak üstü veya tüm ağaç kütlelerine ait ağırlıklı karbon yoğunluğunu (%), ccc_i: karbon yoğunluğunu (%), ith: ağaç bileşenlerini, cb_i: bileşenlere ait kütlelerin toprak üstü veya tüm ağaç kütlelerine oranını (%) ifade etmektedir.

Veri setlerinin normal dağılımı Shapiro–Wilk, varyansların homojenliği ise Leneve testi ile kontrol edilmiştir. Tüm veriler normal dağılım ve homojen varyans göstermiştir. Daha sonra ağaç bileşenlerinin karbon yoğunlukları arasındaki farklılıklar varyans analizi ve Duncan testi ile belirlenmiştir. Sonuçlar α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak farklı kabul edilmiştir. İstatistik analizlerde SPSS paket programı kullanılmıştır (SPSS, 2015).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Örnekleme alanlarının bazı meşcere ve yetiştirme ortamı özellikleri

Örnekleme alanlarına ait bazı meşcere ve yetiştirme ortamı özellikleri incelendiğinde, örnekleme alanlarının 11-128 yaşlar ve 2,5-53,8 cm çaplar ile 342-992 m yükseltiler arasında yer aldığı görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Örneklem alanlarına ait bazı meşcere ve yetişme ortamı özellikleri

Örneklem alanı	Meşcere tipi	Yaş	Göğüs çapı (cm)	Grid zonu	Enlem	Boylam	Bakı (°)	Yamaç konumu (%)	Yükselti (m)
1	Knc3	78	28,6	36T	483577	4608575	KB (315)	ÜY (3)	992
2	Kna3	14	3,8	36T	482478	4608709	KD (45)	ÜY (3)	948
3	Kncd3	80	26,7	36T	464911	4614786	D (90)	AY (76)	342
4	Knbc3	49	13,7	36T	465749	4615293	GB (225)	OY (58)	357
5	Knbc3	54	15,3	36T	474443	4617539	KB (315)	OY (53)	424
6	Knbc3	51	15,0	36T	474556	4617561	B (270)	ÜY (20)	467
7	Knc3	70	24,8	36T	476076	4618722	GD (135)	OY (55)	681
8	Knbc3	30	13,1	36T	476074	4618647	G (180)	OY (58)	711
9	Knc3	71	29,0	36T	446200	4617761	GD (135)	ÜY (12)	372
10	Kna3	25	5,7	36T	444812	4617334	GD (135)	ÜY (5)	439
11	Kna3	17	4,1	36T	489360	4616855	KD (45)	OY (65)	647
12	Kna3	11	2,5	36T	493540	4619318	B (270)	OY (62)	774
13	Knd3	128	53,8	36T	494486	4618227	B (270)	OY (31)	908
14	Knd3	90	36,6	36T	494660	4618115	KB (315)	ÜY (11)	959
15	Knd3	109	39,8	36T	496827	4624823	K (0)	OY (42)	656
16	Knd3	105	38,8	36T	487768	4628604	B (270)	ÜY (15)	523

ÜY: üst yamaç (%1-25), OY: orta yamaç (%26-75), AY: alt yamaç (%76-100), K: kuzey, KD: kuzey doğu, KB: kuzey batı, D: doğu, G: güney, GD: güney doğu, GB: güney batı, B: batı

3.2 Ağaç bileşenlerinin karbon yoğunlukları

Ağaç bileşenlerinin karbon yoğunluklarına ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2’de, varyans analizi sonuçları Çizelge 3’te, Duncan testi sonuçları ise Şekil 2 ve 3’te verilmiştir. Karbon yoğunluğu meşcere gelişim çağları ($P=0,004$) ve ağaç bileşenleri ($P=0,000$) arasında istatistiksel bakımdan önemli farklılıklar göstermiştir (Çizelge 3). Yine meşcere gelişim çağı $\times$ ağaç bileşenleri etkileşimini de anlamlı bulunmuştur ($P=0,021$, Çizelge 3). Yani, ağaç bileşenlerinin karbon yoğunlukları meşcere gelişim çağlarına göre önemli farklılıklar göstermiştir (Şekil 4). Karbon yoğunluğu d gelişim çağındaki meşcerelerde daha yüksek düzeyde (%50,27) bulunmuş olup, a, b ve c gelişim çağlarında bulunan meşcerelerin karbon yoğunlukları arasında ise anlamlı bir farklılık belirlenememiştir (Şekil 2).

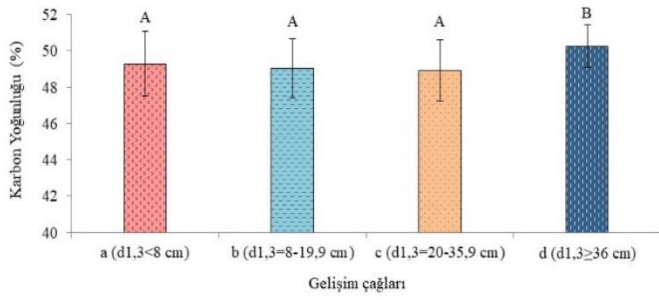
Karbon yoğunluğu ağaç bileşenleri arasında en düşük kabukta (%47,99) bulunmuştur (Çizelge 2, Şekil 3). Keza, Erkut (2013) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesi’nde (Giresun) yapılan çalışmada, karbon yoğunluğu ağaç bileşenleri arasında en düşük kabukta (%45,64) bulunmuştur. Yine, Orta Karadeniz Bölgesi’nde (Sinop) yapılan başka bir çalışmada (Kahyaoğlu, 2017), kabuk karbon yoğunluğu %46,70 olarak belirlenmiş olup, elde edilen bu değerler araştırma bulgularımızdan bir miktar düşüktür. Bu farklılığın yetişme ortamı özellikleri ile meşcere gelişim çağları veya bölgeler arasındaki farklılıktan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Zira, ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluğunun yetişme ortamı özelliklerine (Erkan ve Güner, 2018; Güner, 2019) ve meşcere gelişim çağlarına (Çömez, 2012; Makineci ve ark., 2015; Güner ve Çömez, 2017; Karataş ve ark., 2017) göre önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmektedir.

Çizelge 2. Ağaç bileşenlerinin karbon yoğunluklarına (%) ait bazı istatistikler

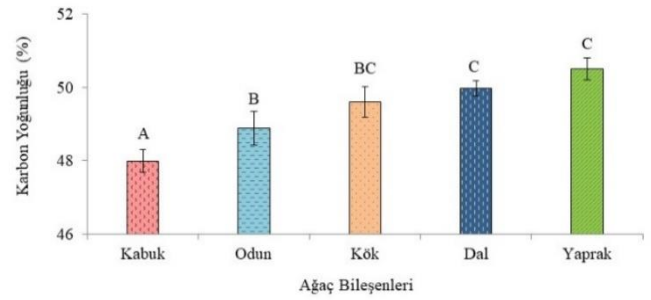
Ağaç Bileşenleri	Ortalama	En düşük	En yüksek	Standart sapma
Yaprak	50,50	47,32	52,82	1,23
Dal	49,97	48,08	50,92	0,85
Odun	48,88	45,69	51,71	1,85
Kabuk	47,99	44,37	49,26	1,28
Kök	49,60	46,19	51,29	1,64
Ağırlıklı ortalama (Toprak üstü)	49,15			
Ağırlıklı ortalama (Tüm ağaç)	49,27			

Çizelge 3. Karbon yoğunluklarının gelişim çağlarına ve ağaç bileşenlerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

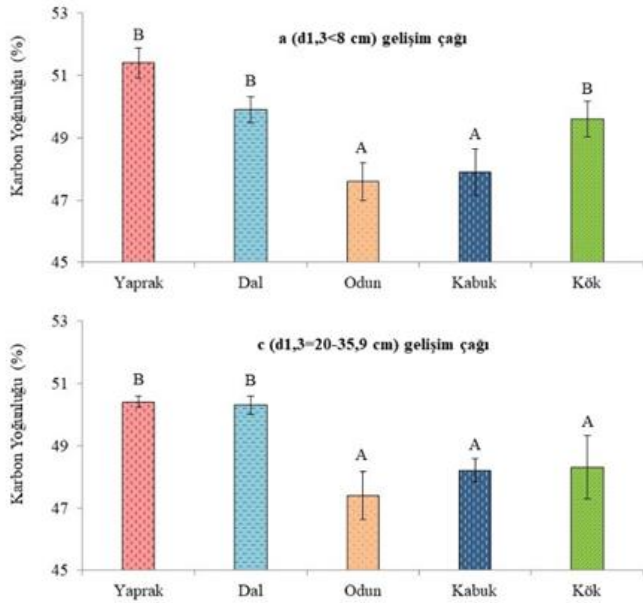
Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	dF	Kareler ortalaması	F	P
Gelişim çağı (GÇ)	22,051	3	7,350	4,970	0,004
Ağaç bileşenleri (AB)	61,187	4	15,297	10,342	0,000
GÇ $\times$ AB	39,636	12	3,303	2,233	0,021
Hata	88,743	60	1,479		
Toplam	211,617	79			



Şekil 2. Gelişim çağına ait ağırlıklı karbon yoğunluğu ortalaması ± standart hataları. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Duncan ortalamaları ayırma testine göre $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.



Şekil 3. Ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluğu ortalaması ± standart hataları. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Duncan ortalamaları ayırma testine göre $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.



Şekil 4. Gelişim çağına göre ağaç bileşenlerinin karbon yoğunluğu ortalaması ± standart hataları. Her grafik içerisindeki aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Duncan ortalamaları ayırma testine göre $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Ağaç bileşenleri arasında karbon yoğunluğu en yüksek yaprakta (%50,5) bulunmuştur (Çizelge 2; Şekil 3). Doğu kayınında yaprak karbon yoğunluğuna ilişkin bu oran Sinop'ta %46,0 (Kahyaoglu, 2017), Giresun'da %46,46 (Erkut, 2013) olarak belirlenmiştir. Araştırmamızda dal odunu karbon yoğunluğu (%49,97) ile yaprak karbon yoğunluğu arasında istatistiksel bakımdan anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Doğu kayınında dal odunu karbon yoğunluğuna ilişkin bu oran Sinop'ta %47,20 (Kahyaoglu, 2017), Giresun'da %47,71 (Erkut, 2013) olarak belirlenmiştir. Yaprak ve dal karbon yoğunluğuna ait bulgular genel olarak değerlendirildiğinde araştırma bulgularımızın diğer çalışmalardan daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Bu durumun yetişme ortamı özellikleri ile örnekleme zamanı ve örnekleme yöntemleri arasındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, ağaç bileşenleri arasında en önemli karbon havuzu olan gövde odununun karbon yoğunluğu %48,88 bulunmuştur (Çizelge 2; Şekil 3). Doğu kayınında gövde odunu karbon yoğunluğu Sinop'ta %47,8 (Kahyaoglu, 2017), Giresun'da %46,15 (Erkut, 2013) olarak belirlenmiştir. Gövde odununun karbon yoğunluğuna ait bulgularımızın diğer

çalışmalardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Araştırmamızda kök karbon yoğunluğu %49,6 bulunmuştur (Çizelge 2; Şekil 3). Trabzon'da doğu kayını üzerine yapılan bir çalışmada, kök karbon yoğunluğu %20,1-41,6 arasında bulunmuştur (Mısır ve Mısır, 2013). Kök odunu karbon yoğunluğuna ait bu bulguların araştırma bulgularımızdan oldukça düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Gövde ve kök odunu karbon yoğunluğuna ait bu farklılıkların büyük oranda yetişme ortamı özellikleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.3 Ağırlıklı karbon yoğunluğu

Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanları için ağırlıklı karbon yoğunluğu toprak üstü ağaç kütlesi için %49,15, tüm ağaç kütlesi için %49,27 olarak hesaplanmıştır.

Türkiye'de farklı ağaç türleri üzerinde yapılan çalışmalarda, tüm ağaç kütlesine ait ağırlıklı karbon yoğunluğu, doğal sarıçam ormanları için %52,46 (Çömez, 2012) ve %52,37 (Erkan ve Güner, 2018); Kazdağı göknarı ormanları için %52,15 (Güner, 2019); karaçam ağaçlandırmaları için %53,86 (Güner ve Çömez, 2017); Toros sediri ağaçlandırmaları için %51,27

(Karataş ve ark., 2017); fıstık çamı ağaçlandırmaları için %50,32 (Tolunay ve ark., 2017); sahil çamı ağaçlandırmaları için %51,44 (Güner ve ark., 2019); doğal fıstık çamı ormanları için %54,07 (Tunçkol ve Güner, 2022) ve kızılçam ormanları için ise %51,77 (Güner ve Çömez, 2022) olarak belirlenmiştir.

AFOLU kılavuzu, karbon envanter raporlamalarında türlere özgü bir araştırma bulunmaması durumunda, yapraklı türler için karbon yoğunluğunun %48 olarak alınmasını önermektedir (IPCC, 2006). Öte yandan, gövde odunu dışındaki ağaç bileşenlerinin karbon yoğunlukları, birçok ormancılık sektörü karbon bütçesi hesaplamalarında dikkate alınmamaktadır. Ancak, önceki çalışmalar (Çömez, 2012; Güner ve Çömez, 2017; Güner ve Çömez, 2022) ve bu araştırmanın bulguları, ağaç bileşenlerinin karbon yoğunluklarının birbirinden oldukça farklı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, ağaç bileşenlerinin ağırlıklı karbon yoğunlukları dikkate alınarak bulunan katsayılar, daha hassas bir hesaplama sağlayacaktır.

4. Sonuç

Bu çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında karbon yoğunluğunun meşcere gelişim çağlarına ve ağaç bileşenlerine göre önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Karbon yoğunluğu, d çağındaki meşcerelerde en yüksek düzeyde (%50,27) bulunmuştur. Ağaç bileşenleri arasında ise en düşük karbon yoğunluğu kabukta (%47,99), en yüksek karbon yoğunluğu ise yaprakta (%50,50) tespit edilmiştir. Doğal doğu kayını ormanları için ağırlıklı karbon yoğunluğu, toprak üstü ağaç kütlesi için %49,15, tüm ağaç kütlesi için ise %49,27 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, doğu kayını üzerine diğer bölgelerde yapılan araştırma sonuçlarından farklılık göstermektedir. Daha güvenilir bir karbon envanteri oluşturulabilmesi için, ağaç türlerinin karbon içeriklerinin yöresel araştırmalarla belirlenmesi, tüm ağaç için kullanılacak ağırlıklı karbon yoğunluklarının hesaplanması ve karbon hesaplamalarında ağaç bileşenlerinin kütle oranlarının dikkate alınması önerilmektedir. Çalışmanın bulguları, doğu kayını ormanlarının karbon depolama kapasitesinin değerlendirilmesinde ve iklim değişikliği ile mücadelede yönelik yaklaşımların geliştirilmesinde önemli bir temel sunmaktadır.

Teşekkür

Bu araştırma, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından "Batı Karadeniz Bölgesindeki doğu kayını ormanlarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının değişimi (1919B01222516)" isimli proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

Amoo, L.M., Fagbenle, R.L., 2020. Climate change in developing nations of the world, In: R.O. Fagbenle, O.M. Amoo, S. Aliu, A. Falana (Eds.), Applications of heat, mass and fluid boundary layers, Woodhead Publishing, pp. 437–471.

Anşın, R., Özkan, Z.C., 1997. Spermatophyta (Tohumlu Bitkiler). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No. 167, Trabzon.

Atalay, İ., 1992. Kayın Ormanlarının Ekolojisi ve Tohum Transfer Yönünden Bölgelere Ayrılması. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayını, Ankara.

Atalay, İ., Mortan, K., 1997. Türkiye Bölgesel Coğrafyası. İnkılap Yayınevi, İstanbul.

Bert, D., Danjon, F., 2006. Carbon concentration variation in the roots, stem and crown of mature *Pinus pinaster* (Ait.). Forest Ecology and Management, 222, 279-295.

Chaudhry, S.M., Ahmed, R., Shafiullah, M., Huynh, T.L.D., 2020. The impact of carbon emissions on country risk: Evidence from the G7 economies. Journal of Environmental Management, 265, 110533.

Çömez, A., 2012. Sündiken Dağları'ndaki (Eskişehir) Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi. Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayını, Eskişehir.

Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., Wisniewski, J., 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science, 263(5144), 185–190.

Erkan, N., Güner, Ş.T., 2018. Determination of carbon concentration of tree components for Scotch pine forests in Türkmen Mountain (Eskişehir, Kütahya) Region. Forestist, 68(2), 87-92.

Erkut, S., 2013. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü Saf Kayın Meşcerelerinin Ekosistem Bazında Karbon Depolama Kapasitesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.

Erinç, S., 1965. Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayını, İstanbul.

Güner, S., Yagci, V., Tilki, F., Celik, N., 2010. The effects of initial planting density on above- and below-ground biomass in a 25-year-old *Fagus orientalis* Lipsky plantation in Hopa, Turkey. Scientific Research and Essays, 5(14), 1856-1860.

Güner, Ş.T., Çömez, A., 2017. Biomass equations and changes in carbon stock in afforested black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) stands in Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 26(3), 2368–2379.

Güner, Ş.T., 2019. Changes in carbon concentration of tree components for Kazdağ fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) forests. Fresenius Environmental Bulletin, 28(1), 116-123.

Güner, Ş.T., Özel, C., Türkkan, M., Akgül, S., 2019. Türkiye'deki sahilçamı ağaçlandırmalarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının değişimi. Ormancılık Araştırma Dergisi, 6(2), 167-176.

Güner, Ş.T., Çömez, A., 2022. Carbon Concentration in Tree Components of Mature *Pinus brutia* Ten. Forests in the Marmara Transition Zone. Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty, 22(3), 193–201.

IPCC. 2003. Good Practise Guidance For Land Use, Land-use Change and Forestry, In: IGES, Eds. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishy, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., Wagner, F., IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html (accessed 17.02.2017).

- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, In: IGES, Japan (Eds.: H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> (accessed 04.01.2016).
- IPCC., 2023. Summary for Policymakers. In Core Writing Team, H. Lee, J. Romero (Eds.), Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 1-34).
- Kahyaoglu, N., 2017. Sinop Yöresi Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarının Toprak Üstü Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Karataş, R., Çömez, A., Güner, Ş.T., 2017. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi. Ormancılık Araştırma Dergisi, 4(2), 107-120.
- Lackner, M., Sajjadi, B., Chen, Y., 2022. Introduction to climate change mitigation and adaptation, In: M. Lackner, B. Sajjadi, W.Y. Chen (Eds.), Handbook of climate change mitigation and adaptation (3rd ed), Springer, pp. 3-21.
- Lamloom, S.H., Savidge, R.A., 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. Biomass and Bioenergy, 25, 381-388.
- Laiho, R., Laine, J., 1997. Tree stand biomass and carbon content in an age sequence of drained pine mires in southern Finland. Forest Ecology and Management, 93, 161-169.
- Makineci, E., Ozdemir, E., Caliskan, S., Yilmaz, E., Kumbasli, M., Ketten, A., Beskardes, V., Zengin, H., Yilmaz, H., 2015. Ecosystem carbon pools of coppice-originated oak forests at different development stages. European Journal of Forest Research, 134(2), 319-333.
- MGM., 2025. Meteorolojik Veri. <https://www.mgm.gov.tr/> (Erişim tarihi: 05 Mart 2025).
- Mısır, M., Mısır, N., 2013. Root biomass and carbon storage for *Fagus orientalis* Lipsky. (Northeastern Anatolia). International Journal of Education and Research, 1(4), 1-8.
- OGM, 2021. Türkiye Orman Varlığı 2020. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Özbayram, A.K., Güvendi, E., 2016. Sinop yöresi doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde kalın kök kütlesi ile yetiştirme ortamı ve meşcere özellikleri arasındaki ilişkiler. Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 12(2), 27-33.
- Saraçoğlu, N., 1998. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) biyokütle tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22, 93-100.
- Serengil, Y., 2018. İklim Değişikliği ve Karbon Yönetimi. Tarım/Orman ve Diğer Arazi Kullanımları. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SPSS, 2015. SPSS 22.0 Guide to Data Analysis. published by Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Thomas, S.C., Malczewski, G., 2007. Wood carbon content of tree species in Eastern China: Interspecific variability and the importance of the volatile fraction. Journal of Environmental Management, 85, 659-662.
- Tolunay, D., Makineci, E., Şahin, A. Özturk, A.G., Pehlivan, S., Abdelkaim, M.A., 2017. İstanbul-Durusu Kumul Alanlarındaki Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ve Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) Ağaçlandırmalarında Karbon Birikimi. TÜBİTAK TOVAG Proje Nu: 114O797, İstanbul.
- Tunçkol, B., Aksoy, N., Çoban, S., Zengin, H., 2020. Diversity and ecology of forest communities in Küre Mountains National Park of Turkey. Bosque, 41(3), 289-305.
- Tunçkol, B., Güner, Ş.T., 2022. Determination of carbon concentration of tree components for stone pine forests in the Marmara Region. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 24(2), 315-323.
- Tufekcioglu, A., Guner, S., Tilki, F., 2005. Thinning effects on production, root biomass and some soil properties in a young oriental beech stand in Artvin, Turkey. Journal of Environmental Biology, 26(1), 91-95.
- Ünal, M., 2023. Bartın Çayı Havzası'nın Toprak Coğrafyası. Gazi Kitabevi. Ankara.



Insect fauna of Korugöl Natural Park, Düzce

Beşir Yüksel ¹, Nuray Öztürk ^{1*}, Esra Türkoğlu ¹

¹Düzce University, Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Düzce, Türkiye

ARTICLE INFO

Received: 03/01/2025

Accepted : 08/03/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1612827>

*Corresponding author:

nurayozturk@duzce.edu.tr

ABSTRACT

Research Article

Background and aims This study aimed to conduct a preliminary survey of insect species in Korugöl Natural Park from August to November 2024. The study area was located in Düzce province of the Western Black Sea Region of Türkiye.

Methods Trap trees and visual inspection methods were used, then adult, nymph, and larvae samples were collected by hand and photographed on host plants.

Results In total, 5 orders, 21 families, and 31 species were identified in this study.

Conclusions These species include exotic alien species, economically important pests, predators, and parasitoid species.

Key Words: Insect, Natural areas, Taxonomy, Türkiye

Düzce, Korugöl Tabiat Parkı böcek faunası

ÖZ

Giriş ve Hedefler Bu çalışmanın amacı, 2024 yılı Ağustos - Kasım tarihleri arasında Korugöl Tabiat Parkı'ndaki böcek türlerinin ön sürveyini yapmaktır. Çalışma alanı Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nin Düzce ilinde yer almaktadır.

Yöntemler Tuzak ağaçları ve görsel inceleme yöntemleri kullanılmış, ardından ergin, nimf ve larva örneklerinin konukçu bitkiler üzerinde fotoğrafları çekilerek elle toplanmıştır.

Bulgular Bu çalışmada toplamda 5 takım, 21 familya ve 31 tür tespit edilmiştir.

Sonuçlar Bu türler arasında egzotik yabancı, ekonomik açıdan önemli zararlı, predatör ve parazitoid türler bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Böcek, Doğal alanlar, Taksonomi, Türkiye

Citing this article:

Yüksel, B., Öztürk, N., Türkoğlu, E., 2025. Insect fauna of Korugöl Natural Park, Düzce. Anatolian Journal of Forest Research, 11(1), 45-49.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Introduction

Insects are the largest, most diverse, and dominant group animal of the phylum Arthropoda, with approximately 1.11–1.7 million described species (Roskov et al., 2021; Hébert, 2023; Redak, 2023; Gebremariam, 2024). The Class Insecta is known to account for 75% - 80% of animal species on earth and has existed for at least 400 million years (Hébert, 2023; Gebremariam, 2024). However, it is reported that climate change and several factors have resulted in the decline of insect diversity (Settele and Kühn, 2009; Dicks, et al., 2021; Outhwaite et al., 2022; Jain et al., 2024). Therefore, the insect populations that play a significant role in ecosystem functions need to be monitored regularly. It is also reported that less than 0.5% of the total number of known insect species are considered pests, and these can be a serious threat to people (Sallam, 2000).

Insect species can colonize many habitats, harm the environment, damage vegetables, animals, and disturb people (Belluco et al., 2023). These harmful organisms can cause direct damage to different plant parts, such as leaves, young shoots, flowers, branches, stems, roots, and fruits. In addition, some insect species can indirectly affect plant health by transmitting plant pathogens from infected plants to healthy hosts (Islam et al., 2020).

It has been reported that know little about the ecology, taxonomy, and diversity of insects in natural environments (Rega-Brodsky et al., 202). In Türkiye, a few studies have been conducted on the insect fauna of National Parks (Oğurlu et al., 2005; Aslan et al., 2008; Sert and Kabalak, 2010; Aslan and Karaca, 2012; Sert et al., 2013; Özdan, 2014; Bostan 2019).

This study aimed to show the richness of Korugöl Natural Park's insect fauna and to contribute to the current knowledge of the Düzce fauna with new data.

2. Materials And Methods

2.1 Study area

The study was carried out in a Natural Park in Düzce province of the Western Black Sea Region (40°48'22"N 31°17'36"E) Korugöl Natural Park, located within the borders of Kaynaşlı District of Düzce province, covers an area of 30.78 hectares. The area was registered as a Natural Park on 11.07.2011. It was changed to "Korugöl Natural Park" with the numbered 3489508 consent of the Ministry on 07.12.2021 (Anonymous, 2024a).

2.2 Field studies

The study materials were collected using trap trees and a visual inspection method during August - November 2024. In the current study, plant materials were examined visually and photographed. Dried, weakened, and felled trees were also used as trap trees. Then all the samples were placed in plastic collecting jars and transported to the laboratory.

2.3 Laboratory studies

The identification and classification of insect samples were examined based on the relevant literature under an Olympus SZ-51 (Olympus, Japan) stereo microscope (Spencer, 1966; Yaşar and Kasap, 1994; Eroğlu, 1995; Aslan, 1997; Bense, 1995; Ortego et al., 1999; Tozlu, 2001; Zenner et al., 2005; Tomanović et al., 2009; Wieczorek, et al., 2011; Kot and Kmiec, 2012; Scott and Yack, 2012; Clymans, 2014; Riba-Flinch, 2014; Sourakov and Paris, 2014; Boone et al., 2015; Li et al., 2016; Xiang et al., 2016; Prous et al., 2019; Seung and Lee, 2019; Boluanger et al., 2019; Mirumian and Skuhrová, 2022; Novoselsky and Rittner, 2023; Anonymous, 2024b; Öztürk et al., 2024).

Table 1. The information on the beetles found at Korugöl Natural Park

Taxonomic level				Host species/"Stage		**M.C.	Date of Collection
Order	Family	Genus	Species				
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Monochamus</i>	<i>Monochamus galloprovincialis</i>	<i>Pinus nigra</i>	A	TT	08-09.11.2024
		<i>Rhagium</i>	<i>Rhagium inquisitor</i>	<i>Pinus nigra</i>	A	TT	08-09.11.2024
	Chrysomelidae	<i>Phratora</i>	<i>Phratora vitellinae</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	20.08.2024
	Coccinellidae	<i>Exochomus</i>	<i>Exochomus nigromaculatus</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
		<i>Coccinella</i>	<i>Coccinella septempunctata</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
	Histeridae	<i>Paromalus</i>	<i>Paromalus parallelepipedus</i>	<i>Pinus nigra</i>	A	TT	09.11.2024
Diptera	Agromyzidae	<i>Hexomyza</i>	<i>Hexomyza schineri</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
	Cecidomyiidae	<i>Aphidoltes</i>	<i>Aphidoltes aphidimyza</i>	<i>Populus tremula</i>	L	VI	18.09.2024
		<i>Harmandiola</i>	<i>Harmandiola tremulae</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
		<i>Hartigiola</i>	<i>Hartigiola annulipes</i>	<i>Fagus orientalis</i>	A/L	VI	18.09.2024
	Tachinidae	<i>Mikiola</i>	<i>Mikiola fagi</i>	<i>Fagus orientalis</i>	A	VI	18.09.2024
		<i>Compsiluroides</i>	<i>Compsilura concinnata</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
Hemiptera	Anthoridae	<i>Anthocoris</i>	<i>Anthocoris nemoralis</i>	<i>Fagus orientalis</i>	A	VI	18.09.2024
	Aphididae	<i>Chaitophorus</i>	<i>Chaitophorus leucomelas</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
			<i>Chaitophorus tremulae</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
		<i>Phyllaphis</i>	<i>Phyllaphis fagi</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
	Cicadellidae	<i>Penthimia</i>	<i>Penthimia nigra</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
	Diktyopharidae	<i>Diktyophara</i>	<i>Diktyophara asiatica</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	19.08.2024
	Pentatomidae	<i>Halyomorpha</i>	<i>Halyomorpha halys</i>	<i>Carpinus betulus/</i>	A/N	VI	08.11.2024
				<i>Corylus avellana</i>			

Table 2. Continued The information on the beetles found at Korugöl Natural Park

Taxonomic level				Host species/Stage		**M.C.	Date of Collection
Order	Family	Genus	Species				
Hymenoptera	Cynipidae	<i>Dryocosmus</i>	<i>Dryocosmus kuriphilus</i>	<i>Castanea sativa</i>	L	VI	03.11.2024
	Formicidae	<i>Dolichoderus</i>	<i>Dolichoderus quadripunctatus</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
	Tenthredinidae	<i>Stauronematus</i>	<i>Stauronematus platycerus</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
Lepidoptera	Drepanidae	<i>Tethea</i>	<i>Tethea or</i>	<i>Populus tremula</i>	L	VI	19.08.2024
	Erebidae	<i>Hyphantria</i>	<i>Hyphantria cunea</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	07-18.09.2024
		<i>Orgyia</i>	<i>Orgyia antiqua</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	07.09.2024
	Gracillariidae	<i>Phyllonorycter</i>	<i>Phyllonorycter comparella</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
			<i>Phyllonorycter sagittella</i>	<i>Populus tremula</i>	L	VI	07.09.2024
	Geometridae	<i>Scopula</i>	<i>Scopula floslactata</i>	<i>Populus tremula</i>	L	VI	19.08.2024
	Notodontidae	<i>Clostera</i>	<i>Clostera pigra</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	18.09.2024
	Tortricidae	<i>Ancylis</i>	<i>Ancylis laetana</i>	<i>Populus tremula</i>	A	VI	07.09.2024
		<i>Eulia</i>	<i>Eulia ministrana</i>	<i>Fagus orientalis</i>	A	VI	18.09.2024

* Abbreviation A: Adult, L: Larvae, N: Nymph; ** M.C.: Method of Collection, TT: Trap Tree, VI: Visual Inspection

3. Results and Discussion

In total, 31 species in 21 families of the 5 orders were identified in Korugöl Natural Park. The information on the beetles found in Korugöl Natural Park is given in Table 1. The most abundant order was Lepidoptera (9 species), followed by Hemiptera (7 species), Coleoptera (6 species), Diptera (6 species), and Hymenoptera (3 species) (Figure 1). A total of 28 species were captured with visual inspection, and 3 species were captured in trap tress. Among these species *Hyphantria cunea* Drury, 1773, *Halyomorpha halys* Stal, 1855, and *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 were considered exotic alien species for Türkiye.

The above-mentioned species, *Phratora vitellinae* Linnaeus, 1758 is considered an economically important pest of young willows and poplars (Urban, 2006). *Phyllaphis fagi* Richards, 1973 is a serious pest in European beech forests (Kot and Kmiec, 2012). *Chaitophorus tremulae* Koch, 1854, and *Chaitophorus leucomelas* Koch, 1854, are important pests of poplar trees (Yaşar and Kasap, 1994; Tozlu, 2001). The main host plants of both *Stauronematus platycerus* Hartig, 1840, and *Phyllonorycter comparella* Duponchel, 1843 are *Populus* spp. (Szöcs et al., 2015; Prous et al., 2019). *Clostera pigra* Hufnagel, 1766, is also known to be a forest pest (Şimşek et al., 2010).

Exochomus nigromaculatus Goeze, 1777 has been recorded as a predator against the globose scale (Karacaoğlu et al., 2024). *Paromalus parallelepipedus* Herbst, 1791 is known as a predator of bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) (Sarıkaya and Avcı, 2009; Cebeci and Baydemir, 2018). *Aphidoletes aphidimyza* Rondani, 1847 is used as a pest control in commercial greenhouse crops (Turanlı and Yoldaş, 2002; Boluanger et al., 2019). *Compsilura concinnata* Meigen, 1824 is one of the most commonly used exotic parasitoids against to *Leucoma salicis* L., *Euproctis chrysorrhoea* L., and *Lymantria dispar* L. (Eroğlu, 1995). *Anthocoris nemoralis* Fabricius, 1794 is one of the most important predators of Psyllidae (Hemiptera: Sternorrhyncha) (Yanık and Uğur, 2005).

3. Conclusions

This study is a preliminary detective survey aimed at rapid sampling of the insect fauna of Korugöl Nature Park in the Düzce province of Türkiye. In the current study, two collecting methods, including trap trees, and visual inspection method were used. The insect fauna of this region was previously

unknown, but the survey revealed the presence of 31 species belonging to 5 orders. The insect biodiversity of Korugöl Nature Park can be revealed by periodic sampling and different collection methods in future insect research studies.

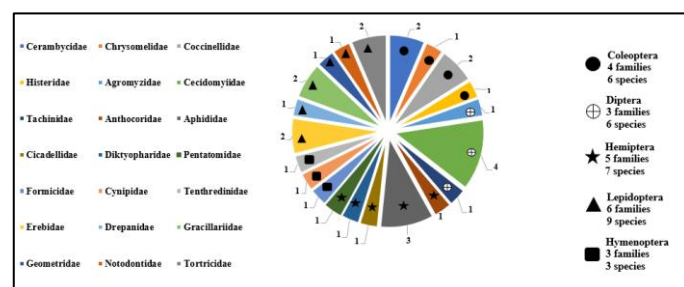


Figure 1. Number of insect species, insect orders, and families at the study area

References

- Anonymous, 2024a. Düzce - Korugöl Tabiat Parkı. <https://bolge9.tarimorman.gov.tr/Menu/70/Duzce-Kurugol-Tabiat-Parki> (accessed 2024.10.10).
- Anonymous, 2024b. *Harmandiola tremulae* (Winnertz, 1853). Plant Parasites of Europe. <https://bladmineerders.nl/parasites/animalia/arthropoda/insecta/diptera/nematocera/cecidiomyiidae/cecidiomyiinae/cecidiomyiidi/cecidiomyiidi-unplaced/harmandiola/harmandiola-tremulae/> (accessed 2024.10.10).
- Aslan, İ., 1997. Erzurum ilinde söğüt (*Salix* spp.) ve kavak (*Populus* spp.) zararlısı yaprak böcekleri (Coleoptera, Chrysomelidae). Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 47, 81-88. (in Turkish).
- Aslan, B., 2008. Kasnak meşesi tabiatı koruma alanında (İsparta) farklı habitatlarda çukur tuzak yöntemi ile yakalanan Carabidae ve Tenebrionidae (Coleoptera) türleri ile biyolojik çeşitlilik parametrelerinin karşılaştırması. Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science, 3(2), 122-132. (in Turkish).
- Aslan, B., Karaca, I., 2012. Insect fauna of Kovada Lake National Park Basin (Isparta, Turkey). Turkish Journal of Entomology, 36(4), 473-489.
- Belluco S, Bertola M, Montarsi F, Di Martino G, Granato A, Stella R, Martinello M, Bordin F, Mutinelli F., 2023. Insects and Public Health: An Overview. Insects, 14(3), 240.

- Bense, U., 1995. Longhorn beetles: illustrated key to the Cerambycidae an Vesperidae of Europe. Margraf Verlag, Weikersheim, Tyskland.
- Boulanger, F. X., Jandricic, S., Bolckmans, K., Wäckers, F. L., Pekas, A., 2019. Optimizing aphid biocontrol with the predator *Aphidoletes aphidimyza*, based on biology and ecology. Pest management science, 75(6), 1479-1493.
- Boone, C. K., Grégoire, J. C., Drumont, A., 2015. Cerambycidae attracted to semiochemicals used as lures for *Monochamus* spp. in the Sonian Forest, Brussels-Capital Region, Belgium (Insecta: Coleoptera). Bulletin de la Société royale belge d'Entomologie/Bulletin van de Koninklijke Belgische Vereniging voor Entomologie, 151, 122-133.
- Bostan, K., 2019. 26 Ağustos Tabiat Parkı (Afyonkarahisar) yaprak böcekleri (Coleoptera: Chrysomelidae) faunası. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta. (in Turkish).
- Boulanger, F. X., Jandricic, S., Bolckmans, K., Wäckers, F. L., Pekas, A., 2019. Optimizing aphid biocontrol with the predator *Aphidoletes aphidimyza*, based on biology and ecology. Pest management science, 75(6), 1479-1493.
- Cebeci, H. H., Baydemir, M., 2018. Predators of bark beetles (Coleoptera) in the Balıkesir region of Turkey. Revista Colombiana de Entomologia, 44(2), 283-287.
- Clymans, R., 2014. Het belang van spinnen in de biologische bestrijding van perenbladvlo (*Cacopsylla pyri*) in het voor- en najaar. Master Thesis, University of Leuven, Belgium.
- Dicks, L. V., Breeze, T. D., Ngo, H. T., Senapathi, D., An, J., Aizen, M. A., ... Potts, S. G., 2021. A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. Nature Ecology & Evolution, 5(10), 1453-1461.
- Eroğlu, M., 1995. *Compsilura concinnata* (Meigen) (Diptera, Tachinidae)'nın *Euproctis chrysorrhoea* (L.) (Lepidoptera, Lymantriidae) üzerindeki gelişimi ve etkinliğinin araştırılması. Türkiye Entomoloji Dergisi, 19(3), 169-176. (in Turkish).
- Gebremariam, H. G., 2024. A systematic review of insect decline and discovery: trends, drivers, and conservation strategies over the past two decades. Psyche: A Journal of Entomology, 2024(1), 5998962.
- Hébert, C., 2023. Forest Arthropod Diversity, in: Forest Entomology and Pathology: Volume 1: Entomology. Cham: Springer International Publishing, pp. 45-90.
- Islam, W., Noman, A., Naveed, H., Alamri, S. A., Hashem, M., Huang, Z., Chen, H. Y., 2020. Plant-insect vector-virus interactions under environmental change. Science of the Total Environment, 701, 135044.
- Jain, A., Cunha, F., Bunsen, M., Pasi, L., Viklund, A., Larrivé, M., Rolnick, D., 2024. A machine learning pipeline for automated insect monitoring. arXiv preprint arXiv:2406.13031.
- Karacaoğlu, M., Keçeci, M., Pamuk, D., 2024. An investigation on the side effects of some pesticides against the predatory insect *Exochomus nigromaculatus* (Coleoptera: Coccinellidae) under laboratory conditions. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 27(1), 152-158.
- Kot, I., Kmiec, K., 2012. Study on intensity of infestation, biology and harmfulness of woolly beech aphid (*Phyllaphis fagi* L.) on *Fagus sylvatica* (L.). Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus, 11(1), 3-11.
- Li, W., Huo, L., Wang, X., Chen, X., Ren, S., 2016. The genera *Exochomus* Redtenbacher, 1843 and *Parexochomus* Barovsky, 1922 (Coleoptera: Coccinellidae: Chilocorini) from China, with descriptions of two new species. The Pan-Pacific Entomologist, 91(4), 291-304.
- Mirumian, L., Skuhravá, M., 2022. The gall midges (Diptera: Cecidomyiidae) of Armenia. 2. New records of occurrence. Acta Societatis Zoologicae Bohemicae, 85, 23-34.
- Novoselsky, T., Rittner, O., 2023. The first interception record of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae: Pentatominae), an invasive true bug and serious threat, in Israel. Israel Journal of Entomology, 52, 57-61.
- Ortego, J., Astorga, O., Sevilla, M., 1999. Reciente introducción a la Argentina de *Chaitophorus leucomelas* (Hemiptera: Aphididae-Salicaceae) que afecta a los álamos. Multequina, (8), 131-134.
- Oğurlu, İ., Gündoğdu, E., Sarıkaya, O., 2005. Gölcük Tabiat Parkı faunası üzerine gözlemler. Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, ss. 615-621.
- Outhwaite, C. L., McCann, P., Newbold, T., 2022. Agriculture and climate change are reshaping insect biodiversity worldwide. Nature, 605(7908), 97-102.
- Özdan, A., 2014. Gelincik dağı tabiat parkı ve Kovada gölü milli parkı (Isparta) Ichneumonidae (Hymenoptera) faunası. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta. (in Turkish).
- Öztürk, N., Yüksel, B., Baysal, İ., Akbulut, S., 2024. The determination of harmful Hymenoptera and Lepidoptera species in forest nurseries in the Western Black Sea Region of Türkiye. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 24(1), 92-103.
- Prous, M., Liston, A., Kramp, K., Savina, H., Vårdal, H., Taeger, A., 2019. The West Palaearctic genera of Nematinae (Hymenoptera, Tenthredinidae). ZooKeys, 875, 63.
- Redak, R. (2023). Introduction to and Importance of Insects, in: Forest Entomology and Pathology: Volume 1: Entomology. Cham: Springer International Publishing, pp. 1-17.
- Rega-Brodsky, C.C., Aronson, M.F., Piana, M.R., Carpenter, E.S., Hahs, A.K., Herrera-Montes, A. et al., 2022. Urban biodiversity: state of the science and future directions. Urban Ecosystems, 25(4), 1083-1096.
- Riba-Flinch, J. M., 2014. Fitxes de Plagues i Malures - 23: *Mikiola fagi* (Diptera: Cecidomyiidae) - Cecidis de les Fulles del Faig (*Fagus sylvatica*). Catalunya Forestal - Consorci Forestal de Catalunya, 121, 29-30.
- Roskov, Y., Ower, G., Orrell, T., Nicolson, D., Bailly, N., Kirk, P.M., Bourgoin, T., DeWalt, R.E., Decock, W., van Nieukerken, E., Zarucchi, J., Penev, L., 2021. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life. Naturalis, Leiden, the The Netherlands.
- Sallam, M. N., 2000. Insect damage: damage on post-harvest. AGSI/FAO, 1-38.
- Sarıkaya, O., Avci, M., 2009. Predators of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) species of the coniferous forests in the Western Mediterranean Region, Turkey. Türkiye Entomoloji Dergisi, 33(4), 253-264.

- Sert, O., Kabalak, M., 2010. A study on the determination of insect fauna in Akdağ Natural National Park. Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 38(4), 295-305.
- Sert, O., Firat, S., Şabanoglu, B., 2013. A Study on Determination of insect fauna of Başkomutan Historical National Park Afyonkarahisar, Turkey. Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 41(3), 259-277.
- Settele, J., Kühn, E., 2009. Insect conservation. Science, 325(5936), 41-42.
- Seung, J., Lee, S., 2019. First report of genus *Paromalus* Erichson, 1834 (Coleoptera: Histeridae) from Korea, with a description of one new species. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 12(2), 181-185.
- Scott, J. L., Yack, J. E., 2012. Vibratory territorial signals in caterpillars of the poplar lutestring, *Tethea or* (Lepidoptera: Drepanidae). European Journal of Entomology, 109(3), 411-417.
- Sourakov, A., Paris, T., 2014. Fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury) (Insecta: Lepidoptera: Arctiidae: Arctiinae). IFAS Extension Bulletin EENY, 486, 1-10.
- Spencer, K. A., 1966. A revision of European species of the genera *Melanagromyza* Hendel and *Hexomyza* Enderlein, with a supplement on the genus *Ophiomyia* Braschnikov (Diptera: Agromyzidae). Beiträge zur Entomologie = Contributions to Entomology, 16(1-2), 3-60.
- Szűcs, L., Melika, G., Thuróczy, C., Csóka, G., 2015. Parasitoid complex of leaf miner *Pyllonorycter comparella* (Lepidoptera, Gracillariidae) in Hungary. Acta Silvatica Et Lignaria Hungarica: An International Journal In Forest, Wood And Environmental Sciences, 11(2), 91-98.
- Şimşek, Z., Nuri, Ö., Kondur, Y., Şimşek, M., 2010. Önemli biyolojik zenginliklerimizden Ilgaz Dağı Milli Parkı (Yenice-Doruk)'nın böcek ve bitki çeşitliliği. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1), 169-174. (in Turkish).
- Tomanović, Ž., Petrovic, A., Kavallieratos, N. G., Starý, P., Tosvski, I., Bogdanović, A. M., 2009. *Areopraon chaitophori* n. sp. (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) associated with *Chaitophorus leucomelas* Koch on poplars, with a key for European *Areopraon* Mackauer species. In Annales de la Société entomologique de France, 45(2), 187-192.
- Tozlu, G., 2001. Sarıkamış (Kars)'ta titrek kavak (*Populus tremula* L.)'ta zarar yapan böcek türlerinin tespiti ve bunlardan bazı önemli türlerin biyolojisi üzerinde çalışmalar. Türkiye Entomoloji Dergisi, 25(2), 133-146. (in Turkish).
- Turanlı, D., Yoldas, Z., 2002. *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae)'nın bazı biyolojik özellikleri üzerinde araştırmalar. Türkiye Entomoloji Dergisi, 26(1), 11-20. (in Turkish).
- Urban, J., 2006. Occurrence, development and economic importance of *Phratora* (= *Phyllodecta*) *vitellinae* (L.) (Coleoptera, Chrysomelidae). Journal of Forest Science, 52(8), 357-385.
- Wieczorek, K., Płachno, B. J., Świątek, P., 2011. Comparative morphology of the male genitalia of Aphididae (Insecta, Hemiptera): part 1. Zoomorphology, 130, 289-303.
- Xiang, J., Du, J., Li, D., Zhen, C., 2016. Functional morphology and structural characteristics of wings of the ladybird beetle, *Coccinella septempunctata* (L.). Microscopy research and technique, 79(6), 550-556.
- Yaşar, B., Kasap, İ., 1994. Kavaklarda zararlı *Chaitophorus leucomelas* Koch. (Homoptera: Chaitophoridae) üzerinde beslenen *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae)'nın sayısal, işlevsel tepkisi ve yaşam çizelgesi. Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 4(1), 1-13. (in Turkish).
- Yanık, E., Uğur, A., 2005. Avcı böcek *Anthocoris nemoralis* (F.) (Heteroptera: Anthocoridae)'in laboratuvar ve doğa koşullarında üreme gücü üzerinde araştırmalar. Turkish Journal of Entomology, 29(2), 111-124. (in Turkish).
- Zenner, G., Stöckmann, M., Niedringhaus, R., 2005. Preliminary key to the nymphs of the families and subfamilies of the German Auchenorrhyncha fauna: (Hemiptera, Fulgoromorpha et Cicadomorpha). Cicadina, 8, 59-78.



Doğu ladininin farklı gövde yüksekliklerinde bulunan geçit tiplerinin boyutları

Davut Bakır ¹, Ayşe Dilek Doğu ^{2*}

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı, Artvin, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşı, Orman Fakültesi, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 16/12/2024

Kabul Tarihi: 08/02/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1602524>

*Corresponding author:

davut.bakir23@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve hedefler Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaygın bir tür olan ve orman endüstrisinde birçok alanda tercih edilen Doğu ladin (Picea orientalis L.) empenyesi güç ağaç türlerindendir. Güç empenye edilen odun türlerinde arzu edilen bir empenye madde alınımının gerçekleştirilebilmesi açısından odunda bulunan ve hücreler arası sıvı maddelerin akışını sağlayan geçitlerin boyutları çok önemlidir. Dolayısıyla, ağaç türlerinin yapısında bulunan farklı geçit

tiplerinin gövde içerisindeki boyutlarına ve boyutsal değişimlerine yönelik veriler elde etmeyi amaçlayan çalışmalara ihtiyaç vardır. Yapılan alışma da bu ihtiyacı giderme amacı taşımaktadır.

Yöntemler Mevcut çalışmada, ağacın dip kısmından ta kısmına doğru farklı geçit tipleri ve onlara ait geçit açıklıklarındaki boyutsal değişimleri belirlemek amacıyla bir ışık mikroskobu vasıtasıyla ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki kenarlı geçitlerin, piceoid tip karşılaşıma yeri geçitlerinin ve enine traheid kenarlı geçitlerinin açıklıkları ve çap boyutlarına yönelik radyal ve teğet çap ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Bulgular Elde edilen sonuçlara göre, ladin diri odun yapısındaki kenarlı geçitler ile geçit açıklık boyutlarının ladin olgun odun yapısındakilere nazaran çok daha yüksek oldukları belirlenmiştir. Bununla beraber, ladin diri odun yapısındaki enine traheid kenarlı geçit açıklık boyutları ve piceoid tip karşılaşıma yeri geçit açıklık boyutlarının ise olgun oduna nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun aksine, ladin olgun odun yapısındaki enine traheid kenarlı geçit çap boyutları ve piceoid tip karşılaşıma yeri geçit çap boyutlarının da diri odundan daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Sonuçlar Doğu ladininde dipten ta kısmına doğru diri ve olgun odun yapısında bulunan tüm farklı tip geçit ve geçit açıklık boyutlarındaki değişimlerin belirli bir düzene ve gövde yüksekliğindeki değişime paralel seyretmediği, gövde boyunca homojen ve dağınık bir boyutsal dağılım gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu yüzden de gövde yüksekliğiyle farklı tip geçit ve geçit açıklık boyutları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler: Enine traheid kenarlı geçitleri, geit boyutları, gövde yüksekliği, karşılaşıma yeri geçitleri, kenarlı geçitler, *Picea orientalis* L.

The dimensions of pit types found at different stem heights of Oriental spruce

ABSTRACT

Background and aims Oriental spruce (*Picea orientalis* L.), a species widely distributed in Turkey's Eastern Black Sea Region and preferred in many areas of the forest industry, is one of the refractory wood species. For such refractory wood species, the dimensions of pits, which facilitate the flow of liquid substances between cells, are highly significant in achieving the desired preservative uptake. Therefore, the studies aimed at obtaining data on the sizes and dimensional variations of different pit types within the tree's stem structure are necessary. The current study aims to meet this need.

Methods In the present study, radial and tangential diameter measurements were carried out using a light microscope to determine the dimensional changes in various pit types and their pit apertures from the base to the crown of the tree. These measurements included the diameters of bordered pits in the longitudinal tracheids, piceoid type cross-field pits, and ray tracheid bordered pits and their pit apertures in sapwood and heartwood portions.

Results Based on the obtained results, it was determined that the sizes of bordered pits and their pit apertures in the sapwood were significantly higher than those in the heartwood. Additionally, the sizes of ray tracheid bordered pits' apertures and piceoid-type cross-field pits' apertures in the sapwood were found to be greater than those in the heartwood. Conversely, the diameters of ray tracheid bordered pits and piceoid-type cross-field pits in the heartwood were higher than those in the sapwood.

Conclusions It was observed that the dimensional changes of different pit types and their pit apertures from the base to the crown in both the sapwood and heartwood portions of Oriental spruce did not follow a consistent pattern or change in parallel with stem height. Instead, they exhibited a heterogeneous and scattered dimensional distribution along the stem. Therefore, no significant relationship was found between the tree stem height and sizes of different pit types and their pit apertures.

Key Words: Ray tracheid pits, pit dimensions, tree height, crossfield pits, bordered pits, *Picea orientalis* L.

Bu makaleye atf:

Bakır, D., Doğu, A.D., 2025. Doğu Ladininin farklı gövde yüksekliklerinde bulunan geçit tiplerinin boyutları. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 50-59



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ağaç malzeme içerisindeki koruyucu maddelerin dağılımını ve fiksasyonunu anlayabilmek için bu maddelerin odun içerisindeki kitlesel akış yollarını anlamak önemlidir. Koruyucu maddelerin odun yapısındaki dağılımı ve nüfuz derinliği koruma performansının etkinliği üzerinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin; emprenye çözeltisi ağaç malzeme içerisine yeterince nüfuz etse bile, odunun anatomik özelliklerinin koruyucu dağılımını etkilemesinden dolayı yeterli koruma sağlanamayabilmektedir (Matsunaga ve ark., 2004). İğne yapraklı ağaç odunlarında kenarlı geçitler hücre içi akışta birincil rolü oynarken, karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid (öz ışını traheidi) kenarlı geçitleri ise ikincil derecede önemlidirler (Wang ve DeGroot, 1996; Hansmann ve ark., 2002; Panigrahi ve ark., 2018). Avrupa ladini (*Picea abies* L. Karst) gibi iğne yapraklı ağaçlarda komşu traheidler arasındaki sıvı akışı kenarlı geçitler ile gerçekleşmektedir (Domec ve ark., 2006; Lehringer ve ark., 2010; Hacke ve ark., 2015; Losso ve ark., 2018). Diğer bir taraftan, koruyucu solüsyonların alınımı büyük ölçüde kenarlı geçitlerin sayısına ve boyutuna bağlıdır (Ahmed ve Chun, 2011). Bu yüzden son zamanlarda geçitlerden kolayca geçebileceği düşünülen mikronize edilmiş bakır formülasyonları da odun korumada kullanılmaya başlanmıştır. Mikronize partiküller, su veya yağda çözünmeyen bakır bileşenlerinin mekanik olarak öğütülmesiyle elde edilmektedir (McIntyre ve Freeman, 2009). Bu partiküllerin boyutları 0,001 ile 2,5 µm aralığındadır. Emprenye tuzlarının iri parçacıklı karakter yapısı ve boyutları, odun hücre çeperlerindeki nüfuz derinliğini ve odunun moleküler bileşenleriyle reaksiyonunu etkileyebilmektedir. Odunun hücrel yapısı içerisine partiküllerin dağılımının homojenliği ve nüfuz edebilme derecesi partikül boyutuyla ters ilişkilidir. Daha büyük partiküller hazırlamak daha kolay olsa da, 2,5 µm'den daha büyük olan partiküller traheidleri doldurabilir ve koruyucu madde alınımını engelleyebilmektedir. Eğer mikronize edilmiş koruyucuların partikül boyutu, boyuna traheid - öz ışını paranzim hücreleri arasındaki pencere tip karşılaşma yeri geçit çapı (tipik olarak 10 µm) ve kenarlı geçit zarlarının (margo) yapısında bulunan açıklıkların ya da boşluk çapından (0,4 ile 0,6 µm) daha küçük olursa mikronize edilmiş koruyucuların oduna tamamen nüfuz etmesi ve üniform bir dağılım göstermesi beklenmektedir (Freeman ve McIntyre, 2008; Kartal ve ark., 2009).

Farklı ağaç türleri üzerinde gerçekleştirilen anatomik çalışmalarda (Köksal ve Kılıç Pekgözlü, 2016) veya bitkinin hidrolik iletkenliği-verimliliği, bitkilerdeki hidrolik süreçlerin belirlenmesi ve odunun hidrolik özelliklerinin tespiti gibi çalışmalarda (Hacke ve ark., 2004; Domec ve ark., 2006; Burgess ve ark., 2006; Domec ve ark., 2008; Pittermann ve ark., 2010; Lazzarin ve ark., 2016; Losso ve ark., 2018) geçit çap ve geçit açıklık boyutlarının ölçülmesine yönelik yapılan incelemelerin genellikle sadece kenarlı geçitlerin çap ve açıklık boyutlarının teğet yönde tespitine yönelik oldukları dikkat çekmektedir. Örneğin; Losso ve ark. (2018) tarafından ağacın veya odunun hidroliği üzerinde anatomik parametrelerin (traheid hidrolik çapı, çeper takviye elemanı, geçit boyutları (geçit açıklığı, geçit zarı ve torus çapları)) ve ilgili fonksiyonel indekslerin (geçit aspirasyonu, margonun esnekliği) etkinliğinin tespiti amacıyla bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen

çalışmada Avrupa ladini (*Picea abies* (L.) Karst.) ağacının ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperleri üzerinde bulunan kenarlı geçit ve geçit açıklık boyutlarının teğet yönde ölçülmesi çalışmalarında ortalama kenarlı geçit çapları 17.83 µm olarak belirlenirken ortalama geçit açıklık çapları ise 4.84 µm olarak ölçülmüştür. Usta ve Hale (2006) yaptıkları çalışmada, iki farklı ladin türü olan Doğu ladini ve Sitka ladini (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) diri odun kısmından elde ettikleri taze ve fırın kurusu haldeki örneklerden yararlanarak geçit aspirasyonu, geçit boyutları ve permeabilite arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Yapılan incelemelerde Sitka ladini ve Doğu ladini arasında kenarlı geçitlerin yapısı ve boyutları değişkenlik göstermiştir. Ay ve Şahin (1998), Doğu ladini olgun ve diri odun kısımlarının iç morfolojik özellikleri bakımından karşılaştırıldığında, kenarlı geçit ve geçit açıklık çaplarının diri odun kısmında daha büyük olduğunu ifade etmişlerdir.

Şahin ve Ay (1999) yaptıkları çalışmada Doğu ladini odununda (diri ve olgun odun kısımları belirtilmemiş) mikroskopik özelliklerin gövde boyunca değişimlerini incelemişlerdir. Bu amaçla da kenarlı geçit çap ve geçit açıklık boyutlarının radyal ve teğet çap uzunluklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca, bahsedilen çalışmada piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarına (piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutları ölçülmemiş) yönelik ölçümlerde gerçekleştirilmiştir. Gövde yüksekliğinin enine (teğet) ve boyuna yöndeki (radyal) geçit çap boyutları üzerine etkisinin belirlendiği çalışma sonuçlarına göre; gövde yüksekliği arttıkça kenarlı geçit çap boyutlarının küçüldüğü, en yüksek değere 2 m gövde yüksekliğinde, en düşük değere ise 12 m gövde yüksekliğinde rastlanıldığı ifade edilmiştir. Kenarlı geçit açıklık boyutlarında ve piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapı boyutlarında ise gövde yüksekliğinin artmasıyla önemli bir değişimin olmadığı belirtilmiştir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda genellikle sadece kenarlı geçitlere yönelik ölçümler yapıldığı görülmektedir. Oysa ki karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitleri odundaki hücre içi akışın sağlanmasında ve emprenye işlemlerindeki koruyucu madde alınımında ikincil derecede rol oynadıkları gibi bitkilerdeki suyun taşınımında, bitkilerde hidrolik direncin, embolilerin veya kavitasyonun oluşmasında da etkili bir role sahip olabilecekleri dikkate alınmalıdır (Qu ve ark., 2022; Song ve ark., 2022). Bu yüzden geçitlerin boyutlarıyla ilgili veya geçit boyutlarıyla ilişkilendirilen çeşitli çalışmalarda odunun anatomik yapısında bulunan tüm geçit tiplerinin çapları ve geçit açıklık boyutlarının tespitine yönelik tamamlayıcı çalışmalara ihtiyaç vardır. Yapılan literatür araştırmasına göre, Doğu ladini diri ve olgun odunu mikroyapısında dipten taç kısmına doğru farklı geçit tiplerinin çapları ve geçit açıklıklarının boyutsal değişimlerinin tespitine yönelik gerçekleştirilen herhangi bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu çalışma, emprenyesi güç yerli ağaç türlerimizden biri olan Doğu ladini odunu üzerinde gerçekleştirilecek anatomik inceleme, emprenye çalışmaları ve ağaç hidroliği çalışmalarında farklı tip geçit ve geçit açıklık boyutlarının gövdenin dip kısmından taç kısmına doğru boyutsal değişimine yönelik önemli veriler sunacaktır. Bu çalışmayla, Doğu ladini diri ve olgun odun kısımlarının ilkbahar odunu tabakasında bulunan farklı geçit tiplerine ait çap ve geçit açıklık boyutlarının ağacın dip kısmından taç kısmına doğru boyutsal değişimleri ilk defa ortaya konulmuş olacaktır.

2. Materyal ve Metot

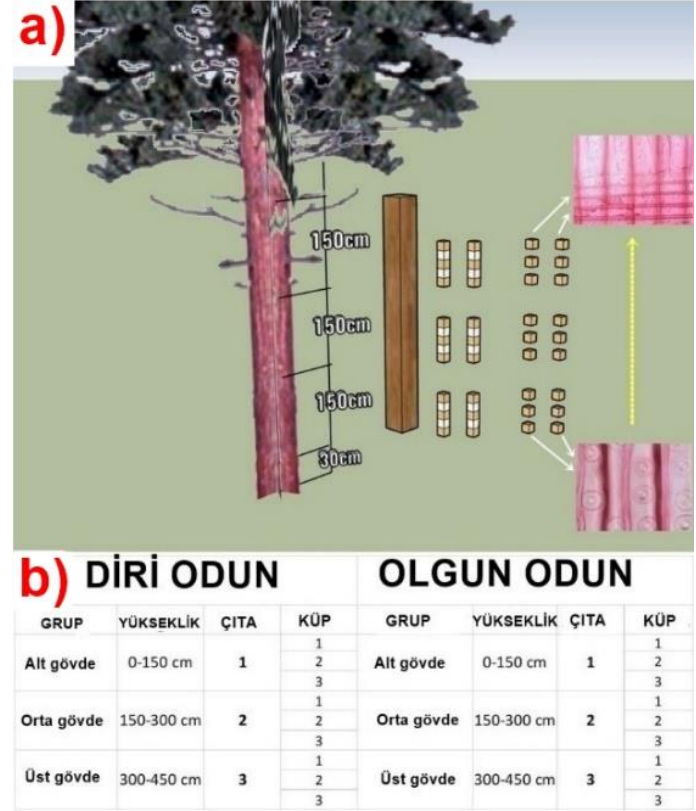
2.1 Odun örneklerinin hazırlanması

Çalışmada kullanılan ve herhangi bir kusur içermeyen ladin odun örnekleri Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Artvin ili sınırları içerisinde yer alan Kafkasör mevkiinde (ortalama yükseltisi 1505 m kuzey bakılı) yetişen 122 ± 5 yaşlarındaki bir adet Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ağaç gövdesinden elde edilmiştir. Doğu ladini kuzey yönü işaretlendikten sonra toprakla temas kısmından itibaren yani çalışmada kullanılmayacak olan yaklaşık 30 cm'lik kütük kısmı toprak içerisinde kalacak şekilde bir motorlu testere yardımıyla kesilerek devrilmiştir. Devrilen ağaç gövdesi üzerinde boyuna yapılan ölçümlere bağlı olarak dipten taç kısmına doğru 0-150 cm (alt gövde), 150-300 cm (orta gövde) ve 300-450 cm (üst gövde) olmak üzere üç yükseklik grubunun her birinden bir adet $10 \times 2 \times 2$ cm³ (uzunluk x genişlik x yükseklik) boyutunda örnek çıta kesilmiştir (Şekil 1). Tüm odun örnekleri (3 adet diri odun ve 3 adet olgun odun çıta örneği; Şekil 1), doğal değişkenliğin etkisini en aza indirmek amacıyla aynı yıllık halkalara denk gelecek şekilde liflere paralel yönde alınmıştır. Burada örneklerin kesimleri yıllık halkaların radyal ve teğet yönleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Doğu ladininde diri ve olgun odun ayırımı; tomruk enine kesiti üzerinde kabuktan öze doğru belirli aralıklarla odun yüzeyinden ölçüm yapabilen bir rutubet ölçer cihazı (GANN Hydromette HT 85 T) ile tespit edilen rutubet farkı esas alınarak ve yeni kesilmiş ladin gövde enine kesitlerinden elde edilen ince disklerin ışığa doğru tutularak saydamlık farkının belirlenmesi (Sandberg, 2009) neticesinde yapılmıştır.

2.2 Mikroskopik incelemeler

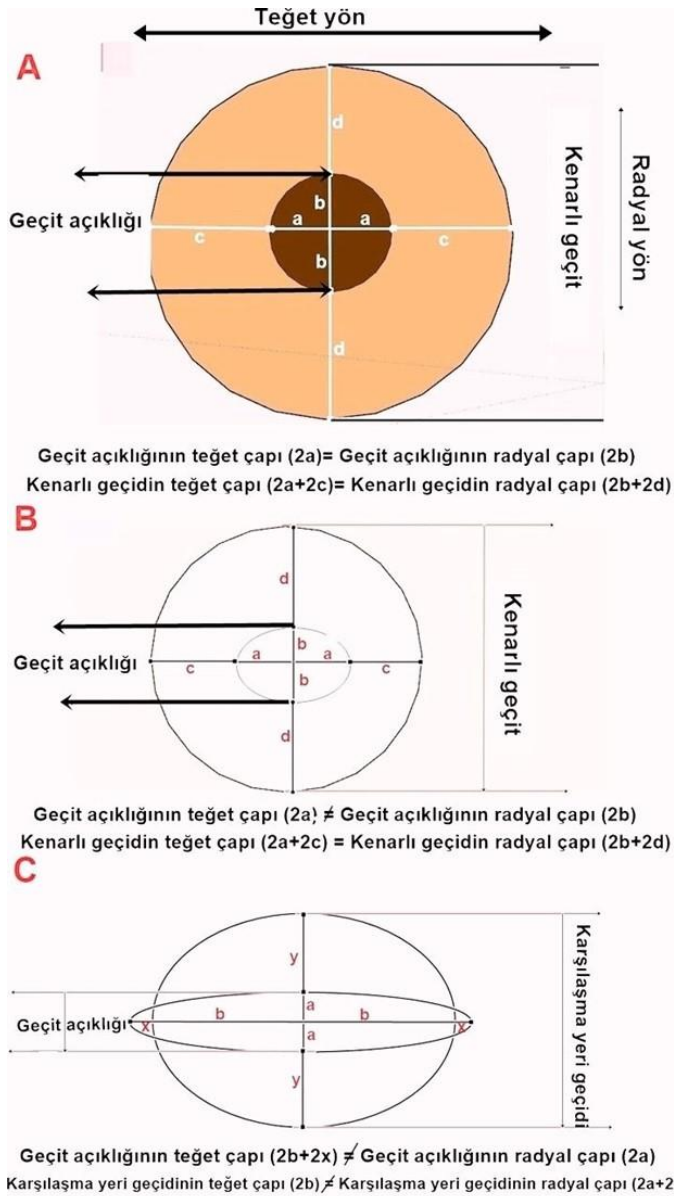
Ladin diri ve olgun odun kısımlarından ayrı ayrı elde edilen farklı gövde yüksekliklerine ait $10 \times 2 \times 2$ cm³ boyutlarındaki toplam 6 adet çitanın her birinden $2 \times 2 \times 2$ cm³ boyutlarında 3'er adet olmak üzere toplamda 18 adet küp elde edilmiştir (Şekil 1). Doğu ladininin dipten taç kısmına doğru 3 farklı yüksekliklerinden elde edilen test örneklerinin mikroyapısındaki farklı tip geçit çaplarının ve bu geçitlere ait açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak değişim gösterip göstermediğinin belirlenmesinde bir ışık mikroskobundan yararlanılmıştır. Mikroskopik incelemeler için yumuşatmak amacıyla oda sıcaklığında suda bekletilen küp şeklindeki test örneklerinden (diri ve olgun odun örnekleri) bir kızaklı mikrotom (SM 2010 R, Leica, Wetzlar, Almanya) yardımıyla 20 µm kalınlığında kesitler elde edilmiştir. Bu kesitler daha sonra %1 lik sulu safranin çözeltisi ile boyanarak ligninleşmiş hücre çeperlerinin (kırmızı) belirgin hale gelmesi sağlanmıştır (Wilcox, 1964). Standart daimi preparat hazırlama prosedürü uygulandıktan sonra mikroskopik kesitler Olympus BX51 ışık mikroskobu (Olympus, Tokyo, Japonya) kullanılarak incelenmiştir. Görüntüler dijital olarak elde edilmiştir. Radyal kesitte geçit çap ve açıklıklarının hem radyal hem de teğet yöndeki çapları x 100 objektifinde ANALYSIS FIVE ver. 5.0 (Endüstriyel mikroskoplar için görüntü analiz yazılımı, Olympus Corporation) ve mikroskoba monte edilerek uyarlanmış bir DP 71 Dijital Kamera (Olympus, Tokyo, Japonya) yardımıyla ölçülmüştür. Bu çalışma kapsamında,

ilkbahar odunu tabakasındaki boyuna traheidlerin radyal çeperlerindeki kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutları, ilkbahar odunu tabakasındaki piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve enine traheid kenarlı geçit çapları ile onlara ait geçit açıklık boyutları ölçülmüştür.



Şekil 1. Doğu ladini gövdesinden alınan odun örnekleri (a) ve örnek gruplarının (b) gösterimi

Ladinde gövde yüksekliğine bağlı olarak diri ve olgun odun kısımlarının ilkbahar odunu tabakasında bulunan farklı geçit tiplerinin çaplarındaki ve geçit açıklıklarındaki boyutsal değişiklikler, elde edilen mikroskopik kesitler üzerinde bir ışık mikroskobu ve görüntüleme cihazı yardımıyla alınan 720 adet mikrografa dayanarak dairesel veya elips şekilli farklı geçit tipleri ve onlara ait geçit açıklıkları dahil olmak üzere toplam 18.316 adet ölçüm yapılarak değerlendirilmiştir. Burada 1 mm² alan içerisinde bulunan farklı geçit tiplerinin, geçit açıklık ve geçit çap boyutları ölçülürken hem radyal (boyuna) hem de teğet (enine) çap ölçümleri (µm) ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Ağaç gövdesinin dip kısmından taç kısmına doğru 3 farklı yükseklikten elde edilen veriler istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 2. Kenarlı geçit (a), enine traheid kenarlı geçidi (b) ve piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları (c) ile bu farklı geçit tiplerine ait geçit açıklık boyutlarının teğet ve radyal çap uzunluklarının ölçülmesi

Çizelge 1. İlkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal çeperleri üzerinde bulunan kenarlı geçit çapları ile geçit açıklık boyutlarının farklı odun kısımlarına bağlı değişimi

Şekil	Odun kısmı	Geçit açıklığı		Geçit çapı
		İlkbahar odunu tabakası		İlkbahar odunu tabakası
		Teğet çap (µm)	Radyal çap (µm)	Teğet çap≅Radyal çap (µm)
Elips	Diri odun	6,67(0,06)a	4,67(0,06)c	18,38(0,10)a
	Olgun odun	4,69(0,06)c	5,46(0,09)b	17,12(0,10)b
Daire	Diri odun	4,80(0,03)a		18,91(0,04)a
	Olgun odun	4,39(0,03)b		17,36(0,04)b

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

2.3 İstatistiksel analiz

İstatistiksel değerlendirmelerde, farklı ölçüm gruplarını karşılaştırmak amacıyla varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Tüm veriler, uygulamalar dahilinde incelenen özelliklerin ortalama değerleri arasında % 95 güven düzeyi esas alınarak elde edilmiştir. Bu kapsamda ölçümlerden elde edilen sayısal verilere dayanarak, bir ladin ağaç gövdesinin diri ve olgun odun kısımları esas alınarak dipten taç kısmına doğru 3 farklı gövde yükseklik grubu dikkate alınarak 1mm² 'lik bir alan içerisindeki kenarlı geçit, piceoid tip karşılaşma yeri geçidi ve enine traheid kenarlı geçit çapları ile bu farklı geçit tiplerine ait geçit açıklıklarının boyutsal değişimleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Gruplar arasında farklılıkların ortaya konulmasında Tukey testi, ortalamaların karşılaştırılmasında ise varyans analizi kullanılmıştır (JMP 5,0 (JMP, 2020)).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Farklı odun kısımları dikkate alınarak yapılan tespitler

3.1.1 Kenarlı geçitler

Ladin diri ve olgun odun örneklerinin hazırlanan preparatlarının radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde boyuna traheid radyal çeperleri üzerinde bulunan tüm kenarlı geçitlerin genellikle dairesel şekilli oldukları görülmüştür. Bununla beraber bazı kenarlı geçit açıklıklarının ise dairesel şekilli oldukları, bazılarının da elips şeklinde oldukları gözlemlenmiştir. Bu yüzden dairesel şekilli kenarlı geçit ve geçit açıklıklarının radyal ve teğet çap uzunlukları birbirleriyle aynı olduklarından ayrı ayrı ölçümler yapılmamıştır (Çizelge 1). Fakat kenarlı geçit açıklıkları elips şeklinde olanların radyal ve teğet çap uzunlukları birbirlerinden farklı olduklarından ölçümler ayrı ayrı yapılarak yine Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 incelendiğinde ladin diri ve olgun odun kısımlarında bulunan kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutları arasındaki fark önemli olup, dairesel kenarlı geçitler ile onların elips ve daire şekilli geçit açıklık boyutlarının diri odun kısmında olgun oduna göre çok daha büyük oldukları belirlenmiştir.

Ay ve Şahin (1998)'de Doğu ladini diri ve olgun odun kısımları üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarından elde ettikleri verilerle bu sonucu desteklemektedirler. Ay ve Şahin (1998) çalışmalarında, diri ve olgun odunda bulunan kenarlı geçitlerin çapları arasındaki farkın önemli olduğunu, kenarlı geçit çapının diri odunda (19,67 μm) olgun oduna (16,74 μm) nazaran daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı şekilde geçit açıklık çaplarının da diri odunda (5,70 μm) olgun odundan (5,07 μm) daha büyük olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilen bu sonuçlar; ağacın ilerleyen yaşlarında diri odunun olgun oduna dönüşmesine bağlı olarak ilgili dönüşümün olgun odun kısmında bulunan kenarlı geçitlerin boyutlarında bir küçülmeye neden olabileceğini veya diri odun kısmındaki su iletkenliğinin diri odunun olgun oduna dönüşmesi esnasında azalmaya başlaması (Bamber, 1987; Sandberg, 2009) neticesinde kenarlı geçitlerde bir daralma-büzüşme etkisi gösteriyor olabileceğini akıllara getirmektedir.

Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlara benzer olarak Usta ve Hale (2006) Doğu ladininin sadece diri odun kısmının ilkbahar odunu tabakasında gerçekleştirdikleri çalışmalarında boyuna traheid kenarlı geçit çaplarını ortalama 17,5 μm , kenarlı geçit açıklık boyutlarını ise ortalama 7,3 μm olarak tespit etmişlerdir. Bahsedilen araştırmacıların çalışmalarında kenarlı geçit çap ve geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı değişimine yönelik bir tespitte bulunmadıkları, ölçümlemleri sadece ağaç gövdesinin göğüs yüksekliğinden (1,3 m) alınan yuvarlak bir diskten elde ettikleri diri odun örnekleri üzerinde gerçekleştirdikleri görülmektedir. Fakat, bazen dairesel bazen de elips şekilli olan kenarlı geçit açıklık boyutlarının belirlenmesinde bahsedilen bu gibi farklı geometrik şekillerin de dikkate alınmamasından dolayı bahsedilen çalışmadan elde edilen diri odun kenarlı geçit açıklık boyutlarıyla ilgili ölçüm sonuçlarının (7,3 μm) mevcut çalışmadan elde edilen diri odun ölçüm sonuçlarıyla (Elips: teğet: 6,67- radyal: 4,67 μm ; Dairesel: teğet $\approx$ radyal: 4,80 μm) kısmende olsa farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Yine mevcut çalışmadan elde edilen kenarlı geçit çap boyutlarıyla (Çizelge 1), Doğu ladini odunu üzerinde gerçekleştirdikleri anatomik incelemeler neticesinde tespit ettikleri ortalama kenarlı geçit çap boyutlarının 19,5 μm olduğunu ifade eden Bozkurt ve ark. (1991) ile ortalama kenarlı geçit çap boyutlarının 17,95 ile 25,64 μm arasında olduğunu ifade eden Topçuoğlu (1985)'nin elde ettikleri ölçümlerin birbirlerine yakın değerler olduğu görülmektedir. Ayrıca, Losso ve ark. (2018) tarafından farklı bir ladin türü olan Avrupa ladini örnekleri üzerinde yapılan teğet yöndeki ölçüm çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilerek ortalama kenarlı geçit çapı 17,83 μm , ortalama geçit açıklık çapı ise 4,84 μm olarak ölçülmüştür.

Diğer bir taraftan, Ay ve Şahin (1998)'in de Doğu ladini odununda kenarlı geçit çap ve geçit açıklık boyutlarının gövde

yüksekliğine bağlı değişimine yönelik bir tespitte bulunmadıkları ve dipten itibaren 2 m yükseklikten kesilen 15 cm'lik disklerden elde edilen örneklerle ait mikroskobik kesitler üzerinde yapılan ölçümlerde diri odunda ortalama kenarlı geçit radyal çapının 17,82 μm , teğet çapının 5,70 μm , radyal kenarlı geçit açıklığının 5,36 μm ve teğet kenarlı geçit açıklığının 5,70 μm olduğunu belirlemişlerdir. Bununla beraber, Doğu ladini olgun odun kısmının ilkbahar odunu tabakasındaki boyuna traheidlerinin ortalama kenarlı geçit radyal çapı 15,24 μm , teğet çapı 16,74 μm , ortalama radyal kenarlı geçit açıklığı 5,01 μm , teğet kenarlı geçit açıklığı ise 5,07 μm olarak tespit etmişlerdir. Burada, Ay ve Şahin (1998)'in çalışmalarında bazen dairesel bazen de elips şekilli olan kenarlı geçit açıklık boyutlarının ölçümlemlerinde hem boyuna (radyal çap uzunluk) hem de enine (teğet çap uzunluk) ölçümler gerçekleştirdikleri yani ölçümlerinde farklı geometrik şekilleri de dikkate aldıkları görülmüştür. Bahsedilen bu çalışmadan elde edilen sonuçların mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlarla (Çizelge 1) çok daha uyumlu oldukları görülmektedir.

3.1.2 Piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri

Ladin diri ve olgun odun örneklerinden hazırlanan preparatların radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde tüm piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile geçit açıklıklarının sadece elips şekilli oldukları görülmüştür. Bu yüzden elips şekilli piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ile onların elips şekilli geçit açıklıklarının radyal ve teğet çapları birbirlerinden farklı olduklarından ölçümler ayrı ayrı yapılarak verilmiştir (Çizelge 2).

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Çizelge 2 incelendiğinde diri ve olgun odun kısımlarında bulunan piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının teğet çap uzunluk ölçümleri arasında fark olmasına rağmen radyal çap uzunluk ölçümleri arasında fark bulunamamıştır. Ladin diri odun mikroyapısındaki piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutlarına ait ortalama teğet çap uzunluk değerinin olgun oduna nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun aksine, ladin olgun odun mikroyapısındaki piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarına ait ortalama teğet çap uzunluk ölçümünün ise diri oduna nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Şahin ve Ay (1999), diri ve olgun odun kısımları ayırt edilmeksizin ladin odunu üzerinde yaptıkları çalışmalarında, piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarına ait ortalama teğet çap uzunluk ölçümünü 4,09 μm , ortalama radyal çap uzunluk ölçümünü ise 4,07 μm olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 2. İlkbahar odunu tabakası piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ile geçit açıklık boyutlarının farklı odun kısımlarına bağlı değişimi

Şekil	Odun kısmı	Geçit açıklığı		Geçit çapı	
		İlkbahar odunu tabakası		İlkbahar odunu tabakası	
		Teğet çap (μm)	Radyal çap (μm)	Teğet çap (μm)	Radyal çap (μm)
Elips	Diri odun	3,69(0,01)a	1,69(0,01)c	5,21(0,21)b	1,69(0,21)c
	Olgun odun	3,48(0,02)b	1,76(0,02)c	5,5(0,22)a	1,76(0,22)c

Elde edilen veriler dikkate alındığında ortalama teğet çap uzunluk ölçümlerinin (Diri odun: 5,21 μm ; Olgun odun: 5,50 μm) Şahin ve Ay (1999)'ın çalışmalarındaki ölçümler (4,09 μm) ile benzer olduğu, ortalama radyal çap uzunluk ölçümlerinin ise (Diri odun: 1,69 μm ; Olgun odun: 1,76 μm) Şahin ve Ay (1999)'ın çalışmalarındaki ölçümlerden (4,07 μm) çok daha düşük oldukları görülmüştür (Çizelge 2). Bozkurt ve ark. (1991)'nın ladin odunu üzerinde radyal veya teğet yönlerine yönelik ölçümlerin ayrı ayrı yapılmadığı görülen çalışmalarından elde ettikleri ortalama piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarına yönelik ölçüm sonuçları (6,73 ile 5,5 μm) ile piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutlarına

yönelik ölçüm sonuçlarının (1,91 μm) mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlarla büyük oranda örtüştüğü görülmektedir.

3.1.3 Enine traheid kenarlı geçitleri

Ladin diri ve olgun odun örneklerinden hazırlanan preparatların radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde tüm enine traheid kenarlı geçitleri ile geçit açıklıklarının sadece dairesel şekilli oldukları görülmüştür. Bu yüzden radyal ve teğet çap uzunlukları birbirleriyle aynı olduklarından ayrı ayrı ölçülmemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. İlkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit çapları ile geçit açıklık boyutlarının farklı odun kısımlarına bağlı değişimi

Şekil	Odun kısmı	Geçit açıklığı	Geçit çapı
		İlkbahar odunu tabakası Teğet çap $\cong$ Radyal çap (μm)	İlkbahar odunu tabakası Teğet çap $\cong$ Radyal çap (μm)
Daire	Diri odun	1,82(0,01)a	6,61(0,03)b
	Olgun odun	1,74(0,01)b	7,15(0,02)a

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Çizelge 3 incelendiğinde hem diri hem de olgun odun kısımlarında bulunan enine traheid kenarlı geçit çaplarının geçit açıklık boyutlarına nazaran daha büyük oldukları anlaşılmaktadır. Diri odundaki enine traheid kenarlı geçit açıklık boyutlarının olgun oduna nazaran daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bunun aksine, olgun odun kısmındaki enine traheid kenarlı geçit çap boyutlarının ise diri oduna nazaran daha büyük olduğu belirlenmiştir. Yapılan literatür araştırmasında mevcut çalışmadan elde edilen enine traheid kenarlı geçit çap ve geçit açıklık boyutlarının ölçümü neticesinde belirlenen değerlerin doğruluğunun kıyaslanabilmesine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu yüzden kıyaslama yapılamamıştır.

Sonuç olarak; ilkbahar odunu tabakasındaki farklı geçit tiplerinin çapları ile onlara ait geçit açıklık boyutlarının farklı odun kısımlarına bağlı değişimine yönelik elde edilen sonuçlar dikkate alındığında kenarlı geçit çap ve açıklık boyutlarının diri odunda olgun oduna nazaran daha büyük olduğu görülmüştür. Piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçit çaplarının olgun odun kısmında diri oduna nazaran daha büyük olduğu, piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutları ile enine traheid kenarlı geçit açıklık boyutlarının ise diri odunda olgun oduna nazaran daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçların (Çizelge 1, 2 ve 3) aynı zamanda ağaçlarda diri odun kısımlarının niçin öz odun veya olgun odun kısımlarına nazaran daha kolay emprenye edilebildiği (Côté, 1963; Wang ve DeGroot, 1996; Hansmann ve ark., 2002; Panigrahi ve ark., 2018) sorusunun cevaplarından birisi olma niteliğini taşıdığı da (özellikle kenarlı geçitlerin hücre içi akışta birincil derecede rol aldığı dikkate alınırsa) görülmektedir.

3.2 Ağaç gövde yüksekliği dikkate alınarak yapılan tespitler

3.2.1 Kenarlı geçitler

3.2.1.1 Kenarlı geçit çapları ile geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak değişimi

Ladin diri ve olgun odun örneklerinden hazırlanan preparatların radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde boyuna traheid radyal çeperleri üzerinde bulunan tüm kenarlı geçitlerin çoğunlukla dairesel şekilli oldukları görülmüştür. Bununla beraber bazı kenarlı geçit açıklıklarının ise dairesel şekilli oldukları, bazılarının da elips şeklinde oldukları gözlenmiştir. Bu yüzden dairesel şekilli kenarlı geçit ve geçit açıklıklarının radyal ve teğet çap uzunlukları birbirleriyle hemen hemen aynı olduklarından ayrı ayrı ölçülmemiştir (Çizelge 4). Fakat kenarlı geçit açıklıkları elips şeklinde olanların radyal ve teğet çap uzunlukları birbirlerinden belirgin derecede farklı olduklarından ayrı ayrı ölçülerek Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 4 ve 5 incelendiğinde ladin diri ve olgun odun mikroyapısındaki dairesel kenarlı geçit çapları ile onların dairesel ve elips şekilli geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak önemli bir değişiklik göstermediği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; dairesel şekilli kenarlı geçit çapları ile onların dairesel ve elips şekilli geçit açıklık boyutlarının dipten taca doğru bazen arttığı bazen ise azaldığı yani kenarlı geçit çap ve açıklıklarındaki boyutsal değişimlerin belirli bir düzene ve gövde yüksekliğindeki değişime paralel seyretmediği tespit edilmiştir. Şahin ve Ay (1999)'ın çalışmalarında Doğu ladin ağacının 2 m yükseklikten alınan gövde kısmında kenarlı geçitlerin radyal çapının 17,82 μm , teğet çapının 19,67 μm , 7 m yükseklikten alınan gövde kısmında kenarlı geçitlerin radyal çapının 17,83 μm , teğet çapının 19,52 μm ve 12 m yükseklikten alınan gövde kısmında kenarlı geçitlerin radyal çapının 17,19 μm , teğet çapının 18,90 μm olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Ladin diri ve olgun odununda ilkbahar odunu tabakasındaki dairesel kenarlı geçit çapları ile onların dairesel geçit açıklık boyutlarının dipten taca doğru değişimi

Odun kısmı	Gövde yüksekliği (cm)	Çıta	Küp	Geçit açıklığı (Dairesel) İlkbahar odunu tabakası		Kenarlı geçit çapı (Dairesel) İlkbahar odunu tabakası	
				Teğet çap $\cong$ Radyal çap (μ m)		Teğet çap $\cong$ Radyal çap (μ m)	
Diri Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	5,16(0,09)ab		19,71(0,13)ab	
			2	4,83(0,08)bcd		18,68(0,12)cd	
			3	4,52(0,08)de		18,55(0,12)d	
	Orta gövde (150-300)	2	1	5,31(0,09)a		19,86(0,14)a	
			2	4,82(0,08)bcde		18,67(0,12)cd	
			3	4,47(0,08)de		18,49(0,13)d	
	Üst gövde (300-450)	3	1	4,68(0,09)cde		19,23(0,13)bc	
			2	5,01(0,08)abc		18,86(0,12)cd	
			3	4,46(0,08)e		18,50(0,12)d	
Olgun Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	4,78(0,07)a		17,64(0,13)b	
			2	4,97(0,06)a		18,22(0,11)a	
			3	4,04(0,06)c		17,31(0,12)bc	
	Orta gövde (150-300)	2	1	4,77(0,07)a		17,28(0,14)bc	
			2	4,04(0,06)c		16,97(0,12)cd	
			3	4,35(0,07)b		16,51(0,12)d	
	Üst gövde (300-450)	3	1	4,08(0,07)bc		17,54(0,13)b	
			2	4,26(0,06)bc		17,30(0,11)bc	
			3	4,21(0,06)bc		17,39(0,12)bc	

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Çizelge 5. Ladin diri ve olgun odununda ilkbahar odunu tabakasındaki dairesel kenarlı geçit çapları ile onların elips şekilli geçit açıklık boyutlarının dipten taca doğru değişimi

Odun kısmı	Gövde yüksekliği (cm)	Çıta	Küp	Geçit açıklığı (Elips) İlkbahar odunu tabakası		Kenarlı geçit çapı (Dairesel) İlkbahar odunu tabakası	
				Teğet çap (μ m)		Teğet çap $\cong$ Radyal çap (μ m)	
Diri Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	7,08(0,19)a	5,44(0,19)c	19,44(0,33)a	
			2	6,71(0,20)a	4,84(0,20)cd	18,81(0,36)ab	
			3	6,52(0,12)a	4,34(0,12)d	17,84(0,21)b	
	Orta gövde (150-300)	2	1	7,20(0,19)a	5,57(0,19)bc	19,66(0,35)a	
			2	6,71(0,20)a	4,84(0,20)cd	18,81(0,36)ab	
			3	6,53(0,12)a	4,34(0,12)d	17,84(0,21)b	
	Üst gövde (300-450)	3	1	7,00(0,19)a	5,36(0,19)c	19,36(0,33)a	
			2	6,53(0,20)ab	4,66(0,20)cd	18,63(0,36)ab	
			3	6,47(0,12)a	4,29(0,12)d	17,79(0,21)b	
Olgun Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	5,06(0,23)cde	6,72(0,44)abc	17,13(0,37)abc	
			2	5,06(0,25)cde	7,83(0,32)a	18,80(0,41)a	
			3	4,18(0,14)ef	6,70(0,23)ab	16,91(0,24)bc	
	Orta gövde (150-300)	2	1	5,00(0,23)cde	5,98(0,23)bc	16,60(0,39)bc	
			2	4,43(0,25)def	4,96(0,25)cde	16,46(0,41)bc	
			3	4,95(0,14)d	3,71(0,22)f	16,60(0,24)c	
	Üst gövde (300-450)	3	1	4,42(0,23)def	5,78(0,35)bcd	17,44(0,37)abc	
			2	5,42(0,25)cd	5,00(0,25)cde	16,58(0,41)bc	
			3	4,50(0,14)def	4,51(0,26)def	17,76(0,24)ab	

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Burada gövde yüksekliği ile birlikte kenarlı geçitlerin boyutlarında azalma olduğunu ifade etmişlerdir. Bunun aksine, kenarlı geçit açıklık boyutlarının ise gövde yüksekliğine bağlı olarak dipten tepe kısmına doğru değişmediğini belirtmişlerdir. Diğer bir taraftan, Losso ve ark. (2018) tarafından Avrupa

ladininin farklı gövde yükseklikleri (5, 6, 8, 10, 20 ve 30 m) üzerinde gerçekleştirilen kenarlı geçit çapı, geçit açıklık çapı ve torus çapı ölçüm çalışmalarından elde edilen sonuçlarda yine bu değerlerin ağaç yüksekliği ile birlikte artan bir eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bunun aksine, Lazzarin ve ark.

(2016) dağ sekoyası (*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) J. Buchh.) üzerinde yaptıkları çalışmada, ağaç yüksekliğindeki artışa bağlı olarak geçit açıklık boyutunda bir azalma olduğunu belirlemiştir.

3.2.2 Piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri

3.2.2.1 Piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak değişimi

Ladin diri ve olgun odun örneklerinin hazırlanan preparatlarının radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde tüm piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile geçit açıklıklarının sadece elips şekilli oldukları görülmüştür. Bu yüzden elips şekilli piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve geçit açıklıklarının radyal ve teğet çap uzunlukları birbirlerinden belirgin derecede farklı olduklarından ayrı ayrı ölçülerek değerlendirilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6 incelendiğinde ladin diri ve olgun odun mikroyapısındaki elips şekilli piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının hem radyal hem de teğet çap

uzunluklarının gövde yüksekliğine bağlı olarak önemli bir değişiklik göstermediği, boyutların dipten taca doğru bazen arttığı bazen ise azaldığı yani belirli bir düzene ve gövde yüksekliğindeki değişime paralel seyretmediği tespit edilmiştir. Benzer şekilde Şahin ve Ay (1999)'da çalışmalarında piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak dipten taç kısmına doğru olan değişimlerinin önemli olmadığını tespit etmişlerdir.

3.2.3 Enine traheid kenarlı geçitleri

3.2.3.1 Enine traheid kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak değişimi

Ladin diri ve olgun odun örneklerinin radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde tüm enine traheid kenarlı geçitleri ile geçit açıklıklarının sadece dairesel şekilli oldukları görülmüştür. Bu yüzden dairesel şekilli enine traheid kenarlı geçitleri ve onların dairesel şekilli geçit açıklıklarının radyal ve teğet çap uzunlukları birbirleriyle aynı olduklarından ayrı ayrı ölçülmemiştir (Çizelge 7).

Çizelge 6. Ladin diri ve olgun odunun ilkbahar odunu tabakasındaki elips şekilli piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının dipten taca doğru değişimi

Odun kısmı	Gövde yüksekliği (cm)	Çıta	Küp	Geçit açıklığı (Elips)		Piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapı (Elips)	
				İlkbahar odunu tabakası		İlkbahar odunu tabakası	
				Teğet çap (µm)	Radyal çap (µm)	Teğet çap (µm)	Radyal çap (µm)
Diri Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	3,29(0,04)b	1,65(0,04)c	4,70(0,05)b	1,65(0,05)c
			2	3,90(0,04)a	1,73(0,04)c	5,48(0,05)a	1,73(0,05)c
			3	3,87(0,04)a	1,70(0,04)c	5,45(0,05)a	1,70(0,05)c
	Orta gövde (150-300)	2	1	3,93(0,04)a	1,76(0,04)c	5,51(0,05)a	1,76(0,05)c
			2	3,24(0,04)b	1,60(0,04)c	4,65(0,05)b	1,60(0,05)c
			3	3,94(0,04)a	1,77(0,04)c	5,51(0,05)a	1,77(0,05)c
	Üst gövde (300-450)	3	1	3,25(0,04)b	1,61(0,04)c	4,66(0,05)b	1,61(0,05)c
			2	3,94(0,04)a	1,77(0,04)c	5,52(0,05)a	1,77(0,05)c
			3	3,82(0,04)a	1,65(0,04)c	5,40(0,05)a	1,65(0,05)c
Olgun Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	3,73(0,04)ab	1,59(0,04)fg	5,26(0,05)c	1,59(0,05)efg
			2	3,81(0,05)a	1,69(0,05)ef	5,73(0,06)a	1,69(0,06)e
			3	3,54(0,04)bcd	1,46(0,04)fg	5,58(0,05)ab	1,46(0,05)efg
	Orta gövde (150-300)	2	1	3,47(0,04)d	1,39(0,04)g	5,51(0,05)abc	1,39(0,05)fg
			2	3,82(0,04)a	1,67(0,04)ef	5,35(0,05)bc	1,67(0,05)ef
			3	3,72(0,05)abc	1,60(0,05)fg	5,65(0,06)a	1,60(0,06)efg
	Üst gövde (300-450)	3	1	3,80(0,05)a	1,89(0,05)e	5,75(0,06)a	3,80(0,06)d
			2	3,47(0,04)cd	1,39(0,04)g	5,51(0,05)abc	1,39(0,05)g
			3	3,68(0,04)abcd	1,53(0,04)fg	5,24(0,05)c	1,53(0,05)efg

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Çizelge 7. Ladin diri ve olgun odununda ilkbahar odunu tabakasındaki enine traheid kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının dipten taca doğru değişimi

Odun kısmı	Gövde yüksekliği (cm)	Çıta	Küp	Geçit açıklığı (Dairesel)	Enine traheid kenarlı geçit çapı (Dairesel)
				İlkbahar odunu tabakası Teğet çap≅Radyal çap (µm)	İlkbahar odunu tabakası Teğet çap≅Radyal çap (µm)
Diri Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	1,90(0,03)ab	6,45(0,08)b
			2	1,67(0,04)d	7,05(0,09)a
			3	1,85(0,03)abc	6,40(0,08)b
	Orta gövde (150-300)	2	1	1,73(0,04)cd	7,11(0,09)a
			2	1,85(0,03)abc	6,40(0,08)b
			3	1,79(0,03)bcd	6,34(0,08)b
	Üst gövde (300-450)	3	1	1,97(0,03)a	6,53(0,08)b
			2	1,70(0,04)cd	7,06(0,09)a
			3	1,80(0,03)bcd	6,34(0,08)b
Olgun Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	1,78(0,03)ab	7,22(0,07)ab
			2	1,66(0,04)b	7,15(0,08)ab
			3	1,72(0,03)ab	7,03(0,06)ab
	Orta gövde (150-300)	2	1	1,69(0,03)b	6,95(0,07)b
			2	1,86(0,03)a	7,30(0,07)a
			3	1,70(0,04)ab	7,19(0,08)ab
	Üst gövde (300-450)	3	1	1,75(0,04)ab	7,22(0,09)ab
			2	1,80(0,03)ab	7,15(0,06)ab
			3	1,70(0,03)b	7,14(0,07)ab

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Çizelge 7 incelendiğinde ladin diri ve olgun odun mikroyapısındaki dairesel şekilli enine traheid kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak yani dipten taca doğru önemli bir değişiklik göstermediği, boyutların dipten taca doğru bazen arttığı bazen ise azaldığı yani bu boyutsal değişimlerin belirli bir düzene ve gövde yüksekliğindeki değişime paralel seyretmediği tespit edilmiştir.

4. Sonuçlar

Doğu ladininin farklı gövde yüksekliklerinde bulunan geçit tiplerinin boyutlarının incelendiği bu çalışma sonucunda kenarlı geçit çap ve açıklık boyutlarının diri odunda, piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile enine traheid kenarlı geçit çaplarının ise olgun odunda daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutları ile enine traheid kenarlı geçit açıklık boyutlarının da yine diri odunda daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Doğu ladininde dipten taç kısmına doğru diri ve olgun odun yapısında bulunan kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutları, piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve geçit açıklık boyutları ile enine traheid kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarındaki değişimlerin belirli bir düzene ve gövde yüksekliğindeki değişime paralel seyretmediği tespit edilmiştir. Bununla beraber odun anatomisi çalışmalarında mikroyapıdaki farklı geçit tipleri ve onların geçit açıklık boyutlarının ölçümlerine yönelik gerçekleştirilecek çalışmalarda geçit ve geçit açıklıklarının geometrik şekillerinin muhakkak dikkate alınması gerektiği anlaşılmıştır. Çünkü bu geometrik şekillere ait radyal ve teğet çap ölçümlerinin genellikle birbirlerine eşit

olmadıkları görülmüştür. Bu yüzden yapılan çalışmalarda ölçümlerin radyal yönde mi yoksa teğet yönde mi gerçekleştirildiği belirtilmelidir. Bu çalışma ile ulusal ve uluslararası literatüre yerli ağaç türlerimizden biri olan Doğu ladininin gövde boyunca diri ve olgun odun kısımlarının mikroyapısında bulunan farklı geçit tiplerinin çap boyutları ve bu farklı geçit tiplerine ait geçit açıklık boyutlarının ölçüm sonuçlarına yönelik veriler sunulmuştur. Bu veriler sayesinde, son yıllarda kullanımı artan özellikle mikronize boyutlardaki yeni nesil empenye maddelerinin Doğu ladini odununda hem liflere paralel hem de liflere dik yönde gerçekleşecek alının miktarlarının yorumlanması da daha kolay olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmada ‘‘Biyolojik Yöntemle Permeabilitesi İyileştirilen Odunun Bazı Özelliklerinin ve Bakır Dağılımının İncelenmesi’’ başlıklı doktora tezindeki bazı verilerden faydalanılmıştır. Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 24880 numaralı projesi ile 1150934 numaralı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Ahmed, S.A., Chun, S.K., 2011. Permeability of *Tectona grandis* L. as affected by wood structure. Wood Science Technology, 45(3), 487-500.
- Ay, N., Şahin, H., 1998. Doğu ladini [*Picea orientalis* (L.) Link.] öz odun ve diri odununun iç morfolojik özelliklerinin

- incelenmesi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22, 203-207.
- Bamber, R. K., 1987. Sapwood and heartwood. Technical publication (Forestry Commission of New South Wales. Wood Technology and Forest Research Division); no. 2. ISBN 0 7240 2067 5 ISSN 0155-7548 ODC 811.5.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin N., 1991. Belgrad ormanında suni olarak yetiştirilmiş Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.)'nin bazı anatomik özellikleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A 41(2), 12-13.
- Burgess, S.O., Pittermann, J., Dawson, T.E., 2006. Hydraulic efficiency and safety of branch xylem increases with height in *Sequoia sempervirens* (D. Don) crowns. Plant Cell and Environment, 29(2), 229-239.
- Côté, W.A., J.R., 1963. Structural factors affecting the permeability of wood. Journal of Polymer Science, Part C No:2, 231-242.
- Domec, J. C., Lachenbruch, B., Meinzer, F.C., 2006. Bordered pit structure and function determine spatial patterns of air-seeding thresholds in xylem of douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*; Pinaceae) trees. American Journal of Botany, 93, 1588-1600.
- Domec, J. C., Lachenbruch, B., Meinzer, F.C., Woodruff, D. R., Warren, J. M., McCulloh, K. A., 2008. Maximum height in a conifer is associated with conflicting requirements for xylem design, The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 105(33), 12069-12074.
- Freeman, H. M., McIntyre, C. R., 2008. A comprehensive review of copper-based wood preservatives with a focus on new micronized or dispersed copper systems. Forest products journal, 58(11), 6-27.
- Hacke, U.G., Sperry, J.S., Pittermann, J., 2004. Analysis of circular bordered pit function II. Gymnosperm tracheids with torus-margo pit membranes. American Journal of Botany, 91(3), 386-400.
- Hacke, U.G., Lachenbruch, B., Pittermann, J., Mayr, S., Domec, J.C., Schulte, P.J., 2015. The hydraulic architecture of conifers. In: Hacke UG (ed) Functional and ecological xylem anatomy. Springer International Publishing, New York, NY, pp 39-75.
- Hansmann, C., Gindl, W., Wimmer, R., Teischinger, A., 2002. Permeability of wood- A review. Wood Research-Drevársky Výskum, 47(4), 1-16.
- JMP Statistical Software, 2020. JMP 1989-2007: Version 5.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Kartal, S. N., Green III, F., Clausen, C. A., 2009. Do the unique properties of nanometals affect leachability or efficacy against fungi and termites?, International Biodeterioration & Biodegradation, 63, 490-495.
- Köksal, S. E., Kılıç Pekgözlü, A., 2016. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Basınç Odununun Mikroskopik Yapısı. Ormancılık Dergisi, 12(1), 72-82.
- Lazzarin, M., Crivellaro, A., Williams, C. B., Dawson, T. E., Mozzi, G., Anfodillo, T., 2016. Tracheid and pit anatomy vary in tandem in a tall *Sequoiadendron giganteum* tree. Journal of International Association of Wood Anatomists (IAWA), 37(2), 172-185.
- Lehringer, C., Hillebrand, K., Richter, K., Arnold, M., Schwarze, F.W.M.R., Militz, H., 2010. Anatomy of bioincised Norway spruce wood. International Biodeterioration and Biodegradation, 64(5), 346-355.
- Losso, A., Anfodillo, T., Ganthaler, A., Kofler, W., Markl, Y., Nardini, A., Oberhuber, W., Purin, G., Mayr, S., 2018. Robustness of xylem properties in conifers: analyses of tracheid and pit dimensions along elevational transects. Tree Physiology, 38, 212-222.
- Matsunaga, H., Matsumura, J. and Oda, K., 2004. X-Ray microanalysis using thin sections of preservative – treated wood, relationship of wood anatomical features to the distribution of copper. IAWA Journal, Vol. 25 (1), 79-90.
- McIntyre, C.R., Freeman, M.H., 2009. Micronized copper. Proceedings American Wood Protection Association, 105: 114-127.
- Panigrahi, S., Kumar, S., Panda, S., Borkataki, S., 2018. Effect of permeability on primary processing of wood. Journal of Pharmacognosy Phytochemistry, 7(4), 2593-2598.
- Pittermann, J., Choat, B., Jansen, S., Stuart, S.A., Lynn, L., Dawson, T.E., 2010. The relationships between xylem safety and hydraulic efficiency in the Cupressaceae: the evolution of pit membrane form and function. Plant Physiology, 153, 1919-1931.
- Qu, W.; Yang, C.; Zhang, J.; Ma, Y.; Tian, X.; Zhao, S.; Yu, W., 2022. Hydraulic Function Analysis of Conifer Xylem Based on a Model Incorporating Tracheids, Bordered Pits, and Cross-Field Pits. Forests, 13(2), 171.
- Sandberg, K., 2009. *Norway spruce heartwood properties related to outdoor use*, Doctoral thesis, Lulea University of Technology, Skelleftea Division of Wood science and technology, ISSN: 1402-1544 ISBN 978-91-86233-60-0.
- Song, Y., Poorter, L., Horsting, A., Delzon, S., Sterck, F., 2022. Pit and tracheid anatomy explain hydraulic safety but not hydraulic efficiency of 28 conifer species. Journal of Experimental Botany, 73(3), 1033-1048.
- Şahin, H., Ay, N., 1999. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) odununda gövde yüksekliğinin iç morfolojik özellikler üzerine etkisi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, Ek sayı: 2, 23, 375-382.
- Topçuoğlu, M., 1985. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Carr.) odununun iç morfolojisi üzerine araştırmalar. Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 134, Ankara.
- Usta, İ., Hale, M.D., 2006. Comparison of the bordered pits of two species of spruce (*Pinaceae*) in a green and kiln-dried condition and their effects on fluid flow in the stem wood in relation to wood preservation. Forestry, 79(4), 467-475.
- Wang, J.Z., DeGroot, R., 1996. Treatability and durability of heartwood. National Conference on Wood Transportation Structures. Madison, WI, USA. pp. 252-260.
- Wilcox, W.W., 1964. Preparation of decayed wood for microscopical examination. Forest Products Laboratory, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Madison, (WI), USA.



Kentsel planlama ve çevresel izleme için fotogrametri tabanlı ağaç modelleme

Abdurahman Yasin Yiğit ^{1*}, Ali Ulvi ^{1,2}

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, 33110, Mersin, Türkiye

²Mersin Üniversitesi, Deniz Araştırmaları ile Hidrografik Ölçmeler ve İnsansız Deniz-Hava Sistemleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, 33110, Mersin, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 02/01/2025

Kabul Tarihi: 11/04/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1611711>

*Corresponding author:

abdurahmanyasinyigit@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Amaçlar Ağaçların fiziksel özelliklerinin doğru ve detaylı bir şekilde belgelenmesi; karbon emilimi, çevresel analizler ve sürdürülebilir şehir planlaması açısından büyük önem taşımaktadır. Geleneksel ölçüm yöntemlerinin zaman alıcı ve maliyetli olması, mobil cihazlarla gerçekleştirilen dijital tekniklerin alternatif bir çözüm olarak değerlendirilmesine neden olmuştur. Bu çalışmanın amacı, düşük maliyetli fotogrametri teknikleri kullanılarak tek bir ağacın üç boyutlu (3B) modelini üretmek ve bu model üzerinden metrik doğruluk analizleri gerçekleştirmektir.

Yöntemler Çalışma, Mersin Üniversitesi kampüsünde konumlanan tek bir ağaç örneği üzerinde yürütülmüştür. Mobil cihaz ile toplam 95 adet fotoğraf çekilmiş; bu görüntüler Agisoft Metashape yazılımı ile Hareketten Yapı (Structure from Motion/SfM) algoritması temelinde işlenerek 3B model üretilmiştir. Modelin ölçeklendirilmesi ve doğruluk analizleri için total-station verileri kullanılmış; koordinat ve uzunluk ölçümleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Bulgular Doğruluk analizinde koordinat verileri için karesel ortalama hata (KOH) 0,022 m, uzunluk verileri için ise 0,0667 m olarak hesaplanmıştır. Ağaç yüksekliği model üzerinden 3,58 m olarak ölçülmüş ve manuel ölçümle yalnızca 6,71 cm fark tespit edilmiştir. Gövde çapı ölçümlerinde ise ortalama fark 8 mm düzeyindedir. Model, ince dallar gibi karmaşık alanlarda sınırlı başarı gösterse de gövde gibi daha yalın yapılarda yüksek doğruluk sağlamıştır.

Sonuçlar Elde edilen sonuçlar, mobil cihazlarla gerçekleştirilen fotogrametri tabanlı 3B modelleme yönteminin; düşük maliyetli, erişilebilir ve oldukça hassas bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Bu yöntem, ormancılık envanteri, kentsel yeşil alan yönetimi ve çevresel izleme gibi birçok alanda etkin bir şekilde kullanılabilir. Çalışma, fotogrametri tekniklerinin geleneksel yöntemlere güçlü bir alternatif sunduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ağaç ölçümleri, sürdürülebilir ormancılık, kentsel ekosistem yönetimi, 3B veri, fotogrametri, hareketten yapı

Effects of some varnishes on the thermal conductivity properties of wood based panels

ABSTRACT

Background and Aims Accurate and detailed documentation of the physical characteristics of trees is of great importance for carbon absorption, environmental analysis, and sustainable urban planning. The time-consuming and costly nature of traditional measurement methods has led to the consideration of digital techniques using mobile devices as an alternative solution. This study aims to generate a three-dimensional (3D) model of a single tree using low-cost photogrammetry techniques and to perform metric accuracy analyses based on this model.

Methods The study was conducted on a single tree specimen located on the campus of Mersin University. A total of 95 photographs were taken using a mobile device, and these images were processed in Agisoft Metashape software using the Structure from Motion (SfM) algorithm to generate a 3D model. For model scaling and accuracy analysis, total station data were utilized, and coordinate and length measurements were evaluated comparatively.

Results The root mean square error (RMSE) was calculated as 0.022 m for coordinate data and 0.0667 m for length measurements. The height of the tree was measured as 3.58 m based on the model, with only a 6.71 cm difference from the manual measurement. The average deviation in trunk diameter measurements was determined to be 8 mm. Although the model showed limited performance in complex regions such as fine branches, it achieved high accuracy in more uniform structures such as the trunk.

Conclusions The results demonstrate that photogrammetry-based 3D modeling using mobile devices offers a low-cost, accessible, and highly accurate solution. This method can be effectively applied in various fields such as forest inventory, urban green space management, and environmental monitoring. The study highlights that photogrammetry techniques provide a strong alternative to traditional measurement methods.

Key Words: Tree measurements, sustainable forestry, urban ecosystem management, 3D data, photogrammetry, structure from motion

Bu makaleye atıf:

Yiğit, A.Y., Ulvi, A., 2025. Kentsel planlama ve çevresel izleme için fotogrametri tabanlı ağaç modelleme. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 60-71.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ağaçlar, ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve çevresel dengenin korunmasında hayati bir rol oynamaktadır (Vinceti et al., 2013; Majeed and Abas, 2023). Karbon emilimi, oksijen üretimi, biyolojik çeşitlilik için habitat sağlama ve gölge gibi faydalarıyla, yaşam kalitemizi doğrudan etkileyen doğal varlıklardır (Temiz Topsakal ve Sağlık, 2024). Bununla birlikte, artan kentleşme ve iklim değişikliği gibi küresel tehditler, ağaçların ekosistem üzerindeki hayati rollerini tehdit etmektedir (Balaban ve ark., 2021). Bu bağlamda, ağaçların fiziksel özelliklerinin doğru ve detaylı bir şekilde belgelenmesi, korunmaları ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmeleri gereklidir (Lindenmayer and Laurance, 2017).

Ağaçların fiziksel özelliklerinin ölçülmesi ve modellenmesi, çevresel analizlerin temel taşıdır (Greve et al., 2012; Lin and Wiegand, 2021). Ancak, geleneksel yöntemlerle ağaç boyu, gövde çapı ve hacim gibi parametrelerin ölçülmesi genellikle zaman alıcı, maliyetli ve hata payı yüksek bir süreçtir (Durrieu et al., 2024). Akarsu (2019), orman kaynakları envanterinde bilgi toplamak için yararlanılan yersel ölçümler oldukça zaman alıcı ve külfetli olduğundan bahsetmiştir. Ayrıca orman envanteri parametrelerinden en önemlilerinden birinin de ağaç boyu olduğu vurgulanmıştır. Bu zorluklar ve kısıtlamalar, ormancılık uygulamaları ve şehir planlaması gibi alanlarda veri doğruluğunu sınırlandırmaktadır. Örneğin, ölçüm sırasında ağaçların tepe ve dip kısımlarının net bir şekilde gözlemlenememesi, ölçüm hassasiyetini düşüren temel bir sorundur. Ayrıca, her ağacın fiziksel ölçümünün yapılması hem iş gücü hem de zaman açısından uygulanabilir bir çözüm olmaktan uzaktır (Fassnacht et al., 2016).

Ölçüm sırasında karşılaşılan zorluklar, genellikle ağaçların doğal yapılarına bağlı olarak tepe ve dip kısımlarının net bir şekilde gözlemlenememesinden kaynaklanır (Freschet and ark., 2021; Lin et al., 2021). Bu durum, özellikle ormancılık uygulamalarında ve şehir planlamasında kullanılan verilerin doğruluğunu sınırlandırmaktadır. Bu sorunlar, teknolojinin sunduğu yeni araç ve tekniklerin araştırılmasını gerektirmektedir (Nitoslawski et al., 2021). Sen ve Day (2005), ortaya koydukları çalışmada, doğanın en önemli unsurlarından biri olan ağaçları, bazı teknikler kullanılarak modellenmiştir. Mevcut yöntemlerin bazıları ortaya çıkış sırasına göre tanımlanmıştır. Ağaçların, biyolojik ve geometrik yapıları göz önüne alınarak önce gövde ve dallanmaları ardından yaprakları modellenerek ağaçların gerçeğine en yakın bir şekilde modellenmesi gerçekleştirilmişler ve ağaçların üç boyutlu (3B) modellenmesinin önemini vurgulamışlardır. Dai ve Lyuu (2010), gerçekleştirdikleri çalışmada, ağaçların fotoğraf veri seti analizi ile 3B ağaç modellemesini esas alan ve ağacın iskeletini, yapraklarını ve formunu en uygun bir şekilde oluşturmayı amaçlayan farklı bir yaklaşımı ortaya koymuşlardır. Yapılan çalışma doğrultusunda ağaçların 3B modellerinin kullanılarak ölçümü zor olan ağaç parametrelerinin daha kolay elde edilebileceği görülmektedir.

Günümüzde dijital teknolojilerin gelişimiyle birlikte, fotogrametri tekniği ve Hareket ile Yapısal Algılama (Structure from Motion/SfM) gibi algoritmalar, gibi algoritmalar, bu tür zorlukların üstesinden gelmek için güçlü alternatifler sunmaktadır (Deliry and Avdan, 2021; Gülcü et al., 2023). Fotogrametri, üst üste bindirilen iki boyutlu (2B) görüntülerden 3B modeller üretmek için ekonomik, hızlı ve güvenilir bir yöntemdir (Jiang and ark., 2021; Gruen, 2021; Marín-Buzón et

al., 2021). Bu teknik, ağaçların karmaşık yapısını detaylı bir şekilde dijital ortama aktarmakla kalmayıp, aynı zamanda zaman içerisindeki yapısal değişikliklerini izlemek ve çevresel etkileri değerlendirmek için de etkin bir araçtır (Lavaquiol et al., 2021; Fernández-Sarria et al., 2022; Estornell et al., 2024).

SfM algoritması, bir sahnenin farklı açılardan alınan fotoğraflarını analiz ederek sahnenin 3B yapısını yeniden oluşturmayı sağlar (Kaya ve ark., 2021; Gruen, 2021; Estornell et al., 2024). Bu yöntem, düşük maliyetli olması, hızlı sonuçlar sunması ve profesyonel ölçüm cihazlarına olan ihtiyacı azaltması nedeniyle son yıllarda popüler bir hale gelmiştir (Dong et al., 2021; Vgot, 2021; Yan et al., 2024). Literatürde, SfM ve fotogrametri tabanlı modelleme tekniklerinin, ağaçların biyometrik parametrelerini yüksek doğrulukla belirlemede geleneksel yöntemlere kıyasla üstün başarı gösterdiği kanıtlanmıştır (Fraser, 2021; Kaya ve Temel, 2022; Greco et al., 2023; Yan et al., 2024; Whittingham, 2024). Örneğin, Maravelakis et al. (2012), dünyanın en eski zeytin ağacı olarak bilinen Vouves Anıtsal Zeytin Ağacı'nın 3B modelini başarılı bir şekilde oluşturmuş, Uzun ve Gül (2017) ise SfM tabanlı modelleme ile ağaçların yapısal analizine yönelik önemli bulgular elde etmişlerdir.

Nesneye temas etmeden özelliklerini yeniden oluşturmayı mümkün kılan bu teknik, orman alanlarının haritalanması, bireysel ağaçların modellenmesi ve ağaç yüksekliklerinin belirlenmesi gibi birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır (Morgenroth and Gómez, 2014; Miller et al., 2015; Kovanič et al., 2024). Bu yaklaşım, uzmanlık gereksinimlerini azaltarak yaygın kullanım için erişilebilir bir alternatif olarak da sunulmaktadır (Maravelakis et al., 2012; Uzun ve Gül, 2017; Şenol ve Orman, 2022).

Bu teknik, sadece ağaçların fiziksel özelliklerinin belgelenmesinde değil, aynı zamanda zaman içindeki yapısal değişikliklerinin izlenmesinde de etkilidir (Lauria et al., 2022; Kabadayı ve Erdoğan, 2022; Balestra et al., 2023). Örneğin, Uslu ve Uysal (2022), kitle kaynaklı veriler kullanılarak anıt ağaçların 3B modellenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, Flickr platformundan elde edilen fotoğraflar ve SfM tekniği kullanılarak Boab Hapishane Ağacı'nın 3B modeli başarıyla oluşturulmuştur. Literatürde, 3B modellemenin yalnızca ormancılık, şehir planlama ve koruma çabaları gibi çeşitli alanlarda değil, aynı zamanda geniş bir uygulama yelpazesi sunduğu görülmektedir (Jurado et al., 2022). Örneğin, tehdit altındaki türlerin yapısal özelliklerinin modellenmesi, bu türlerin biyolojik gereksinimlerini anlamak ve koruma stratejileri geliştirmek için değerli bilgiler sunmaktadır (de Jesus França et al., 2022). 3B modelleme teknolojilerinin özellikle ağaç boyu, gövde çapı ve hacim gibi metrik bilgilerin elde edilmesinde etkili bir yöntem olarak kullanıldığı görülmektedir (Cárdenas et al., 2022; Shu et al., 2022). Ağaçların 3B modelleri ayrıca yoğun nüfuslu şehirlerde de önemli bir kullanım alanına sahiptir (Pérez-Martín et al., 2021). Şehir planlama süreçlerinde, bu modeller, ağaçların yapısal çevre üzerindeki etkilerini, gölge düzenlerini, rüzgâr dirençlerini ve karbondioksit emme kapasitelerini anlamak için kullanılabilir (liu et al., 2019). Bu sayede planlamacılar, kentsel alanlarda ağaçların doğru bir şekilde yerleştirilmesi ve korunması için bilinçli kararlar alabilir (Fernández-Sarria et al., ; Gülcü et al., 2023). Benzer şekilde, 3B modelleme, koruma çabaları kapsamında da değerli bir araçtır. Tehdit altındaki türlerin yapısı ve özelliklerini doğru bir şekilde

analiz etmek, bu türlerin biyolojik gereksinimlerini anlamak ve koruma stratejileri geliştirmek için kritik bilgiler sunmaktadır (Vogt, 2021; Greco et al., 2023). Bununla birlikte, envanter kapsamında ağaçların çap, boy, hacim gibi yapısal özelliklerinin arazide geleneksel (yersel) ölçme teknikleriyle çıkarılması oldukça masraflı ve zahmetli olmaktadır (Zeybek ve Vatandaş, 2021; Cárdenas et al., 2022). Ayrıca geleneksel ölçüm yöntemleri tek bir ağacın boyunun ölçülmesi hızlı ve zahmetsiz bir ölçüm olarak düşünülse de geleneksel ölçümlerin doğrulukları bireysel hatalara maruz kalabildiğinden gelişmiş teknolojik ölçüm yöntemlerine göre daha düşük olabilmektedir. Özellikle ormancılık uygulamalarında, her ağacın boyunun ölçülemediği, ağaç göğüs çapı ile boyu arasında kurulan modellerle bu zorluğun üstesinden gelinmeye çalışıldığı görülmektedir (Shu et al., 2022). 3B modelleme ise bu tür zorluklara karşı etkili bir alternatif sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, mobil cihazlarla düşük maliyetli fotogrametri tekniklerini kullanarak tek bir ağacın 3B modelini oluşturmak ve bu modelden doğru metrik veriler elde etmektir. Bu yaklaşım, teknik bilgi ve profesyonel ekipman gerektirmeden geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı, ekonomik ve doğru bir çözüm sunarak ormancılık envanter çalışmaları ve kentsel ekosistem analizleri gibi alanlarda uygulanabilirlik sağlayacaktır. Çalışma aynı zamanda, dijital teknolojilerin çevresel sorunların çözümündeki rolünü güçlendiren bir referans olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmada, mobil cihaz ve düşük maliyetli fotogrametri yöntemiyle bir ağacın 3B modeli oluşturulmuştur. Bu modelden, ağacın yüksekliği, çapı ve hacmi gibi metrik bilgiler doğru ve hassas bir şekilde elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, geleneksel yöntemlere kıyasla daha erişilebilir bir çözüm sunarak ormancılık envanteri ve kentsel ekosistem analizlerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda çalışma, dijital modelleme tekniklerinin erişilebilirliğini artırmak ve bu yöntemlerin doğruluğunu değerlendirmek adına önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. Gelişen teknolojilerin sunduğu bu yenilikler, gelecekte çevresel izleme ve koruma çabalarının temel bileşeni olma potansiyeline sahiptir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, Türkiye'nin Akdeniz kıyısında yer alan Mersin ilinde, Mersin Üniversitesi kampüsü içinde bulunan stadyum yanı otopark alanında gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı, 36.783962° enlem ve 34.529836° boylam koordinatlarında yer almakta olup, seyrek ağaçların bulunduğu açık bir alan niteliğindedir (Şekil 1). Alanın seçilmesindeki temel kriterler, engel ve gölgeleme etkilerinin minimum seviyede olduğu bir ortamda fotogrametrik veri toplama sürecinin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesidir. Çalışmada, tek bir ağaç yapısı belirlenerek bu ağaç üzerinde 3B modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Veri toplama süreci, günün öğle saatlerinde, doğrudan güneş ışığının maksimum seviyede olduğu ve gölge etkisinin minimum olduğu koşullarda tamamlanmıştır. Seçilen ağaç, geniş gövde çapına ve simetrik bir tepe yapısına sahip olup, fotogrametrik modelleme sürecinde ideal bir örnek teşkil etmektedir. Çalışma alanına ait görsel bilgilerin sunulduğu Şekil 1'de, ağacın bulunduğu konum, çalışma alanının genel topoğrafyası ve Mersin Üniversitesi kampüsü içindeki yeri detaylı olarak gösterilmektedir.

Çalışma, mobil cihazlarla çekilen fotoğrafların fotogrametrik tekniklerle işlenmesi üzerine kurulmuş olup, kullanılan materyaller ve uygulanan yöntemler detaylı bir şekilde alt başlıklarda açıklanarak çalışmanın bilimsel altyapısını oluşturan araçlar, yazılımlar ve uygulama adımları kapsamaktadır.



Şekil 1. Kullanılan ağacın konumu ve çevresel durumu

2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan temel materyaller; mobil cihaz, fotogrametri yazılımı, ölçüm ekipmanları ve bilgisayardan oluşmaktadır. Fotoğraf çekimleri, 12 MP çözünürlük ve f/1.8 diyafram açıklığına sahip bir iPhone SE ile gerçekleştirilmiştir. Mobil cihaz, taşınabilirliği ve kullanıcı dostu arayüzü sayesinde çekim sürecini kolaylaştırmış ve düşük maliyetli bir çözüm sunmuştur. Çekim sonrası işleme sürecinde, fotogrametrik işleme ve 3B modelleme için SfM algoritmasına dayanan Agisoft Metashape yazılımı (sürüm 1.8.4) (Agisoft, 2022) kullanılmıştır. Bu yazılım, görüntü hizalama, nokta bulutu oluşturma ve model dokulandırma gibi işlemleri gerçekleştirmek için tercih edilmiştir.

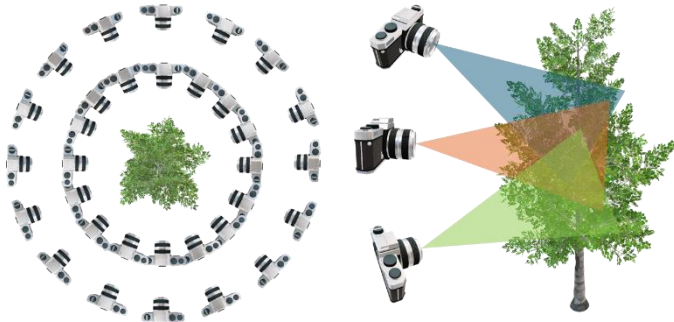
Modelin doğruluğunu test etmek ve ölçeklendirmek amacıyla özel hedef işaretleri kullanılmış ve bunlar Total-station (Ts) ile ölçülmüştür. Bu ekipmanlar, modelin ölçeklendirilmesi ve doğruluk analizinde kritik bir rol oynamıştır. Fotoğrafların işlenmesi ve 3B modelin oluşturulması için Intel Core i5 işlemcili ve 8 GB RAM'e sahip bir dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. Bu donanım, yazılımın işlem gücü gereksinimlerini karşılayarak modelleme sürecinin sorunsuz bir şekilde tamamlanmasını sağlamıştır.

Modelleme yapılacak ağacın seçiminde, çevresel gürültüleri minimize etmek amacıyla seyrek ağaç toplulukları tercih edilmiştir. Bu seçim, çekim sırasında ağacın tüm yüzey detaylarının net bir şekilde kaydedilmesini sağlamıştır. Çekimler sırasında ışık koşullarının optimal olduğu öğlen saatleri tercih edilmiştir. Bu zaman dilimi, gölgeleme problemlerinin azaltılması ve ışık dağılımının homojen olması açısından ideal kabul edilmiştir. Çekim sırasında cihazın titreşiminden kaynaklanabilecek bulanıklıkların önüne geçmek için tripod kullanılmıştır. Ayrıca, ağacın gövdesine yerleştirilen hedef işaretleri, modelin ölçeklendirilmesi ve doğruluk analizinde kullanılmak üzere dikkatle konumlandırılmıştır.

2.2 Yöntem

Bu çalışmada, ağacın 3B modelini oluşturmak ve bu modelden metrik veriler elde etmek amacıyla fotogrametri tekniği kullanılmıştır. Yöntem, fotoğraf çekimi, fotogrametrik işleme ve model doğrulama olmak üzere üç ana aşamada gerçekleştirilmiştir. Her bir aşama, çalışmanın doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini sağlamak için dikkatle planlanmış ve uygulanmıştır.

İlk aşamada, hedef ağacın fotoğraf çekimleri gerçekleştirilmiştir. Çekimler sırasında, ışık koşulları ve gölgelenme durumları göz önünde bulundurularak öğlen saatleri tercih edilmiştir. Bu zaman dilimleri, gölgelenme problemlerini azaltmak ve ışığın homojen bir şekilde dağılmasını sağlamak açısından ideal kabul edilmiştir. Fotoğraf çekimi sırasında, ağacın tüm yüzey detaylarının net bir şekilde kaydedilebilmesi için cihaz sabit bir açıda tutulmuş ve ağacın çevresinde 360 derece dönülerek fotoğraflar çekilmiştir (Şekil 1). Çekim sırasında, fotoğraflar arasında %60-80 oranında bindirme sağlanmasına manuel ayarlamalar ile özen gösterilmiştir. Bu bindirme oranı, fotogrametri yazılımının ortak noktaları algılamasını ve modelde boşluk oluşmamasını sağlamak için kritik bir parametre olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Ağaç fotoğrafının çekim açısı ve pozisyonu

Toplamda 95 adet fotoğraf çekilmiş ve bu süreç yaklaşık 1,5 saat sürmüştür. Çekim sırasında cihazın titreşiminden kaynaklanabilecek bulanıklıkların önüne geçmek için tripod kullanılmıştır. Ayrıca, ağacın gövdesine yerleştirilen hedef işaretleri, modelin ölçeklendirilmesi ve doğruluk analizinde kullanılmak üzere dikkatle konumlandırılmıştır.

İkinci aşamada, elde edilen fotoğraflar fotogrametri yazılımına aktarılmış ve fotogrametrik süreç başlatılmıştır. Bu süreçte SfM algoritma tabanlı fotogrametri tekniği kullanılmıştır.

SfM, farklı açılardan çekilmiş iki boyutlu görüntülerden 3B nesne veya yüzey modelleri oluşturmak için kullanılan bir bilgisayarlı görü tekniğidir (Şenol ve Orman, 2022). SfM, görüntülerde ortak noktaları belirleyerek hem kamera hareketini hem de nesnenin üç boyutlu yapısını eşzamanlı olarak tahmin eder (Hamal ve Ulvi, 2022). Geleneksel fotogrametri yöntemlerinden farklı olarak, önceden belirlenmiş bir kamera kalibrasyonu gerektirmez ve görüntüler arasındaki örtüşmeye dayalı olarak otomatik model oluşturma imkânı sunar (Kabadayı ve Erdoğan, 2023).

SfM süreci, görüntülerin işlenmesiyle başlar ve öncelikle her görüntüde ölçek-değişmez özellikler çıkarılarak ortak noktalar belirlenir (Dong et al., 2021). Bu aşamada, genellikle ölçek ve döndürme değişimlerine karşı duyarsız olan Scale-Invariant

Feature Transform (SIFT) algoritması tercih edilir (Ceylan ve Uysal, 2021; Kabadayı, 2024). Elde edilen özellik noktaları, görüntüler arasında eşleştirilerek ortak referans noktaları oluşturulur.

SfM algoritmasının ikinci aşamasında, kamera hareketi ve pozisyonları hesaplanarak görüntüler arasındaki geometrik ilişkiler belirlenir (Ulusoy ve Sevim, 2024). Kamera iç parametreleri arasında odak uzaklığı, bozulma katsayıları ve optik merkez yer alırken, dış parametreler dönüş matrisi ve öteleme vektörü olarak tanımlanır (Sinha et al., 2022). Kamera hareketi ve nesnenin 3B yapısı, epipolar geometri ilkeleri doğrultusunda hesaplanır (Uslu ve Uysal, 2022).

Kamera hareketi ve görüntüler arasındaki ilişkiler belirlendikten sonra üçgenleştirme işlemi gerçekleştirilerek seyrek nokta bulutu oluşturulur (Kabadayı ve Kaya, 2024). Bu aşamada, görüntülerde ortak görünen noktalar kullanılarak 3B koordinatlar hesaplanır. Elde edilen noktaların konumsal doğruluğu, blok dengeleme algoritması ile optimize edilir ve hatalar minimize edilir (Kum, 2022). Seyrek nokta bulutunun temizlenmesi için bağlı bileşen analizi uygulanarak gürültü filtrelenir.

SfM sürecinin bir sonraki aşamasında, yoğun nokta bulutu oluşturularak modelin detay seviyesi artırılır. Çok bakışlı stereo algoritması, farklı görüntülerde eşleşen noktaları analiz ederek üçgenleştirme yoluyla nokta yoğunluğunu artırır (Çakıroğlu, 2024). Nokta bulutu elde edildikten sonra, yüzey interpolasyonu yöntemleri kullanılarak üçgen modeli (mesh) oluşturulur. Modelin görselliğini artırmak için doku haritalama (Texture Mapping) işlemi uygulanarak görüntülerden alınan renk ve dokular yüzey modeline entegre edilir (Suwardhi et al., 2022).

SfM algoritması, geleneksel fotogrametri yöntemlerine kıyasla çeşitli avantajlar sunmaktadır. Özellikle düşük maliyetli ekipmanlarla çalışabilmesi, herhangi bir önceden tanımlanmış kamera parametresi gerektirmemesi ve büyük veri kümeleriyle otomatik olarak model oluşturabilmesi, bu yöntemi yaygın olarak tercih edilen bir teknoloji haline getirmiştir. Ancak, SfM yöntemi bazı kısıtlamalara da sahiptir. Yüksek sayıda görüntü gerektirmesi, büyük veri setlerinin işlenmesi için yüksek hesaplama gücü talep etmesi ve doku ve kontrast bakımından yetersiz yüzeylerde düşük performans göstermesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca, hareketli nesneler için uygun olmaması nedeniyle statik sahnelerde daha başarılı sonuçlar vermektedir.

Sonuç olarak, SfM algoritması, düşük maliyetli ve esnek bir 3B modelleme yöntemi olarak birçok bilimsel ve endüstriyel alanda önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Özellikle coğrafi bilgi sistemleri, arkeoloji, ormancılık, çevresel analizler ve kentsel planlama gibi alanlarda, geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı ve erişilebilir bir çözüm sunarak modelleme süreçlerini kolaylaştırmaktadır. SfM'nin sağladığı avantajlar, gelişen görüntü işleme teknikleri ile birleştiğinde, bu yöntemin ilerleyen yıllarda daha geniş bir uygulama alanına sahip olacağını göstermektedir.

İkinci aşamada yukarıda açıklandığı gibi fotogrametrik yazılım, görüntülerdeki ortak noktaları otomatik olarak tespit ederek modelin doğru bir şekilde oluşturulmasını sağlamıştır. İşleme süreci, sırasıyla görüntü hizalama, seyrek nokta bulutu oluşturma, yoğun nokta bulutu oluşturma, 3B modelleme ve dokulandırma adımlarından oluşmuştur. Görüntü hizalama aşamasında, yazılım fotoğraflar arasındaki örtüşen bölgeleri

analiz ederek fotoğrafları doğru bir şekilde hizalamış ve ağacın genel yapısını temsil eden bir seyrek nokta bulutu oluşturmuştur. Daha sonra, bu seyrek nokta bulutu yoğunlaştırılarak ağacın daha detaylı bir 3B modeli elde edilmiştir. Modelleme sürecinde, yazılımın otomatik kalibrasyon özelliği kullanılarak kameranın iç ve dış yöneltme parametreleri belirlenmiş ve modelin doğruluğu artırılmıştır. Son olarak, modelin yüzeyine dokular eklenerek görsel olarak daha gerçekçi bir 3B model elde edilmiştir.

Üçüncü ve son aşamada, modelin doğruluğu ve ölçeklendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Ağaç üzerinde belirlenen referans noktaları Şekil 3'te gösterildiği şekilde belirlenmiş ve Ts ile ölçülmüştür. Ağaç üzerine ve etrafına toplam 12 hedef belirlenmiş bunlardan 5'i dengeleme için kullanılmıştır. Ayrıca doğruluk analizi için doğal hedefler belirlenmiş ve bu noktaların oluşturduğu uzunluklar ölçülmüştür (Şekil 4).



Şekil 3. Ağaç üzerinde referans hedef kağıtları gösterimi



Şekil 4. Doğal hedef uzunlukları örnek gösterimi

Fotogrametrik dengelemede kullanılmayan 7 hedef işareti ve toplam 6 doğal hedef uzunlukları doğruluk analizinde kullanılmıştır. Modelin ölçeklendirilmesi sırasında, yazılımın referans ölçüm entegrasyon araçları kullanılmıştır. Doğruluk analizi için, ağaç gövdesi üzerinde belirli aralıklarla alınan çap ölçümleri, model üzerindeki karşılıklarıyla kıyaslanmıştır. Bu analiz sonucunda, modelin gerçek ölçümlerle uyumluluğu değerlendirilmiş ve karesel ortalama hata (KOH) Eşitlik 1 ve 2 ile hesaplanmıştır. Bu çalışmada referans verisi olarak Ts verileri kabul edilmiştir. KOH değeri, modelin doğruluğunu ve yöntemin güvenilirliğini ortaya koymuştur.

Tüm süreç, fotoğraf çekiminden veri işlemesine ve model doğrulama aşamasına kadar yaklaşık 5 saat sürmüştür. Çalışma, düşük maliyetli ve erişilebilir bir yöntemle yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilmesini sağlamış ve ormancılık, kentsel

planlama ve çevresel analizler gibi alanlarda uygulanabilirliğini irdelemiştir.

$$V_{x,y,z,i} = X, Y, Z_{TS_i} - X, Y, Z_{Model_i} \quad (1)$$

$$V_{x,y,z,i} = X, Y, Z_{TS_i} - X, Y, Z_{Model_i} \quad (2)$$

$$KOH_{x,y,z} = \sqrt{\frac{|v|}{n-1}} \quad (3)$$

Burada;

$V_{x,y,z,i}$, aynı noktanın farklı ölçümler sonucunda elde edilen konumsal farkını,

X, Y, Z_{TS_i} , noktanın Ts ile ölçülen koordinatlarını,

X, Y, Z_{Model_i} , noktanın 3B modelinden alınan koordinatlarını temsil etmektedir.

Çalışma da son olarak nokta bulutundaki çevresel gürültülerin (örneğin, gökyüzü ve çevredeki nesneler) temizlenmesi için çeşitli filtreleme yöntemleri uygulanmıştır. Bu süreçte, renk, yükseklik ve yoğunluk bazlı filtreleme teknikleri kullanılmıştır.

Gökyüzü gibi istenmeyen noktaların ayıklanması için renge göre seçim yapılmış, düşük yoğunluklu noktalar yoğunluk filtresiyle temizlenmiş ve belirli bir yükseklikten yukarıda kalan noktalar yükseklik bazlı filtreleme ile silinmiştir. Ayrıca, karmaşık durumlarda manuel seçim araçlarıyla nokta bulutundaki gürültüler elle temizlenmiştir.

3. Bulgular

3.1 Fotogrametrik değerlendirme

Bu çalışmada, tek bir ağacın 3B verilerinin oluşturulması için fotogrametri tekniği kullanılmış ve elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Çalışma sürecinde, fotoğraf çekiminden 3B veri elde etme aşamasına kadar izlenen adımların her biri, modelin doğruluğunu ve görsel kalitesini etkileyen önemli bulgular ortaya koymuştur.

İlk olarak, fotogrametri yazılımına aktarılan 95 adet fotoğraf, yazılımın görüntü hizalama algoritması kullanılarak işlenmiştir. Bu işlem sonucunda, ağacın genel yapısını temsil eden bir seyrek nokta bulutu (Şekil 5) oluşturulmuştur. Şekil 5'te verilen seyrek nokta bulutu, ağacın temel geometrik yapısını ortaya koymuş ve modelleme sürecinin ilk aşamasını başarıyla tamamlamıştır. Ancak, bu aşamada çevresel gürültülerin (örneğin, gökyüzü ve çevredeki diğer nesneler) model üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, sonraki aşamalarda gürültü temizleme işlemlerinin gerekliliğini ortaya koymuştur.



Şekil 5. Seyrek nokta bulutu

Seyrek nokta bulutunun ardından, yazılımın yoğunlaştırma özelliği kullanılarak yoğun nokta bulutu (Şekil 6) oluşturulmuştur. Şekil 6'da verilen yoğun nokta bulutu, ağacın yüzey detaylarını daha iyi temsil eden bir veri seti sunmuş ve modelin görsel kalitesini önemli ölçüde artırmıştır. Bu aşamada, ağacın gövdesindeki detayların ve yüzey dokularının daha net bir şekilde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Ancak, yoğun nokta bulutunda da çevresel gürültülerin etkisi devam etmiş ve bu durum, modelin görsel bütünlüğünü olumsuz yönde etkilemiştir.



Şekil 6. Filtrelenmemiş yoğun nokta bulutu

Yoğun nokta bulutunun incelenmesi sırasında, çevresel gürültülerin model üzerinde istenmeyen etkiler yarattığı tespit edilmiştir. Bu gürültüler, genellikle modelleme sürecinde kullanılan fotoğraflarda yer alan gökyüzü, çevredeki diğer ağaçlar ve nesneler gibi istenmeyen unsurlardan kaynaklanmaktadır. Bu durum, görsel bütünlüğü ve doğruluğu olumsuz yönde etkileyerek, elde edilen 3B verinin analiz edilebilirliğini zorlaştırmıştır. Çevresel gürültülerin varlığı, özellikle yoğun nokta bulutunun detaylı bir şekilde incelenmesi sırasında belirgin hale gelmiştir.

Bu tür gürültülerin temizlenmesi amacıyla, kullanılan fotogrametri yazılımının gelişmiş filtreleme araçları devreye alınmıştır. Filtreleme işlemi sırasında, modeldeki istenmeyen noktalar tespit edilmiş ve manuel ya da otomatik yöntemlerle temizlenmiştir. Bu süreçte, yazılımın sunduğu bölgesel seçim araçları ve yoğunluk tabanlı filtreleme algoritmaları kullanılmıştır. Gürültü temizleme işlemi sonucunda, modelin daha temiz, düzenli ve analiz edilebilir bir hale geldiği gözlemlenmiştir. Şekil 7'de gürültü temizleme işlemi sonrası

elde edilen modelin görsel temsili sunulmaktadır. Bu işlem, modelin genel doğruluğunu artırmakla kalmamış, aynı zamanda görsel olarak daha anlaşılır bir yapı ortaya koymuştur.



Şekil 7. Filtrelenmiş yoğun nokta bulutu

Gürültü temizleme işleminin ardından, model üzerinde fotoğraf çekimlerinden kaynaklanan renk bütünlüğü problemleri tespit edilmiştir. Özellikle mavi ve yeşil tonların yoğun olduğu bölgelerde, renklerin homojen bir şekilde dağılmadığı ve bu durumun modelin görsel kalitesini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu tür renk problemleri, genellikle çekim sırasında ışık koşullarının değişkenliği, gökyüzü yansımaları ve çevresel faktörlerden kaynaklanmaktadır.

Renk bütünlüğünü sağlamak ve modelin görsel kalitesini artırmak amacıyla, yazılımın renge göre filtreleme aracı kullanılmıştır. Bu işlem sırasında, modeldeki mavi, mor ve turkuaz tonlar seçilerek manuel olarak temizlenmiştir. Kullanılan renklerin teknik özellikleri, RGB değerleri ve HTML kodları ile birlikte Çizelge 1'de sunulmaktadır. Bu renklerin seçimi, modeldeki istenmeyen renk tonlarının etkili bir şekilde giderilmesini sağlamıştır.

Renk filtreleme işlemi sonucunda, modelin görsel anlamda daha düzenli ve anlaşılır bir hale geldiği gözlemlenmiştir. Bu işlem, modelin görsel kalitesini artırmanın yanı sıra, analiz edilebilirliğini de önemli ölçüde iyileştirmiştir. Şekil 8'de, filtreleme işlemi sonrası elde edilen 3B modelin görsel temsili sunulmaktadır. Bu sonuçlar, renk düzeltme işleminin modelleme sürecinde ne denli kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 1. Filtreleme için kullanılan renklere ait teknik özellikler

Renk	R	G	B	HTML
Mavi	0	170	255	#00aaff
Mor	170	170	255	#aaaaff
Turkuaz	0	255	255	#00ffff
Yeşil	0	255	0	#00ff00
Açık Mavi	135	206	250	#87cefa
Sarı	255	255	0	#ffff00
Kırmızı	255	0	0	#ff0000
Pembe	255	192	203	#ffc0cb
Kahverengi	139	69	19	#8b4513
Gri	128	128	128	#808080

**Şekil 8.** Filtrelenmiş ve renk düzeltilmesi yapılmış yoğun nokta bulutu

Elde edilen 3B nokta bulutu görsel olarak başarılı sonuçlar vermiştir. Görsel değerlendirmenin ardından metrik doğruluk açısından doğruluk analizi ve metrik analizler yapılmıştır.

3.2 Doğruluk analizi ile metrik analizler ve karşılaştırmalı bulgular

Elde edilen 3B verilerin doğruluğunu ve metrik analizlerini değerlendirmek amacıyla çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Bu süreçte, modelin geometrik doğruluğu, metrik ölçümleri ve görsel kalite değerlendirilmiştir. Analizler, modelin hem görsel hem de sayısal doğruluğunu ortaya koymuş ve fotogrametri tabanlı modelleme sürecinin etkinliğini göstermiştir.

Elde edilen 3B verilerin doğruluğunu değerlendirmek amacıyla iki farklı yöntem uygulanmıştır. İlk yöntemde, sahada Ts cihazı ile ölçülen koordinat verileri ile 3B modelden elde edilen koordinat verileri karşılaştırılmış ve bu veriler üzerinden

KOH hesaplanmıştır. İkinci yöntemde ise, sahada ölçülen uzunluk değerleri ile 3B nokta bulutundan elde edilen uzunluk değerleri karşılaştırılmış ve bu veriler için de KOH hesaplanmıştır. Her iki yöntem, modelin metrik doğruluğunu değerlendirmek için kritik bir rol oynamıştır.

İlk analizde, sahada Ts cihazı ile ölçülen 7 adet kontrol noktasının (koordinat verileri) doğruluğu, 3B veriden elde edilen koordinat verileri ile karşılaştırılmıştır. Her bir kontrol noktası için, X, Y ve Z eksenlerindeki farklar hesaplanmış ve bu farklar üzerinden KOH değeri belirlenmiş ve Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Doğruluk analizi için koordinat verileri ve hata hesaplamaları

Nokta	Gerçek X (m)	3B X (m)	Gerçek Y (m)	3B Y (m)	Gerçek Z (m)	3B Z (m)	Hata (m)
1	10,000	10,015	5,000	5,010	2,000	2,005	0,018
2	12,000	12,020	6,000	6,005	2,500	2,510	0,024
3	14,000	14,010	7,000	7,015	3,000	3,020	0,026
4	16,000	16,005	8,000	8,010	3,500	3,490	0,016
5	18,000	18,010	9,000	9,020	4,000	4,015	0,026
6	20,000	20,015	10,000	10,005	4,500	4,490	0,021
7	22,000	22,010	11,000	11,015	5,000	5,010	0,022
KOH= 0,022 m							

İkinci analizde, sahada ölçülen 6 adet uzunluk değeri ile 3B nokta bulutundan elde edilen uzunluk değerleri karşılaştırılmıştır. Bu analiz, modelin metrik doğruluğunu değerlendirmek için uygulanmıştır. Her bir uzunluk için, sahada ölçülen değer ile modelden elde edilen değer arasındaki farklar hesaplanmış ve bu farklar üzerinden KOH değeri belirlenmiş ve Çizelge 3’te verilmiştir.

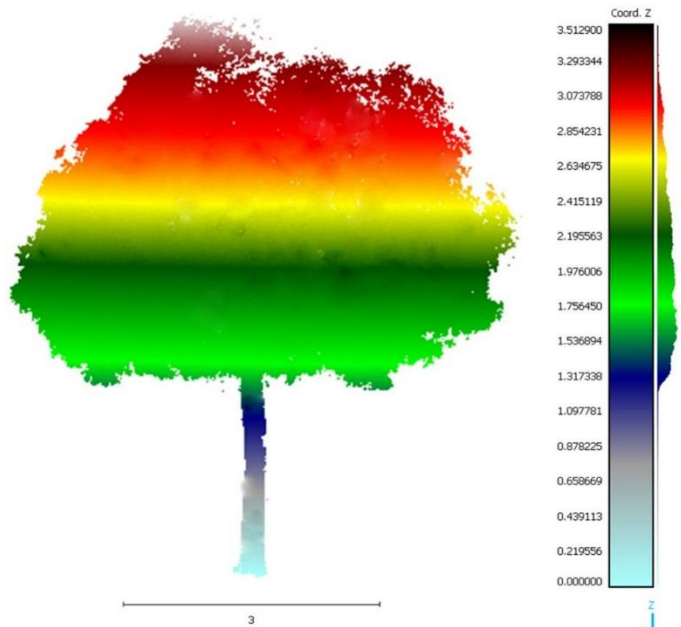
Çizelge 3. Doğruluk analizi için uzunluk verileri ve hata hesaplamaları

Uzunluk	Gerçek Uzunluk (m)	3B Nokta Bulutu Uzunluk (m)	Hata (m)
1	1,250	1,364	0,114
2	1,800	1,810	0,010
3	2,400	2,385	0,015
4	0,750	0,772	0,022
5	0,500	0,387	0,113
6	0,300	0,310	0,010
KOH= 0,0667 m			

Çizelge 3'teki verilere göre yapılan hesaplamalar sonucunda, uzunluk verileri için KOH değeri 0,0667 m (66,7 mm) olarak bulunmuştur. Bu sonuç, modelin uzunluk ölçümlerinde de yüksek doğruluk sunduğunu göstermektedir.

Yapılan doğruluk analizleri, elde edilen 3B verilerin hem koordinat hem de uzunluk ölçümlerinde yüksek doğruluk sunduğunu ortaya koymuştur. Koordinat verileri için hesaplanan 0,022 m KOH ve uzunluk verileri için hesaplanan 0,0667 m KOH, modelin metrik doğruluğunun oldukça iyi olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, hata değerlerinin genellikle ağacın üst kısımlarında ve ince dallarda yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Bu durum, fotogrametri sürecinde kullanılan fotoğrafların bindirme oranı ve ışık koşullarının bu bölgelerde yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu sonuçlar, fotogrametri tabanlı 3B nokta bulutu oluşturma yönteminin, ağaç gibi karmaşık yapılar için bile yüksek doğruluk sunduğunu ve bu yöntemin metrik analizler için güvenilir bir araç olduğunu göstermektedir. Şekil 9'da filtrelenmiş yoğun nokta bulutuna ait yükseklik bilgileri verilmiş ve çeşitli analizler yapılmıştır.



Şekil 9. Filtrelenmiş yoğun nokta bulutuna ait yükseklik bilgileri

Şekil 9'da gösterilen veriler ile ağacın boyu ve gövde çapı gibi temel ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler, model üzerinden alınan veriler ile sahada yapılan manuel ölçümler karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

- **Ağaç Boyu:** Model üzerinden yapılan ölçümlerde ağacın boyu 3,58 metre olarak hesaplanmıştır. Bu değer, sahada yapılan manuel ölçümle karşılaştırıldığında, yalnızca 0,0671 metre (6,71 cm) fark olduğu görülmüştür. Bu fark, modelin metrik doğruluğunun oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

- **Gövde Çapı:** Gövde çapı, modelin farklı yükseklik seviyelerinde ölçülmüş ve sahadaki ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Gövde çapı ölçümlerinde ortalama farkın 8 mm olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, modelin özellikle gövde gibi daha az karmaşık bölgelerde yüksek doğruluk sunduğunu ortaya koymaktadır.

3B verilerin metrik değerlendirilmesinin yanında görsel kalitesi ve yüzey detaylarının doğruluğu açısından da değerlendirilmiştir. Yüksek çözünürlüklü fotoğraflar, modelin görsel kalitesini artırmış ve ağacın yüzey detaylarının net bir şekilde ortaya çıkmasını sağlamıştır. Ancak, ince dallar ve yapraklar gibi karmaşık bölgelerde bazı detayların kaybolduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, fotogrametri sürecinde kullanılan fotoğrafların çözünürlüğü ve çekim açılarının sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır.

Doğruluk analizi ve metrik ölçümler, elde edilen 3B verinin hem görsel hem de metrik doğruluk açısından başarılı olduğunu göstermektedir. Model, ağaç boyu ve gövde çapı gibi temel ölçümleri yüksek doğrulukla sunmuş ve sahadaki ölçümlerle uyumlu sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte, ince dallar ve yapraklar gibi karmaşık bölgelerde doğruluğun bir miktar azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, fotogrametri sürecinde kullanılan fotoğraf çekim tekniklerinin ve yazılım algoritmalarının bu tür detaylar için daha fazla geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, düşük maliyetli fotogrametri teknikleri kullanılarak oluşturulan 3B modelin doğruluğu değerlendirilmiş ve elde edilen ölçümler manuel yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen doğruluk değerleri, literatürde benzer yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalarla kıyaslandığında, yöntemin yüksek doğruluk sunduğu görülmektedir.

Miller et al. (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, fotogrametri tabanlı 3B modelleme yönteminin ağaç yüksekliği ve gövde çapı ölçümlerinde ortalama 0,11 m hata payı sunduğu bildirilmiştir. Bu çalışma ile kıyaslandığında, fotogrametri ile belirlenen ağaç yüksekliği için hesaplanan hata 0,0671 m olarak bulunmuş ve bu değer Miller ve arkadaşlarının çalışmasında belirtilen hata payından daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, çalışmamızda kullanılan mobil cihaz tabanlı yöntemin, yüksek doğruluk sağlayarak literatürde raporlanan değerlerle uyumlu veya daha başarılı olduğunu göstermektedir.

Benzer şekilde, Uzun ve Gül (2017) tarafından SfM tabanlı modelleme ile ağaç modellemesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Autodesk 123D Catch ve Agisoft PhotoScan yazılımları kullanılarak ağaç türleri için 3B modeller üretilmiş ve bu yazılımlar, görsellik ve kullanım kolaylığı açısından uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, fotogrametrik modelleme yazılımlarının sağladığı avantajlar ve dezavantajlar analiz edilmiş ancak hata oranları ve doğruluk analizleri detaylı olarak verilmemiştir. Bununla birlikte, elde edilen modellerin görsellik açısından gerçeğe yakınlığı ve modelleme sürecinin pratikliği üzerine bir karşılaştırma yapılmıştır bu çalışmada doğruluk analizleri sayısal verilerle desteklenerek yöntemin güvenilirliği detaylı olarak ortaya konulmuştur. Ayrıca, Uzun ve Gül (2017) çalışmasında 3B modelleme için kullanılan yazılımlar karşılaştırılmış ve Agisoft PhotoScan yazılımının Autodesk 123D Catch'e göre daha başarılı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada ise, mobil cihazlar kullanılarak yapılan modelleme sürecinin doğruluk açısından da güvenilir olduğu gösterilmiş ve geleneksel yöntemlerle kıyaslamalı bir analiz yapılmıştır. Böylece, fotogrametri tabanlı modelleme tekniklerinin yalnızca görsellik açısından değil, ölçümsel doğruluk açısından da tatmin edici sonuçlar sunduğu ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, bu çalışma ile Uzun ve Gül (2017) çalışması kıyaslandığında, her iki çalışmada da fotoğraflardan üretilen 3B modellerin analizine odaklanılmıştır.

Ancak, bu çalışmada ölçümsel doğruluk ve hata oranları doğrudan analiz edilerek yöntemin güvenilirliği detaylandırılmış ve sonuçların literatürdeki benzer çalışmalara kıyasla daha yüksek doğruluk sunduğu ortaya konulmuştur.

Zeybek ve Vatandaşlar (2021) tarafından yapılan çalışmada, el-tipi LiDAR verileri kullanılarak orman envanterinde ağaç gövdelerinin otomatik tespiti ve çap hesaplaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, makine öğrenme algoritmaları kullanılarak nokta bulutları üzerinden ağaç gövdelerinin çıkarılması sağlanmış ve doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, el-tipi LiDAR ile yapılan ölçümlerin manuel ölçümlere kıyasla oldukça hassas sonuçlar sunduğu belirtilmiştir. Ancak, çalışmada ölçümlerin doğruluğu özellikle çap ölçümüne dayalı olup, genel ağaç yüksekliği tahminine yönelik doğrudan bir değerlendirme yapılmamıştır. Zeybek ve Vatandaşlar (2021) çalışmasında LiDAR teknolojisinin sağladığı yüksek nokta yoğunluğu sayesinde manuel ölçümlere oldukça yakın sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir. Ancak, LiDAR sistemlerinin yüksek maliyetli olması, manuel veri işleme gereksinimi ve büyük veri setleri ile çalışmanın getirdiği hesaplama yükü gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu çalışmada ise, mobil cihazlarla yapılan fotogrametri tabanlı modelleme yöntemi kullanılarak benzer doğruluk seviyelerine ulaşıldığı gösterilmiştir. Böylece, daha düşük maliyetli ve erişilebilir bir alternatif olarak fotogrametri tabanlı modellemenin orman envanteri ve ağaç ölçümlerinde kullanılabilirliği ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen doğruluk değerleri, Zeybek ve Vatandaşlar (2021) çalışmasında LiDAR verileriyle ulaşılan sonuçlarla kıyaslandığında benzer seviyede doğruluk sunduğunu göstermektedir. Ancak, bu çalışmada daha düşük maliyetli ve geniş uygulama alanına sahip bir yöntem önerilmiş ve geleneksel yöntemlerle kıyaslanarak doğruluğu detaylı olarak analiz edilmiştir. Literatürdeki diğer çalışmalarla yapılan bu karşılaştırmalar, önerilen yöntemin geleneksel ölçüm tekniklerine güçlü bir alternatif sunduğunu ve kentsel planlama, ormancılık ve çevresel analiz gibi alanlarda uygulanabilirliğini desteklediğini göstermektedir.

Durgun ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada, İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanılarak elde edilen hava fotoğraflarından kızılçam ağaçlarının çap ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiş ve gövde hacim tahminleri yapılmıştır. Çalışmada, İHA fotogrametrisi ile yapılan ölçümlerin geleneksel arazi ölçümleriyle karşılaştırıldığı ve çap ölçümlerinde 0,78 ile 0,92 arasında, boy ölçümlerinde 0,96 ile 0,99 arasında, hacim tahminlerinde ise 0,70 ile 0,93 arasında değişen korelasyon değerleri elde edildiği belirtilmiştir. Bu sonuçlar, İHA ile üretilen nokta bulutu ve ortomozaik verilerinin ağaç boyu ve çapı tahmini açısından yüksek doğruluk sunduğunu göstermektedir. Bu çalışmada mobil cihazlarla yapılan fotogrametrik modellemenin doğruluk seviyesi detaylı olarak incelenmiştir. Bu kıyaslama, daha düşük maliyetli ve daha erişilebilir bir yöntemin, İHA destekli yöntemlere kıyasla ne kadar başarılı sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Durgun ve ark. (2022) çalışmasında kızılçam ağaçları üzerinde yapılan ölçümlerin doğruluk analizleri gerçekleştirilmiş ve çap ölçümlerinin yersel ölçümlerle yüksek korelasyon gösterdiği belirtilmiştir. Ancak, bu çalışmada geleneksel ölçüm yöntemleriyle kıyaslama yapılarak doğruluk analizleri sayısal olarak detaylandırılmıştır. Özellikle mobil cihazlarla yapılan

fotogrametrik modelleme sürecinin, geleneksel yöntemlere kıyasla maliyet ve zaman açısından avantaj sunduğu ortaya konulmuştur.

Zeybek (2020) tarafından yapılan çalışmada, el-tipi mobil LiDAR sistemleri kullanılarak tek ağaç gövdelerinin otomatik çıkarımı gerçekleştirilmiş ve farklı istatistiksel sınıflandırma algoritmalarının doğruluk analizleri yapılmıştır. Çalışmada, lojistik regresyon, doğrusal ayrıştırma analizi, rastgele orman ve destek vektör makineleri kullanılarak nokta bulutları üzerinden ağaç gövdelerinin tespit edilmesi sağlanmıştır. Sonuçlara göre, rastgele orman algoritması en yüksek doğruluk oranını sağlarken (0,946), veri işleme performansı açısından doğrusal ayrıştırma analizinin daha iyi performans sergilediği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, sınıflandırılan noktaların %80'inin ± 5 cm sapma aralığında olduğu belirtilmiş ve ağaç yüksekliği belirleme sürecinde el-tipi LiDAR sistemlerinin kısıtlı görüş alanı nedeniyle bazı eksiklikler yaşandığı ifade edilmiştir. Zeybek (2020) çalışmasında LiDAR tabanlı nokta bulutlarının sınıflandırma doğruluğu analiz edilirken, bu çalışmada geleneksel ölçüm yöntemleriyle kıyaslama yapılarak ölçüm doğruluğu analiz edilmiştir. Fotogrametri tabanlı modelleme yönteminin LiDAR sistemleri ile elde edilen modellere kıyasla daha düşük maliyetli ve taşınabilir bir çözüm sunduğu, ancak nokta bulutlarının doğruluğu ve detay seviyesi açısından bazı sınırlamaları olduğu ortaya konulmuştur. Zeybek (2020) çalışmasında, el-tipi LiDAR sistemlerinin veri toplama açısından sağladığı hız ve otomatik sınıflandırma algoritmalarının kullanım avantajları öne çıkarılmıştır. Ancak, bu sistemlerin yoğun veri işleme gereksinimi ve büyük veri kümeleri ile çalışmanın getirdiği hesaplama yükü nedeniyle bazı zorluklar içerdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada ise, mobil cihazlarla yapılan fotogrametri tabanlı modelleme yöntemi kullanılarak benzer analizler gerçekleştirilmiş ve yöntemin hem pratik hem de yüksek doğruluk sunduğu gösterilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında mobil cihaz tabanlı fotogrametri yöntemiyle elde edilen doğruluk değerleri, literatürde raporlanan benzer çalışmalara karşılaştırıldığında yüksek hassasiyet sunmuş ve yöntemin doğruluğu kanıtlanmıştır. Literatürdeki diğer çalışmalarla yapılan karşılaştırmalar, önerilen yöntemin geleneksel ölçüm tekniklerine güçlü bir alternatif sunduğunu ve kentsel planlama, ormancılık ve çevresel analiz gibi alanlarda uygulanabilirliğini desteklediğini göstermektedir.

4. Kısıtlamalar

Bu çalışmada kullanılan yöntem ve elde edilen sonuçlar, belirli sınırlamalara sahiptir. Fotoğraf çekiminde ışık koşullarının değişkenliği ve çevresel gürültüler, modelin doğruluğunu etkileyen temel faktörlerdir. İnce dallar ve yapraklar gibi karmaşık bölgelerde detay kayıpları yaşanmış, bu durum fotogrametri yazılımının sınırlamalarından kaynaklanmıştır. Çevresel gürültülerin temizlenmesi için manuel filtreleme işlemleri gerekmiş, bu da süreci daha zaman alıcı hale getirmiştir. Ayrıca, kullanılan donanımın işlem gücü, daha büyük ve karmaşık veri setlerinin işlenmesinde performans sınırlamaları yaratmıştır. Modelin ölçeklendirilmesi sırasında referans noktalarının doğruluğu, sonuçların hassasiyetini doğrudan etkilemiştir. Fotogrametri tekniği, yalnızca yüzey detaylarını modelleyebilmiş, ağacın iç yapısı gibi unsurlar

modellenememiştir. Çalışma, tek bir ağacın modellenmesi üzerine odaklanmış olup, daha karmaşık ormanlık alanlarda uygulanabilirliği sınırlı kalabilir. Bu kısıtlamalar, yöntemin geliştirilmesi ve daha geniş kapsamlı uygulamalarda kullanılabilmesi için önemli bir rehber niteliğindedir.

5. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada, düşük maliyetli fotogrametri teknikleri ve mobil cihazlar kullanılarak tek bir ağacın 3B modeli başarıyla oluşturulmuş ve bu modelden metrik veriler elde edilmiştir. Çalışma, fotogrametri ve SfM algoritmalarının, geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı, ekonomik ve yüksek doğrulukta sonuçlar sunduğunu göstermiştir. Elde edilen 3B veriler, ağaç boyu ve gövde çapı gibi temel metriklerin doğru bir şekilde ölçülmesini sağlamış ve sahada yapılan manuel ölçümlerle uyumlu sonuçlar vermiştir. Doğruluk analizleri, 3B verilerin koordinat ve uzunluk ölçümlerinde yüksek doğruluk sunduğunu ortaya koymuş, özellikle gövde gibi daha az karmaşık bölgelerde hata oranlarının düşük olduğu tespit edilmiştir. Ancak, ince dallar ve yapraklar gibi karmaşık bölgelerde detay kayıpları yaşanmış, bu durum fotogrametri sürecinde kullanılan fotoğrafların çözünürlüğü ve çekim tekniklerinin sınırlamalarından kaynaklanmıştır. Çalışma, fotogrametri tabanlı 3B değerlendirme yönteminin ormancılık, kentsel planlama ve çevresel analizler gibi alanlarda uygulanabilirliğini göstermiştir.

Bu bağlamda, yöntemin daha geniş bir uygulama alanında kullanılabilirliğini artırmak için bazı öneriler sunulmuştur. İnce dallar ve yapraklar gibi karmaşık bölgelerde detay kayıplarını azaltmak için daha yüksek çözünürlüklü fotoğraflar ve gelişmiş yazılım algoritmaları kullanılmalıdır. Fotoğraf çekiminde ışık koşullarının homojen olmasını sağlamak için sabah veya öğlen saatleri tercih edilmeli ve gölgelenme problemlerini azaltacak ek ışık kaynakları kullanılmalıdır. Daha büyük ve karmaşık veri setlerinin işlenmesi için daha güçlü işlemciler ve yüksek RAM kapasitesine sahip bilgisayarlar kullanılmalıdır. Çevresel gürültülerine etkisini en aza indirmek için çekim alanının dikkatle seçilmesi ve yazılımın otomatik filtreleme araçlarının daha etkin kullanılması önerilmektedir. Çalışma, tek bir ağacın modellenmesi üzerine odaklanmıştır. Daha karmaşık ormanlık alanlarda uygulanabilirliği artırmak için yöntemlerin ölçeklenebilirliği ve otomasyonu üzerine çalışmalar yapılmalıdır. Fotogrametri tabanlı 3B değerlene yöntemlerinin ormancılık ve şehir planlama gibi alanlarda daha yaygın kullanımı için eğitim programları ve kullanıcı dostu yazılımlar geliştirilmelidir. Ayrıca, fotogrametri tekniklerinin, LiDAR gibi diğer uzaktan algılama teknolojileriyle birleştirilmesi, modelleme doğruluğunu ve detay seviyesini artırabilir. Bu öneriler, fotogrametri tabanlı 3B değerlendirme yöntemlerinin daha geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılabilirliğini artırmak ve çevresel analizlerde daha etkili sonuçlar elde etmek için önemli bir rehber niteliğindedir.

Kaynaklar

Agisoft, 2022. Agisoft Metashape User Manual Professional Edition, Version 1.8. Agisoft LLC, St. Petersburg.
Akarsu, N., 2019. Orman sahalarında ağaç boyunun fotogrametrik yöntemlerle elde edilmesi. Yüksek Lisans

Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
Balaban, O., Özgür, B., Sakar, B., 2021. İklim değişikliği, göç ve yerel yönetimler. Yerel Yönetişim ve Göç Dizisi II-Kitap, 2.
Balestra, M., Tonelli, E., Vitali, A., Urbinati, C., Frontoni, E., Pierdicca, R., 2023. Geomatic data fusion for 3D tree modeling: The case study of monumental chestnut trees. Remote Sensing, 15(8), 2197.
Çakıroğlu, E.O., 2024. Anıtsal yapıların farklı 3D modelleme programları ve ağaç türleri ile uygulanabilirliği. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 25(1), 181–198.
Cárdenas, J.L., Ogayar, C.J., Feito, F.R., Jurado, J.M., 2022. Modeling of the 3D tree skeleton using real-world data: a survey. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 29(12), 4920–4935.
Ceylan, M.C., Uysal, M., 2021. İnsansız hava aracı ile elde edilen veriler yardımıyla ağaç çıkarımı. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 3(1), 15–21.
Dai, T.S., Lyuu, Y.D., 2010. The bino-trinomial tree: A simple model for efficient and accurate option pricing. Journal of Derivatives, 17(4), 7.
de Jesus França, L.C., Júnior, F.W.A., e Silva, C.S.J., Monti, C.A.U., Ferreira, T.C., de Oliveira Santana, C.J., Gomide, L.R., 2022. Forest landscape planning and management: a state-of-the-art review. Trees, Forests and People, 8, 100275.
Deliry, S.I., Avdan, U., 2021. Accuracy of unmanned aerial systems photogrammetry and structure from motion in surveying and mapping: a review. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 49(8), 1997–2017.
Dong, Y., Fan, G., Zhou, Z., Liu, J., Wang, Y., Chen, F., 2021. Low cost automatic reconstruction of tree structure by AdQSM with terrestrial close-range photogrammetry. Forests, 12(8), 1020.
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.
Durrieu, S., Vega, C., Bouvier, M., Gosselin, F., Renaud, J.P., Saint-André, L., Soma, M., 2024. Optical remote sensing of tree and stand heights. In: Remote Sensing Handbook, Volume IV, CRC Press, pp. 125–188.
Estornell, J., Martí, J., Hadas, E., López-Cortés, I., Velázquez-Martí, B., Fernández-Sarriá, A., 2024. Biomass estimation of abandoned orange trees using UAV-SfM 3D points. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 130, 103931.
Fassnacht, F.E., Latifi, H., Stereńczak, K., Modzelewska, A., Lefsky, M., Waser, L.T., Ghosh, A., 2016. Review of studies on tree species classification from remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, 186, 64–87.
Fernández-Sarriá, A., López-Cortés, I., Martí, J., Estornell, J., 2022. Estimation of walnut structure parameters using terrestrial photogrammetry based on structure-from-motion (SfM). Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 50(10), 1931–1944.
Fraser, B.T., 2021. Characterizing forest stands using unmanned aerial systems (UAS) digital photogrammetry: Advancements and challenges in monitoring local scale

- forest composition, structure, and health. Doctoral Thesis, University of New Hampshire, Durham.
- Freschet, G.T., Pagès, L., Iversen, C.M., Comas, L.H., Rewald, B., Roumet, C., McCormack, M.L., 2021. A starting guide to root ecology: strengthening ecological concepts and standardising root classification, sampling, processing and trait measurements. *New Phytologist*, 232(3), 973–1122.
- Greco, R., Barca, E., Raunonen, P., Persia, M., Tartarino, P., 2023. Methodology for measuring dendrometric parameters in a Mediterranean forest with UAVs flying inside forest. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 122, 103426.
- Greve, M.H., Kheir, R.B., Greve, M.B., Bøcher, P.K., 2012. Quantifying the ability of environmental parameters to predict soil texture fractions using regression-tree model with GIS and LIDAR data: The case study of Denmark. *Ecological Indicators*, 18, 1–10.
- Gruen, A., 2021. Everything moves: The rapid changes in photogrammetry and remote sensing. *Geo-spatial Information Science*, 24(1), 33–49.
- Gülci, S., Akay, A.E., Arıcak, B., Sariyildiz, T., 2023. Recent advances in UAV-based structure-from-motion photogrammetry for aboveground biomass and carbon storage estimations in forestry. In: *Concepts and Applications of Remote Sensing in Forestry*, pp. 395–409.
- Hamal, S.N.G., Ulvi, A., 2022. 3B kent modelleri oluşturma sürecinde İHA fotogrametrisi ve CBS entegrasyonu: Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Kampüsü örneği. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4(2), 97–105.
- Jiang, S., Jiang, W., Wang, L., 2021. Unmanned aerial vehicle-based photogrammetric 3D mapping: A survey of techniques, applications, and challenges. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 10(2), 135–171.
- Jurado, J.M., López, A., Pádua, L., Sousa, J.J., 2022. Remote sensing image fusion on 3D scenarios: A review of applications for agriculture and forestry. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 112, 102856.
- Kabadayı, A., 2024. Mobil cihazların fotogrametri tabanlı 3B modellemedeki potansiyeli üzerine bir araştırma. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 6(2), 71–77.
- Kabadayı, A., Erdoğan, A., 2022. Application of terrestrial photogrammetry method in cultural heritage studies: A case study of Seyfeddin Karasungur. *Mersin Photogrammetry Journal*, 4(2), 62–67.
- Kabadayı, A., Erdoğan, A., 2023. İHA fotogrametrisi kullanarak Yozgat Çilekçi Türbesi'nin 3 boyutlu nokta bulutu ve modelinin üretilmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 29–35.
- Kabadayı, A., Kaya, Y., 2024. Tarihi sütunların yersel fotogrametri yöntemiyle 3 boyutlu modellenmesi ve web tabanlı görselleştirilmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 6(2), 48–53.
- Kaya, Y., Temel, D., 2022. Cep telefonu kameralarından elde edilen görüntüler ile kültürel miras eserlerinin modellenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 4(1), 17–22.
- Kaya, Y., Şenol, H.İ., Polat, N., 2021. Three-dimensional modeling and drawings of stone column motifs in Harran Ruins. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(2), 48–52.
- Kovanič, L., Peřovský, P., Topitzner, B., Blišťan, P., 2024. Spatial analysis of point clouds obtained by SfM photogrammetry and the TLS method—Study in quarry environment. *Land*, 13(5), 614.
- Kum, Ö., 2022. Kültürel mirasın fotogrametrik yöntemle 3D modellenmesi: Tokat yazma kalıbı örneği. *Türkiye Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 7(1), 237–252.
- Lauria, G., Sineo, L., Ficarra, S., 2022. A detailed method for creating digital 3D models of human crania: An example of close-range photogrammetry based on the use of structure-from-motion (SfM) in virtual anthropology. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 14(3), 42.
- Lavaquiol, B., Sanz, R., Llorens, J., Arnó, J., Escolà, A., 2021. A photogrammetry-based methodology to obtain accurate digital ground-truth of leafless fruit trees. *Computers and Electronics in Agriculture*, 191, 106553.
- Lin, Q., Huang, H., Chen, L., Wang, J., Huang, K., Liu, Y., 2021. Using the 3D model RAPID to invert the shoot dieback ratio of vertically heterogeneous Yunnan pine forests to detect beetle damage. *Remote Sensing of Environment*, 260, 112475.
- Lin, Y., Wiegand, K., 2021. Towards 3D tree spatial pattern analysis: Setting the cornerstone of LiDAR advancing 3D forest structural and spatial ecology. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103, 102506.
- Lindenmayer, D.B., Laurance, W.F., 2017. The ecology, distribution, conservation and management of large old trees. *Biological Reviews*, 92(3), 1434–1458.
- Liu, J., Feng, Z., Mannan, A., Khan, T.U., Cheng, Z., 2019. Comparing non-destructive methods to estimate volume of three tree taxa in Beijing, China. *Forests*, 10(2), 92.
- Majeed, F.A., Abaas, Z.R., 2023. The ecological balance restoration in existing cities. *Journal of Al-Farabi for Engineering Sciences*, 2(1), 15–15.
- Maravelakis, E., Bilalis, N., Mantzourou, I., Konstantaras, A., Antoniadis, A., 2012. 3D modelling of the oldest olive tree of the world. *IJCER*, 2(2), 340–347.
- Marín-Buzón, C., Pérez-Romero, A., López-Castro, J.L., Ben Jerbania, I., Manzano-Agugliaro, F., 2021. Photogrammetry as a new scientific tool in archaeology: Worldwide research trends. *Sustainability*, 13(9), 5319.
- Miller, J., Morgenroth, J., Gomez, C., 2015. 3D modelling of individual trees using a handheld camera: Accuracy of height, diameter and volume estimates. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 932–940.
- Morgenroth, J., Gómez, C., 2014. Assessment of tree structure using a 3D image analysis technique—A proof of concept. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(1), 198–203.
- Nitoslawski, S.A., Wong-Stevens, K., Steenberg, J.W., Witherspoon, K., Nesbitt, L., Konijnendijk Van Den Bosch, C.C., 2021. The digital forest: Mapping a decade of knowledge on technological applications for forest ecosystems. *Earth's Future*, 9(8), e2021EF002123.
- Pérez-Martín, E., López-Cuervo Medina, S., Herrero-Tejedor, T., Pérez-Souza, M.A., Aguirre de Mata, J., Ezquerro-Canalejo, A., 2021. Assessment of tree diameter estimation methods from mobile laser scanning in a historic garden. *Forests*, 12(8), 1013.

- Sen, S.I., Day, A.M., 2005. Modelling trees and their interaction with the environment: A survey. *Computers & Graphics*, 29(5), 805–817.
- Şenol, H.İ., Orman, E., 2022. Diyarbakır Mardin Kapı'nın yersel fotogrametri yöntemiyle 3B belgelenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 4(1), 1–6.
- Shu, Q., Rötzer, T., Detter, A., Ludwig, F., 2022. Tree information modeling: A data exchange platform for tree design and management. *Forests*, 13(11), 1955.
- Sinha, R., Quirós, J.J., Sankaran, S., Khot, L.R., 2022. High resolution aerial photogrammetry based 3D mapping of fruit crop canopies for precision inputs management. *Information Processing in Agriculture*, 9(1), 11–23.
- Suwardhi, D., Fauzan, K.N., Harto, A.B., Soeksmantono, B., Virtriana, R., Murtiyoso, A., 2022. 3D modeling of individual trees from LiDAR and photogrammetric point clouds by explicit parametric representations for green open space (GOS) management. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(3), 174.
- Temiz Topsakal, M., Sağlık, A., 2024. Biyomimikrik kentlerin yeşil altyapı yönetimi ile değerlendirilmesi. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism Recreation and Sports Sciences*, 7(1), 239–259.
- Ulusoy, A.S., Sevim, H., 2024. Fiziki mekânın fotogrametri ile dijitalleştirilmesinde görüntü sayısı ve çözünürlüğünün etkileri. *PLANARCH - Design and Planning Research*, 8(2), 260–269.
- Uslu, A., Uysal, M., 2022. Kitle kaynaklı veriler kullanılarak anıt ağaçların 3 boyutlu modellenmesi: Boab hapishane ağacı örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 98–103.
- Uzun, Ö.F., Atila, G., Gül, A., Ü.L., 2017. Fotoğraf yardımı ile 3 boyutlu ağaç modellenmesinde uygun programın araştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 621–631.
- Vinceti, B., Termote, C., Ickowitz, A., Powell, B., Kehlenbeck, K., Hunter, D., 2013. The contribution of forests and trees to sustainable diets. *Sustainability*, 5(11), 4797–4824.
- Vogt, H., 2021. Derivation of forest inventory parameters from high-resolution satellite imagery for the Thunkel area, Northern Mongolia. A comparative study on various satellite sensors and data analysis techniques. Doctoral Thesis, Georg-August Universität, Göttingen.
- Whittingham, A.R., 2024. iPhone LiDAR to support documentation of clandestine gravesite photogrammetry reconstruction and depth measurement accuracy. Doctoral Thesis, Murdoch University, Perth.
- Yan, X., Chai, G., Han, X., Lei, L., Wang, G., Jia, X., Zhang, X., 2024. SA-Pmnet: Utilizing close-range photogrammetry combined with image enhancement and self-attention mechanisms for 3D reconstruction of forests. *Remote Sensing*, 16(2), 416.
- Zeybek, M., Vatandaşlar, C., 2021. El-tipi LiDAR verisiyle ağaç gövdelerinin tespiti ve sınıflandırılmasında yapay zeka teknikleri. 8. KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, 26–28 Ekim, 2021, Nevşehir, Türkiye, pp. 489–497.
- Zeybek, M., 2020. El-tipi LiDAR nokta bulutundan tek ağaç gövdesinin otomatik çıkarımında istatistiksel sınıflandırma algoritmalarının performans analizi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 200–213.



Sapelli glulam ahşap merdiven ve merdiven bağlantılarının davranışının incelenmesi

Nurettin Gökbulut ^{1*}, Nihat Döngel ²

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakóltesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, Ankara, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 16/12/2024

Kabul Tarihi: 11/04/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1602540>

*Corresponding author:

nurettinokbulut@uludag.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve hedefler çalışmada; merdiven mühendisliği tasarımında yaygın olarak tercih edilen Afrika kökenli Sapelli (*Entandrophragma cylindricum* Harms) keresteler kullanılmıştır. Bu maksatla, ihtiyaç duyulan bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacı ile sapelli masif ve sapelli glulam malzemenin; rutubet oranları, yoğunlukları, basınç, yapışma ile eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modölü değerleri

tespit edilmiştir. İki farklı konstrüksiyonda üretilen, sapelli keresteden her biri 3 basamaklı olan 3 katmanlı sapelli masiflerin PVAc tutkalı kullanılarak glulam seren ve basamaklardan oluşan toplam 10 adet merdiven test edilmiştir.

Yöntemler Plazma makinesinde kesilen 10 mm sac 90°'lik konumda sabitlenerek hazırlanan test platformu makineye cıvatalar ile sabitlenerek teste hazır hale getirilmiştir. Bu merdivenlerin 5'ini seren üzerine bindirme basamaklı (Tip I) diğer 5'ini de serene gömme basamaklı rıhtsız (Tip II) merdiven oluştırmaktadır. Seren-basamak birleşim yerlerinde PVAc tutkal kullanılmış olup herhangi bir vidalı bağlantı kullanılmamıştır.

Bulgular Merdiven yapımında tercih edilen sapelli kerestenin glulam olarak kullanılması sonucunda testlerde yeterli mukavemeti gösterdiği gözlemlenmiştir.

Sonuçlar Sonuç olarak her iki konstrüksiyon ile test edilen merdivenler genel kullanımda yeterli sağlamlıkta olup Tip I merdiven Tip II merdivene göre %38,97 daha çok dayanım göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Merdiven, glulam, sapelli, fiziksel ve mekanik özellikler, merdiven bağlantıları

Investigation of the behavior of Sapele glulam wooden stairs and stair connections

ABSTRACT

Background and aims In this study; Sapele (*Entandrophragma cylindricum* Harms) timbers of African origin, which are widely preferred in stair engineering design, were used. For this purpose, the moisture content, density, compressive, adhesive and flexural strength and modulus of elasticity in bending were determined for sapele solid and sapele glulam in order to determine some of the required physical and mechanical properties. A total of 10 stairs consisting of glulam pavers and steps were tested using PVAc glue of 3-layered sapele massifs, each with 3 steps made of sapele timber, produced in two different constructions.

Methods The 10 mm sheet metal cut in the plasma machine was fixed in the 90° position and the prepared test platform was fixed to the machine with bolts and made ready for testing. 5 of these staircases consist of steps overlapping on the stile (Type I) and the other 5 consist of steps embedded in the stile and without risers (Type II). PVAc glue was used in the stile-step joints and no screwed connection was used.

Results It was observed that sapele timber preferred in staircase construction showed sufficient strength in the tests as a result of using it as glulam.

Conclusions As a result, the ladders tested with both constructions were sufficiently durable in general use, and the Type I ladder showed 38.97% more durability than the Type II ladder.

Key Words: Stairs, glulam, sapele, physical and mechanical properties, staircase connections

Bu makaleye atıf:

Gökbulut, N., Döngel, N., 2025. Sapelli glulam ahşap merdiven ve merdiven bağlantılarının davranışının incelenmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 72-77.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ahşap merdivenler, evlerin ve binaların vazgeçilmez bir parçasıdır. Hem estetik hem de işlevsel açıdan önemlidirler. Doğal güzelliği ve sıcaklığı ile her ortama uyum sağlayabilen ahşap merdivenler hem estetik hem de mekansal olarak mimari kompozisyonun temel unsurları arasındadır. Sahip olduğu yapı ile cam, taş, beton, metal gibi yapı malzemelerinden farklı bir özellikte olan ahşap; mimaride ve iç mimaride önemli bir kullanım alanına sahiptir. Ağaç malzemenin anizotrop yapısı nedeniyle lif yönü (boyuna), yıllık halkalara dik (radyal) ve yıllık halkalara paralel (teğet) yönlerde farklı çalışma oranları yanında fiziksel ve mekanik özellikleri her üç yönde değişmektedir (Kalaycıoğlu, 2001). Odun-su ilişkileri, ağırlık-hacim ilişkileri, termik, elektriksel ve akustik özelliklerini kapsar (Örs ve Keskin, 2001). Malzemelerin yoğunlukları ve rutubet oranları gibi fiziksel özellikleri, mobilya mukavemet tasarımında birinci derece önemlidir (Efe ve Kasal, 2007). Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formu imalatlarında diyagonal liflilik oluşmaması için laminasyon tekniği kullanılmaktadır. Laminasyon tekniği ile yüksek kalitede ve istenilen formda lamine ağaç malzeme üretmek mümkündür. Lamine ağaç malzemenin masif ağaç malzemeye göre birçok avantajları vardır (Keskin, 1999).

Merdivenlerin sağlamak zorunda oldukları işlevsel gereklilikler, önem sırasına göre, mukavemet, yangın korunumu, ses yalıtımı, ısı yalıtımı, yağmur ve rüzgâr geçirimsizliğidir. Mukavemet, tüm taşıyıcı yapı elemanlarında olduğu gibi merdivenlerde de kaçınılmazı olanaksız olan en önemli koşuldur (Sarı, 2000). Merdivenlerin yapı sistemini seçimi aynı zamanda malzeme seçimiyle de ilgilidir. Günümüzde çeşitli malzeme alternatifleri bir araya getirilerek; örneğin ahşabın paslanmaz çelik, cam, taş ve fiberglas gibi diğer malzemelerle birlikte sıklıkla kullanıldığını görmek mümkündür. Ayrıca tek bir malzemenin, çoğunlukla da ahşabın kullanıldığı pek çok örnek vardır (Pěnčík ve ark., 2015). Çoğu ahşap merdiven, uygulanan bağlantıların boyutları ve mekanik özellikleri ile geleneksel tasarıma göre üretilmektedir. Merdiven tasarımı, basamak ve korkuluk boyutları çoğunlukla estetik açıdan belirlenir. Bazen basit kiriş hesaplamaları kullanılmakta olup, merdivenlerin tamamı için kiriş hesaplamalarına dayalı özel bilgisayar programları da kullanılabilir (Pousette, 2006). Ahşap merdivenler için öncelikle meşe ağacı olmak üzere ağırlıklı olarak sert ağaç kullanılmaktadır, ancak istisnai durumlarda yumuşak ağaç kullanılabilir. Yeni kompozit malzemelere rağmen ahşabın hala merkezde tutulmasının nedenleri, yüksek eğilme mukavemeti, çekme mukavemeti ve kesme kuvveti, çok tatmin edici esneklik ve düşük ağırlık, kimyasal malzeme etkilerine karşı dayanıklılık ve iyi termal ve akustik izolasyondur (Cvetičanin ve Hodžić., 2015). Bu özellikleri sayesinde ahşap, modern kompozit malzemelere rağmen pek çok alanda tercih edilmeye devam etmektedir.

Bu çalışmada ahşap merdiven yapımında tercih edilen sapelli (*Entandrophragma cylindricum* Harms) keresteler tercih edilmiştir. İki farklı konstrüksiyonda üretilen, sapelli keresteden her biri 3 basamaklı olan 3 katmanlı sapelli masiflerin PVAc tutkalı kullanılarak glulam seren ve basamaklardan oluşan toplam 10 adet merdiven test edilmiştir. Test sonuçlarına göre merdiven mukavemetinin hangi konstrüksiyon şeklide ne kadar

dayanım gösterebildiği ve kullanımına ilişkin detayların tespiti amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Ahşap malzeme

Deneylerde ahşap merdiven endüstrisindeki yaygın kullanımları göz önüne alınarak Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) ağaç türü seçilmiştir. Keresteler piyasadan satın alınmıştır. Herhangi bir budak, lif kıvrıklığı, çürüklük ve renklenme gibi doğal kusurların bulunmamasına dikkat edilmiştir. Glulam üretiminde, serenler için 7 mm, basamaklar için ise 6 mm kalınlığında sapelli lameller kullanılmıştır. Üretim sürecinde yapısal bileşenlerin birleştirilmesi amacıyla PVAc (Polivinilasetat) tutkal tercih edilmiş ve 24 saat süreyle soğuk presleme işlemi uygulanmıştır.

2.2 Fiziksel özellikler

2.2.1 Yoğunluk ve rutubet tayini

Deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla TS ISO 13061-2'de (2021) belirtilen esaslara uyulmuştur. Sapelli malzemeden masif ve glulam olmak üzere 10'ar adet olmak üzere 20×20×30 mm ölçülerinde toplam 20 adet örnek hazırlanmış, daha sonra bu örnekler ±0,01 g duyarlılık terazi ile tartılmışlardır.

Böylece örneklerin rutubetli (W : %12 hava kurusu yoğunluğu) ağırlıkları (m_w) tespit edilmiştir. Daha sonra bu örneklerin boyutları ± 0,01 mm duyarlılık dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri (V_w) hesaplanmıştır. %12'lik nem düzeyindeki (ρ_{12}) yoğunlukları eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$\rho_w = \frac{m_w}{a_w \times b_w \times l_w} = \frac{m_w}{V_w} (g/cm^3) \quad [1]$$

Deney örneklerinin Rutubetlerinin belirlenmesi amacıyla TS ISO 13061-1' de (2021) belirtilen esaslarına uyulmuştur. Kurutmadan önce test parçasının başlangıç kütlesi (m_1), g cinsinden ve Deney parçasının fırında kurutulmuş kütlesi (m_2), g cinsindendir. Rutubetin belirlenmesi için;

$$W, \% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad [2]$$

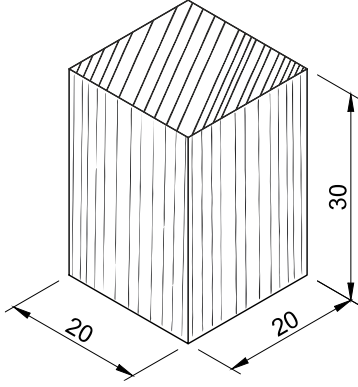
eşitliği kullanılmıştır (eşitlik 2).

2.3 Mekanik özellikler

Bu çalışmada, her deney için 10'ar adet örnek malzemelerin statik yük altındaki; liflere paralel basınç liflere paralel çekme, eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü ve yapışma değerleri tespit edilmiştir.

2.3.1 Basınç direnci

Basınç dirençlerinin belirlenmesinde, TS ISO 13061-17 (2019) standardı esaslarına uyulmuştur. Liflere paralel basınç direnci deneylerinde 20×20 mm kare kesitli ve lifler yönünde 30 mm uzunluğundaki numuneler kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Masif ağaç malzeme için basma deneyi örneği (ölçüler mm'dir)

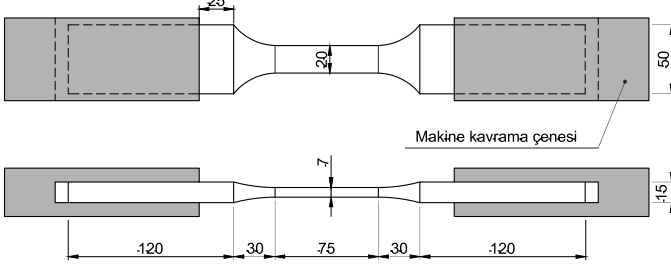
Deneylerde ezilme anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) ve örnek enine kesit alanı ($a \times b$) için basınç direnci ($\sigma_c, 0, W$);

$$\sigma_c, 0, W = \frac{F_{max}}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [3]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (eşitlik 3).

2.3.2 Çekme direnci

Liflere paralel yöndeki çekme dirençleri TS ISO 13061-6 (2021) standardı esaslarına göre belirlenmiştir. Çekme deneyi örnekleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Masif ağaç malzeme için çekme deneyi örneği (ölçüler mm'dir)

Deneylerde kopma anındaki kuvvet (P_{max}) ve kopmanın meydana geldiği kesit alanı (bh) için çekme direnci ($\sigma_{W||}$);

$$\sigma_{W||} = \frac{P_{max}}{bh} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [4]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (eşitlik 4).

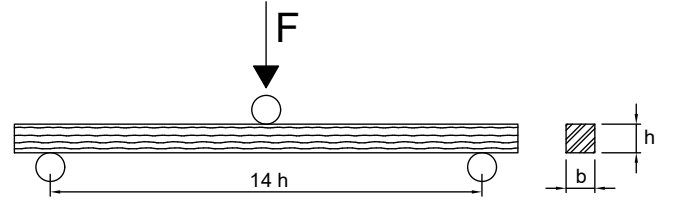
2.3.3 Eğilme direnci ve elastikiyet modülü

Eğilme direncinde TS ISO 13061-3'de (2021) belirtilen esaslara uyulmuştur. Deney örnekleri, ağaç malzemeler için 350×20×20 mm, ölçülerinde olmak üzere 10'ar adet hazırlanmıştır. Deneylerde yük numunelerin tam ortasından uygulanmıştır. Kırılma anındaki maksimum kuvvet (P_{max}) için eğilme direnci (σ_{bW});

$$\sigma_{bW} = \frac{3P_{max}l}{2bh^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [5]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (eşitlik 5).

Burada kesit genişliği (b), kesit yüksekliği ise (h)' dir. Eğilme direnci deney düzeneği Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Eğilme direnci deneyi düzeneği (ölçüler mm'dir)

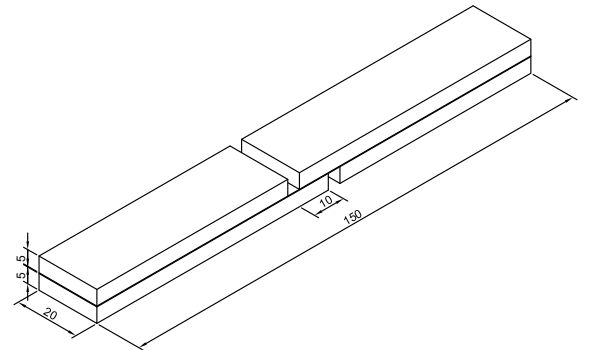
Eğilme deneylerinde, eğilmede elastikiyet modülü değerleri de hesaplanmıştır. Bu amaçla, masif ağaç malzemelerde TS ISO 13061-4'te (2021) esaslarına uyulmuştur. Elastikiyet modülü (E_W), yükler değiştirme eğrisinin doğrusal kısmından yararlanılarak hesaplanmıştır. Desteklerin merkezleri arasındaki mesafe mm cinsinden (l), test parçasının genişliği mm cinsinden (b) ve test parçasının yüksekliği mm cinsinden (h) olarak hesaplanmıştır. Yük-yer değiştirme eğrisinin doğrusal kısmına isabet eden her bir yük için belirli bir yer değiştirme değeri söz konusu olduğundan, yüklemenin üst ve alt sınırları arasındaki farka eşit yük (P) karşılık oluşan yer değiştirme miktarı (f) olmak üzere, elastikiyet modülü;

$$E_W = \frac{Pl^3}{4bh^3f} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [6]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (eşitlik 6).

2.3.4 Yapışma direnci

Yapıştırma işlemlerinde polivinil asetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. Sapelli ağaç malzemesinden hazırlanan deney örnekleri TS EN 205 (2017) ve TS EN 12765 (2017) standartlarında belirtilen esaslara göre panel kalınlığı 5 mm olacak Şekil 4'de 10×20×150 mm net ölçülerinde hazırlanmıştır. Deney örneklerinin tutkallama işlemlerinde; tutkal türüne bağlı olarak 180-200 g/m² olacak şekilde ve üretici firma tarafından belirtilen sıcaklık, basınç ve süre değerlerine göre preslenmiştir.



Şekil 4. Yapışma direnci deneyi örneği (ölçüler mm'dir)

Deney örneklerinin yapışma yüzeyine 5 mm/dk yükleme hızıyla kademeli çekme kuvveti uygulanarak Üniuersal test cihazı tutkal hattından koparmaya çalışılmıştır (TS EN 204, 205). Newton cinsinden uygulanan maksimum kuvvet (F_{max}),

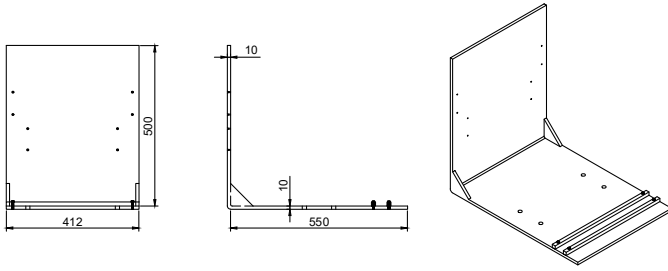
milimetre kare (mm^2) cinsinden yapıştırılmış test yüzeyi (A), yapıştırılan test yüzeyinin milimetre (mm) cinsinden uzunluğu (l_2) ve yapıştırılmış test yüzeyinin milimetre (mm) cinsinden genişliği (b) olmak üzere, (τ) yapışma direnci;

$$\tau = \frac{F_{max}}{A} = \frac{F_{max}}{l_2 \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [8]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (eşitlik 8).

2.4 Test düzeneği

Deneyde kullanılacak olan test düzeneğinde 10 mm kalınlıkta sac kullanılmıştır. Plazma kesicide net ölçülere getirilen düzenek 90 derece bükülmüştür ve sağlamlığın artırılması ve dikliğin muhafazası için iki köşeye de 7×7 üçgen parça kaynatılmıştır. Seren sabitlemek için platformun arkasına 2'şer adet vida deliği açılmıştır. Stoplar için ise 2'şer adet kılavuz delikler açılarak merdivenler cıvatalar ile sabitlenmiştir. Ortadaki delikler ise Instron 5969 model mekanik test makinesine sabitlemek için açılmıştır (Şekil 5,6).



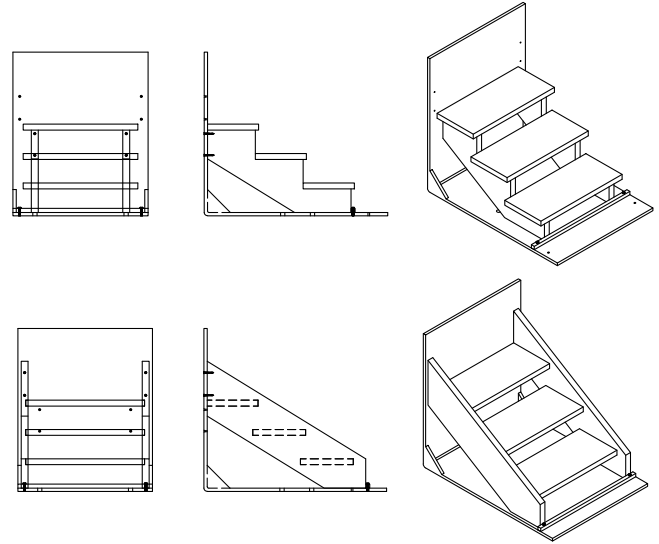
Şekil 5. Test düzeneği (ölçüler mm'dir)



Şekil 6. Test düzeneği delik delme işlemi

2.5 Merdivenlerin test düzeneği bağlantısı

Test düzeneği test cihazına sabitlendikten sonra tip I ve tip II merdivenler Şekil 7'de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. Yerleştirilen merdivenlerin serenleri arkasından test düzeneğine 2'şer vida ile sabitlenmiştir. Merdivenler ön kısımdan sabitlenen metal bir çubuk ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 7. Merdivenlerin test düzeneğine yerleştirilmesi

Seren üzerine bindirme basamaklı (Tip I) ve serene gömme basamaklı (Tip II) üçer basamaklı ve serenleri olan 5'er adet merdivenlerin montajı sonrası, hazırlanmış olan deney düzeneğinde şekildeki gibi konumlandırılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Tip I (Seren üzerine bindirme basamaklı) ve Tip II (Serene gömme basamaklı) merdivenin test düzeneğindeki konumları

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Merdiven performans testi

Kupon testlerinden masif sapellinin hava kuru yoğunluğu $0,699 \text{ g/cm}^3$ iken sapelli glulamın hava kuru yoğunluk değeri $0,710 \text{ g/cm}^3$ elde edilmiştir. Kurtoğlu ve Ünlügil (1991) hava kuru özgül ağırlığı yetiştirme yerine göre $0,6$ ve $0,75 \text{ g/cm}^3$ arasında olduğunu belirtmiştir. Dadzie ve Amoah (2015) çalışmasındaki sapelli odunun yoğunluk değeri $0,659 \text{ g/cm}^3$ bulunmuştur. Bozkurt ve Erdin (1989) ise yazarı oldukları kitapta sapelli odunun yoğunluk değerini $0,620 \text{ g/cm}^3$ olarak belirtmişlerdir. Bu çalışma kapsamında bulduğumuz yoğunluk değerleri literatür ile uyumludur.

Sapelli masif ve sapelli glulam ile oluşturulan seren üzerine bindirme basamaklı (Tip I) ve serene gömme basamaklı (Tip II) olmak üzere 5'er adet merdivenin haricinde sapelli ve sapelli glulam örneklerinden toplam 100 örnek elde edilmiş, fiziksel ve mekanik testler yapılmıştır. Masif sapellinin rutubet değeri $\%10,1$ iken sapelli glulamın rutubet değeri $\%8,7$ elde edilmiştir. Merdiven yapımında kullanılan ağaç türlerinden olan meşe

odunu ile ilgili Kaya ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada ağacın rutubet oranını %12,4 olarak belirtmişlerdir. Glulam sapellinin basınç değeri masif sapellinin basınç değerinden %25,41 daha

yüksek çıkmıştır. Glulam sapellinin eğilme direnci değeri masif sapellinin eğilme direnci değerinden %8,81 daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deney malzemelerinin fiziksel ve mekanik direnci değerleri

Sapelli	Yoğunluk (g/cm ³)	Rutubet (%)	Basınç (N/mm ²)	Çekme (N/mm ²)	Eğilme (N/mm ²)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	Yapışma (N/mm ²)
Masif	0,699	10,1	45,4	135,1	86,5	10166,4	-
Glulam	0,710	8,7	56,9	-	94,1	10194,3	8,15

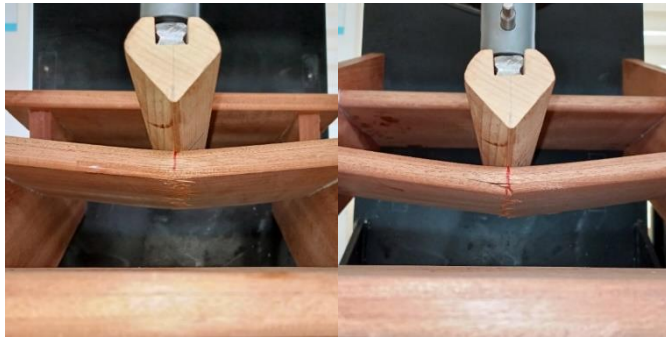
Blok halinde deneye tabi tutulan merdivenlerin orta basamağında kuvvet uygulaması gerçekleştirilmiş ve tip I' in tip II'ye göre %38,97 (11184.72/8048.45) daha fazla kuvvete dayanım gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Deney sonucu merdivenlerin yük taşıma ortalamaları

Merdiven Tipi (Sapelli glulam)	Çekme dayanımında taşıdığı yük (N)
Tip I (Seren üzerine bindirme basamaklı)	11184,72
Tip II (Serene gömme basamaklı)	8048,45

4. Sonuç ve Öneriler

Üç lamel ile üretilen sapelli glulamların, seren üzerine bindirme basamaklı ve serene gömme basamaklı merdivenlerin eğilme testinde, orta noktadan uygulanan yük sonucunda basamağın merkezinde belirgin bir çatlak ve kırılma meydana gelmiştir. Basamağın ortasında, yükün doğrudan uygulandığı noktada kırılma oluşmuş, çatlak laminasyon katmanları boyunca ilerlemiş ve tutkal hattında ayrılmalar meydana gelmiştir. Tip II (Serene gömme basamaklı) merdiven Tip I (Seren üzerine bindirme basamaklı) merdivene göre daha fazla boyutta çatlamlar ve kırılmalar meydana gelmiştir.



Şekil 9. Tip I (Seren üzerine bindirme basamaklı) ve Tip II (Serene gömme basamaklı) merdivenlerin test edilmesi

Her iki merdiven tipi üzerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen kuvvet değerleri, konut içi kullanım için yeterli yapısal dayanımı sağladığını göstermektedir. Ancak, estetik kaygılar ve kullanım alanının gerektirdiği yük taşıma kapasitesi dikkate alındığında, farklı tipler için farklı önerilerde bulunmaktadır.

Tip I seren üzerine bindirme basamaklı merdiven, daha fazla yüke maruz kalacak ve yoğun insan trafiğinin olduğu mekânlarda önerilmektedir. Bu merdiven tipinde basamaklar, seren üzerine bindirilerek yerleştirildiğinden, yük taşıma kapasitesi artmakta ve daha dayanıklı bir yapı elde edilmektedir.

Sürekli hareketin olduğu kamusal alanlar, ticari yapılar veya çok katlı binalardaki ortak kullanım alanlarında bu tip merdivenlerin tercih edilmesi, uzun ömürlü ve güvenli bir kullanım sağlayacaktır.

Tip II serene gömme basamaklı merdiven ise daha estetik ve zarif bir görünüme sahip olması nedeniyle konut içi kullanımlar için önerilmektedir. Bu tip merdivenlerde basamaklar, seren içerisine gömülü olarak yerleştirildiğinden daha modern, minimalist ve şık bir tasarım sunmaktadır. Aynı zamanda, bu yapı mekânın genel atmosferine uyum sağlayarak iç mimariyle bütünleşmiş bir görünüm oluşturur. Estetik kaygılarla tasarlanan bu tür merdivenler, konutlarda görseelliğin ön planda olduğu mekânlarda bu tip merdiven önerilmektedir.

Bununla birlikte, merdiven tasarımı ve yapısal analiz süreçlerinin günümüz teknolojileri kullanılarak dijital ortamda gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) ile yapılan analizler sayesinde, malzeme kullanımının verimli hale getirilmesi, yapısal dayanımın önceden optimize edilmesi ve üretim sürecinde zaman tasarrufu sağlanması mümkündür.

Ayrıca, bu tür dijital yöntemler, sürdürülebilirlik açısından da büyük önem taşımaktadır. Doğal kaynakların korunması ve orman varlıklarının sürdürülebilir yönetimi adına, ahşap kullanımını en aza indirgeyerek en verimli tasarımların belirlenmesi hedeflenmektedir. Böylece hem yapısal dayanıklılığı artırmak hem de çevresel etkileri minimize etmek mümkün olacaktır.

Teşekkür

Bu makale, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen FDK-2024-9112 proje numaralı ve " Farklı Konstrüksiyonlarla Üretilmiş Ahşap Merdivenlerin Fiziksel ve Mekanik Testleri ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi" adlı doktora tezi projesinden üretilmiştir. BAP koordinasyon birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Bozkurt, Y., Erdin N., 1989. Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, s. 251.
- Cvetičanin, A., Hodžić, A., 2015. Technological process of making wooden staircases.
- Dadzie, P. K., Amoah, M., 2015. Density, some anatomical properties and natural durability of stem and branch wood of two tropical hardwood species for ground applications. European Journal of Wood and Wood Products, 73, 759-773.
- Efe, H., Kasal, A., 2007. Çeşitli Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin

- Belirlenmesi, G.Ü.T.E.F., Politeknik Dergisi, 10(3), 303-311.
- Kalaycıoğlu, H., 2001. Neden OSB. Laminart Mobilya, Dekorasyon, Sanat ve Tasarım, 12(2), s. 136-138.
- Kaya, M., Bülbül, R., İmirzi, H., Döngel, N., 2024. Farklı Odun ve Tutkal Türleri Kullanılarak Üretilen Lamine Kerestelerin (Glulam) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 26(2), 58-68.
- Keskin, H., 1999. Doktora tezi. Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları, s.1.
- Kurtoğlu, A. ve Ünlügil, H., 1991. Parkelerde Yüzey İşlemleri. Orman Fakültesi Dergisi, 41(3-4), 41.
- Örs, Y., Keskin, H., Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Yayın No 02, Ankara, 2001.
- Pěňčík, J., Lavický, M., Král, P., Havířová, Z., 2015. Analysis of Behaviour of Prefabricated Staircases with One-Sided Suspended Stairs. Drvna industrija, 66(2), 148.
- Pousette, A., 2006. Testing and modeling of the behavior of wooden stairs and stair joints. Journal of Wood Science, 52(4), 358-362.
- Sarı, A., 2000. Düşey Sirkülasyon Araçları Merdivenler. İstanbul: YEM Yayın. s.183.
- TS ISO 13061-2 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 2: Fiziksel ve mekanik deneyler için yoğunluğun belirlenmesi”, T.S.E., Ankara, 2021.
- TS ISO 13061-1 “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, 2021.
- TS ISO 13061-17 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Küçük kusursuz odun numuneleri için deney yöntemleri – Bölüm 17: Liflere paralel basınç altında nihai gerilimin belirlenmesi”, T.S.E., Ankara, 2019.
- TS ISO 13061-6 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 6: Liflere paralel nihai çekme geriliminin tayini”, T.S.E., Ankara, 2021.
- TS ISO 13061-3 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 3: Statik eğilmede nihai mukavemet tayini”, T.S.E., Ankara, 2021.
- TS ISO 13061-4 “Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 4: Statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini”, T.S.E., Ankara, 2021.
- TS EN 205 “Yapıştırıcılar – Yapısal olmayan uygulamalar için ahşap yapıştırıcılar –Bindirmeyle yapıştırılmış eklerin çekmeyle kayma mukavemetinin tayini”, T.S.E., Ankara, 2017.
- TS EN 12765 “Yapısal olmayan uygulamalarda kullanılan termoset ahşap yapıştırıcıların sınıflandırılması”, T.S.E., Ankara, 2017.
- TS EN 204 “Yapısal olmayan uygulamalar için termoplastik ahşap yapıştırıcıların sınıflandırılması”, T.S.E., Ankara, 2017.



Türkiye’de sulak alanların kullanımı ve tahribatına bir örnek saha; Sarıkum Tabiat Alanı (Sinop)

Ali İmamoğlu ^{1*}, Onur Yılmaz ¹

¹Sinop Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Sinop, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 29/01/2025

Kabul Tarihi: 25/03/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1629494>

*Corresponding author:

aliimamoglu@yandex.com

ÖZ

Giriş ve Hedefler Sarıkum Tabiat Alanı, Karadeniz sahilinde yer alan ve doğanın nadide bir parçası olan özel bir koruma alanıdır. Subasar ormanları, göl ekosistemi ve çevresindeki bitki örtüsü, bölgenin doğal dengesini destekleyen unsurlar arasında yer alır. Bu ormanlar, birçok kuş türüne ev sahipliği yapar. Aynı zamanda karbon depolama ve su döngüsü açısından önemli bir rol oynar. Sarıkum Gölü, bölgenin merkezinde yer alır ve su kuşları için hayati bir yaşam alanıdır. Göl çevresindeki sazlıklar, amfibiler ve sürüngenler gibi diğer canlı türleri için kritik bir

barınaktır. Bu araştırmanın amacı sahayı tehdit eden unsurları açıkça ortaya koymaktır.

Yöntemler Kontrolsüz turizm, kirlilik ve yasadışı avlanma gibi ekosistemi olumsuz etkileyen problemlerin açıkça ortaya konulması amacıyla farklı mevsimlerde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Bulgular Yol yapımından kaynaklanan problemler, kontrolsüz turizm nedeniyle artan ziyaretçi yoğunluğu, gölü besleyen akarsu havzasından gelen kirlenmeler ve siltasyon, hem çevresel kirliliğe yol açmakta hem de bölgenin hassas ekosistemine zarar verebilmektedir. Çeşitli sebepler neticesinde sahada dışbudak (*Fraxinus* spp.) ağaçlarının taçlarında kurumalar yaşanmakta, ayrıca göl alanı giderek daralmaktadır.

Sonuçlar Sarıkum Tabiat Alanı'nın sürdürülebilir bir şekilde korunması için bilinçli turizm uygulamaları ve etkin denetim büyük önem taşımaktadır. Yerel halkın ve ziyaretçilerin bu eşsiz doğa alanını koruma bilinciyle hareket etmesi, bölgenin geleceği için hayati önemdedir. Eğitim ve farkındalık çalışmalarının artırılması, doğal yaşamı koruma konusundaki bilinç düzeyini yükseltebilir. Ayrıca, yerel yönetimlerin ve sivil toplum kuruluşlarının iş birliğiyle hayata geçirilecek projelerin, bölgedeki ekosistem dengesinin korunmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sinop, Sarıkum, sulak alanlar, sulak alan sorunları

A case study of wetland utilization and degradation in Türkiye: Sarıkum Nature Reserve (Sinop)

ABSTRACT

Background and Aims Sarıkum Nature Reserve is a special protected area on the Black Sea coast and a precious part of nature. The floodplain forests, the lake ecosystem, and the surrounding vegetation are among the elements that support the region's natural balance. These forests are home to many bird species. They also play an important role in carbon storage and the water cycle. Sarıkum Lake is located at the center of the area and serves as a vital habitat for waterbirds. The reed beds around the lake are critical shelters for other species, such as amphibians and reptiles. This research aims to identify the factors threatening the site.

Methods Field studies were conducted in different seasons to identify the problems negatively affecting the ecosystem, such as uncontrolled tourism, pollution, and illegal hunting.

Results Problems arising from road construction, increased visitor density due to uncontrolled tourism, pollutants, and siltation coming from the river basin feeding the lake all contribute to environmental pollution and can damage the region's fragile ecosystem. Due to various reasons, dieback is occurring in the crowns of ash trees (*Fraxinus* spp.) in the area, and the lake is gradually shrinking.

Conclusion Conscious tourism practices and effective supervision are of great importance for the sustainable protection of Sarıkum Nature Reserve. It is vital for the future of the region that local people and visitors act with an awareness of preserving this unique natural area. Increasing education and awareness activities can raise the level of consciousness regarding the protection of natural life. Additionally, it is believed that projects implemented through the cooperation of local governments and non-governmental organizations could contribute to the preservation of the ecosystem balance in the region.

Key Words: Sinop Sarıkum, wetlands, wetland problems

Bu makaleye atıf:

İmamoğlu, A., Yılmaz, O., 2025. Türkiye’de sulak alanların kullanımı ve tahribatına bir örnek saha; Sarıkum Tabiat Alanı (Sinop). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 78-84.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Subasar ormanları, genellikle suyun yüzeyde ya da yakın seviyelerde bulunduğu ve sahanın zaman zaman sığ suyla kaplandığı ormanları ifade etmektedir. (Pivec, 2002; Tepley ve ark., 2004) Bu alanlar ekolojik, biyolojik ve ekonomik olarak oldukça önemlidir ve pek çok olumlu işleve sahiptir. Subasar alanları çeşitli habitatların bir araya gelmesiyle biyolojik tür çeşitliliğini arttırmıştır. Sulak alanlar tür çeşitliliği açısından oldukça zengindir (Sürmen ve ark., 2023; Ediş, 2024). Dünya da Antarktika hariç her kıtada geniş bir yayılışa sahip sulak alanlar karaların yaklaşık olarak %3 'ünü kaplamakta bu alanların %60'ının subasar ormanları olduğu tahmin edilmektedir (Colhoun, 1999; Çiçek, 2004). Subasar ormanları hem biyolojik çeşitlilik hem de ekolojik zenginlik açısından oldukça önemlidir. İnsanoğlu, dünyada birçok subasar ormanını tehlike altındaki alanlar haline getirmiştir (Ernst and Brown, 1988). Bu alanların hızla azalmasının sebepleri arasında; kesimler, tarım alanları açılması, hidroelektrik güç santrallerinin yapılması, plansız yapılan yol çalışmaları ve beşeri etkenlere bağlı faaliyetler sayılabilir. Bu etkenler orman alanlarının daralmasına, fauna ve floraların yok olmasına ve ekolojik dengenin daha çok bozulmasına neden olmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011; Sürmen ve ark., 2014; Göl ve ark., 2017). Aynı zamanda doğal olarak jeolojik süreçler içerisinde de ormanların azalma gösterdiği bilinmektedir. Kuvaterner'in son buzul devrinde yaşanan iklim Avrupa'daki subasar ormanlarının biyolojik tür çeşitliliğini azaltmış, bu sebeple Trakya ve Anadolu'nun önemli işlevi olduğu Avrupa'dan alçak enlemlere çekilen bitkilere bu alanların bir sığınak olduğu ve onlara ev sahipliği yaptığı tespit edilmiştir (Magyari et al., 2008). Buradaki türler buzul devri sonrası Balkan Yarımadası'nda yerleşik kalmış, ülkemizdeki subasar ormanları da bu süreç içinde önemli işleve sahip olmuştur (Médail and Diedema, 2009).

1971 yılında imzalanan Ramsar Sözleşmesi sulak alanların koruması ve sürdürülebilir kullanımını sağlamayı amaçlayan uluslararası bir sözleşmedir. Sürdürülebilir kullanım ile ilgili olarak "ekosistemin doğallığını bozmadan sürdürülebilir fayda amacı" şeklinde tanımlanmıştır (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).

Sulak alanların yararları çok uzun süre insanlar tarafından algılanamamış hastalık taşıyan bataklık olarak kabul görmüş ve çeşitli sebepler ile kurutulmuştur. Oysa bu alanlar içinde barındırdığı biyolojik zenginlikleri ile doğal müzeler olarak kabul edilmektedir. Sulak alanlar; suların depolanması, sulama ve taşkınları koruma, biyoçeşitlilik dönüşümü, balık stokları, temiz su ihtiyacı ve kaliteli su üretimi açısından hayati öneme sahip sahalardır (Erdoğan ve ark., 2020; Sürmen, 2020). Bu sahalarda çeşitli canlılar için önemli beslenme alanı olduğundan tür çeşitliliği yüksektir. Sulak alanlar zararlı atıkları absorbe ederek suyu temizlemekte ve aynı zamanda erozyonu önlemede kritik bir rol oynamaktadır (Ediş ve ark., 2021). Araştırmalara göre; sazlık gibi bazı su bitkilerinin ağır metalleri emerek depo ettikleri ortaya konulmuştur. (URL 1).

Sulak alanlar gerek iklim değişimi gerek ise yanlış şehirleşme nedenleri ile meydana gelen bozulmalara hassastır ve çok tehlike altında olan ekosistemlerdendir. Bu bozulmaları yanlış ve izinsiz ağaç kesimleri, suların kirlenmesi, sulak alanlara atılan katı atıklar, sulak alanların kurutulup tarıma ve

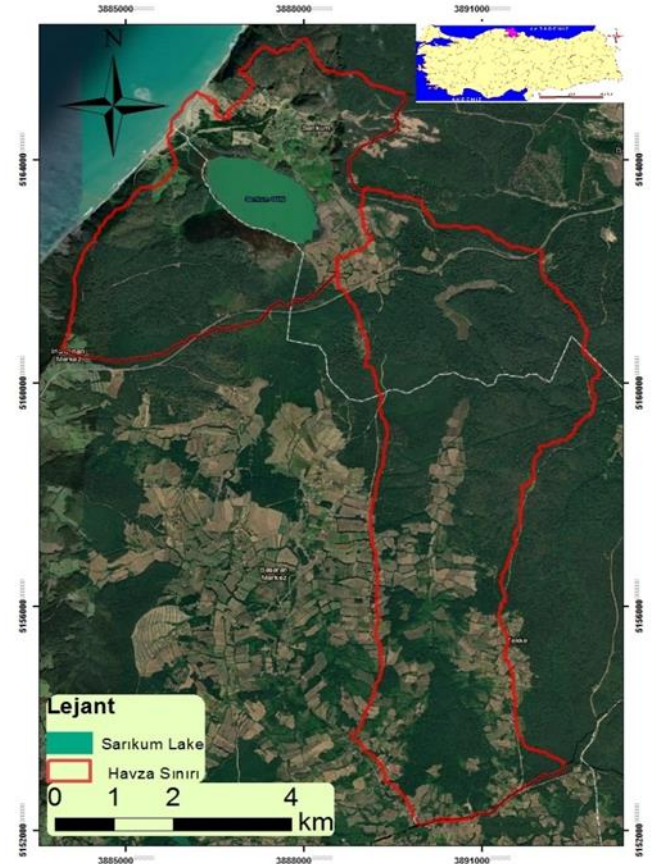
yerleşime açılması, sulak alanlardaki yol çalışmaları vb. hızlandırmaktadır (Göl ve ark., 2018).

Ekolojik olarak değerli kıyıları olan sahalara; Türkiye'de 21. yy'a yaklaşırken ortaya çıkan çeşitli düzenlemeler ile korunmaya başlanmıştır (Bahadır ve Özlü, 2014). Bu manada yapılan bilimsel çalışmaların ise daha çok sulak alanların kirlilik seviyesi ölçümleri ya da kalite ölçümleri gibi konulara yönelik olduğu görülmektedir (Bayar ve Yılmaz, 2020; Aykır, 2023; Özdemir ve ark., 2024).

2. Materyal ve Metod

2.1 Araştırma sahası yeri ve sınırları

Sarıkum Koruma Alanı, Sarıkum Mahallesi sınırında 785 hektar sahada yer almaktadır. Saha 42° 00' 00" – 42° 02' 42" kuzey enlemleri ile 34° 54' 46" – 34° 58' 22" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Sarıkum Gölü ve çevresi; farklı habitatların dar alanda bir arada olması nedeniyle 1987'de "Tabiatı Koruma Alanı" ilan edilmiştir (Yılmaz, 2005; Yılmaz, ve ark., 2018).



Şekil 1. Sarıkum Tabiat Alanı lokasyon haritası

2.2 Yöntem

Bu çalışma ağırlıklı olarak arazi incelemeleri, arazide yapılan gözlem ve görüşmelere dayanmaktadır. Saha çalışması esnasında beşeri ve fiziki sebeplerden dolayı ortaya çıkan sorunlar üzerinde durulmuştur. Arazi çalışmaları sırasında toplanan veriler, ofis ortamında incelenmiş ve yorumlanmıştır.

3. Bulgular

3.1 Doğal ortam özellikleri

Araştırma sahası içindeki hayvan ve bitki türlerinin çeşitliliği ve göç yollarında bulunması gibi sebeplerle uluslararası sulak alan kriteri kazanmış bir sahadır (Yılmaz, 2005). Göl ve çevresinde çok sayıda kuş türü bulunmaktadır. Bunların bir kısmı burada yumurtlamaktadır. Sarıkum Tabiat Alanı besini bol bir sulak alan olup, balık ve dip canlıları bakımından da zengin bir sahadır (Karaduman, 1993). Sarıkum gölü çevresinde karaca, çakal, tilki, gelincik, porsuk ve yabani atlar gibi türler ve çok sayıda sürüngen görülmektedir. Sinop Ayancık yolu üzerinde İncirpınarı köyünde Yaban Hayatı Kurtarma ve Rehabilitasyon Merkezi bulunmaktadır, burada sahanın faunasının devamlılığı sağlanmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Yaban Hayatı Kurtarma ve Rehabilitasyon Merkezi

Göl ve çevresinde, tespit edilen endemik tür sayısı 26, küresel ölçekte ve Avrupa ölçeğinde tehdit altında 2 şer tür bulunmaktadır. Sulak alan çevresinde yer alan bitki türü çeşitliliği bölgenin farklı çevresel özelliklerine göre değişse de farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda da benzer özellikler gözlemlenmiştir (Ediş ve ark., 2022). Göl Türkiye'deki 135 Uluslararası Sulak Alandan birisidir ve önemli kuş alanıdır. (<http://bölge10.ormansu.gov.tr>). Sarıkum Göl çukuru, tektonizmayla oluşmuş ve faylanma hareketleri devam etmektedir (Akkan, 1975). Yıldırım ve ark. (2013), Sinop Yarımadası'ndaki denizel şekillerin karadaki ve denizdeki faylar tarafından son 600 bin yıl içinde yılda 0,02 ile 0,17 mm arasında değişen hızlarda yükseltildiğini tespit etmişlerdir.

Göldeki su sıcaklığı, yıl içinde değişir ve mart ayında 6,9°C ile maksimuma ulaşır (Karaduman, 1993; Uzun, 1998). Sulak alanlardaki su sıcaklığı ve kimyasal parametrelerin mevsimsel değişimleri, biyolojik çeşitliliği ve ekosistem sağlığını doğrudan etkileyebilmektedir (Özen ve ark., 2014). Göl çevresinde bitkiler nispeten birbirinden ayrılmış alanlar olarak görülür. Gölün güneybatısında bulunan alan kofaların yoğunlukta olduğu yazın tamamen kuruyan kışları ise tamamen su altında kalan bir bataklık ve turbalık niteliğindedir (Topuz ve Karabulut, 2018). Güneydeki alanlarda ise dişbudak (*Fraxinus spp.*), kayın (*Fagus spp.*) ve meşe türleri (*Quercus spp.*) bulunur. Bu sahada kesim yapılan plantasyon alanlarına dönüşmüş sahalarda Sinop – Ayancık yolu üzerinden yer yer

izlenebilmektedir. Yörede yapılan bir araştırmada 1274 bitki örneği toplanmış ve bu alanda 72 familya ya ait 266 cins, tür ve tür altı düzeyde toplamda 444 takson olduğu saptanmıştır (Bani ve Elmas, 2022).

Gölün yaklaşık kuzeyinde bulunan Sarıkum köyü, tarım ve hayvancılık faaliyetlerine bağlı olarak doğal ortam için nispeten bir tehdit oluşturmaktadır. Öte yandan köy nüfusunun 2010 yılında 156, 2023 yılında 163 kişi olması (URL 2), nüfusun azlığı ve nüfus artış hızının düşüklüğü sebebiyle kabul edilebilir bir durumdur.

3.2 Ekonomik faaliyetler

Sahada tarım ve hayvancılık yapılmakta olup, göl çevresindeki meralarda hayvancılık faaliyetleri (koyun ve sığır) her arazi çalışmasında gözlemlenmiştir. Özellikle mandalar için bütün sulak alanlarda olduğu gibi bu sahada da göl kıyılarındaki bataklık sahalarda önemli bir kaynak alan oluşturmaktadır. Fakat yaptığımız araştırmalar ve gözlemler neticesinde manda yetiştiriciliğinin yok olmak üzere olduğu ve bu önemli kaynağın kullanılmadığı görülmüştür. Büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığın yanı sıra balıkçılıkta eski ekonomik faaliyetler arasında gösterilebilir. Sarıkum gölünün koruma altına alınmasından sonra, gölde avcılık ve balıkçılık faaliyetleri bütünüyle yasaklanmıştır. Türkiye'nin bazı yörelerinde karşılaştığımız kofa, göl soğanı gibi göl bitkilerinden ekonomik olarak faydalanma durumu tespit edilememiştir.

3.3 Sarıkum Tabiat Alanı'nda yaşanan problemler

Sarıkum Tabiatı Koruma Alanı Türkiye'deki birçok sulak alan gibi önemli bir dizi problemle karşı karşıyadır. Bu problemlerin bazıları beşerî kaynaklı olup bazıları ise doğal olarak gerçekleşmektedir. İnsanın sahadan tamamen temizlenmesi mümkün olmadığı için bu problemlerin tespit edilmesi ve yöre sakinlerini de içine alan çözümöl yaklaşımlar üretilmesi kaçınılmazdır. Bu anlamda zaman zaman yöreye ilişkin çalışmalar yapılırsa da henüz yeterince yol alınıp alınmadığı tartışmalıdır. Bu çalışmada problemler nedenlerine göre başlıklar hainde sıralanarak ele alınmıştır.

3.4 Yol ile ilgili problemler

Sinop-Ayancık yolu yer yer tabanda sıkışmaya sebep olduğu için taban suyu hareketini engellemekte bu durum subasar orman alanlarının bozulmasına ve daralmasına neden olmaktadır. Arazi araştırmalarında İncirpınarı köyünde yaşayan bir yöre sakini ile ormanda devlet kontrolünde kesim yapılırken görüşme gerçekleştirilmiştir. Vatandaş, anayolun yapılması ile birlikte özellikle yolun altındaki ağaçlarda çok fazla kuruma olduğunu belirtmiştir. Bunun sebebini de yolun suya bir bariyer görevi görmesi sebebiyle taban suyu seviyesinin çok fazla yükselmesi ile açıklamaktadır. Aynı zamanda güneyden gelen suların da kuzeye subasara geçişinde problemler yaşanmaktadır. Arazi çalışmalarında yoldaki giderlerin sağanak sonrası yağışları aktarmakta yetersiz kaldığı, suyun yolun güneyindeki plantasyon alanlarında umulandan fazla kaldığı görülmüştür. Yolun güneyinde kalan bitkilerdeki yer yer aşırı yosunlanma kuruma gibi durumlar da suyun

hareketi ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Özellikle yolun güneyinde kalan kısımlarda ormanlarda ağaç türleri varlığını nispeten devam ettirirken orman altı türlerin çok daha az olduğu görülmektedir. Plantasyon alanlarında ise yer yer neredeyse orman altı türlerin tamamı yok olmuştur.



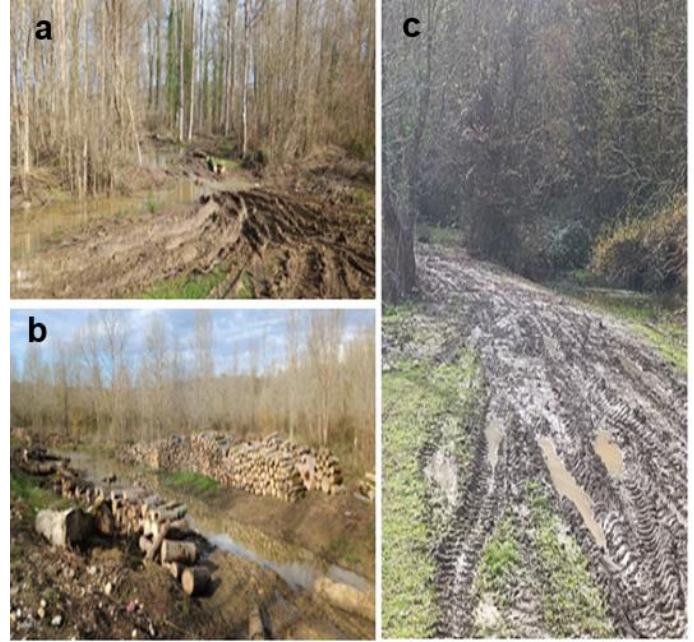
Şekil 3. Yağışlar sonrası yolun güneyinde birikmiş yavaş tahliye olan su birikintisi (üst). Orman altı türlerin önemli kısmının kaybolduğu güneydeki alanlar (alt)

Sahada kesim amacıyla açılan orman içi yollar özellikle su seviyesinin yüksek olduğu mevsimlerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu sahalara orman içi kesim yolları yapılması dahi başlı başına bir problemdir. Bir de yolların araçlar tarafından fazlaca sıkıştırılması gibi durumlar doğal ortamı ciddi tehdit etmektedir (Şekil 4). Bu anlamda koruma kullanım dengesinde ortam yararı gözetilmeden hareket edilmekte ve tahribat yaşanmaktadır. Dolayısıyla alandaki bitki örtüsünün ve habitatın korunarak restore edilmesi ve gerekli mühendislik önlemlerinin alınması gerekmektedir (Ediş ve ark., 2023).

3.5 Nüfus ve yerleşmeye ilişkin problemler

Sarıkum mahallesi 2022 genel nüfus sayımında tespit edilen nüfus 153 kişi olmak üzere bunların 79'u erkek, 74'ü kadındır (URL 2). Nüfusun çoğunluğunu yaşlılar oluşturmaktadır. Sarıkum mahallesi 1990'lı yıllara kadar Abalı mahallesine bağlıyken daha sonraları buradan ayrılarak ayrı bir muhtarlık olmuştur. Eski yerleşmenin nispeten toplu bir yerleşim alanı görüntüsü olup köyün doğusunda caminin bulunduğu alana doğru gidildiğinde yeni yapıların nispeten köyün daha dışında olduğu görülmektedir. Mahalle nüfusunun çoğu gölün doğusunda bulunurken gölün batısında da birkaç yöre sakini yaşamaktadır. Mahallenin her ne kadar evlerinin foseptik

çukurları bulunsa da sahanın evsel atıklarının sulak alana olumsuz etkileri kaçınılmazdır.



Şekil 4. a) Kesim sırasında orman içi yollar. b) Kesim yapılmış dışbudak ağacı istifleri. c) Sulak alan içerisinde gerçekleştirilen kesim faaliyetleri sonrası orman yolları

Öte yandan insanlar eskiye oranla daha dağınık yerleşme tercih etmekte bu da sahanın arazi kullanımı sebebiyle daha fazla zarar görmesi anlamına gelmektedir. Nitekim, Göl ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, demografik süreçlerdeki değişimlerin ve buna bağlı olarak arazi kullanımındaki dönüşümlerin doğal kaynaklar üzerinde önemli etkiler yarattığı ortaya konulmuştur. Hasançavuşoğlu ve Gündoğdu (2019)'nın yaptıkları çalışmada sahanın su kalitesi açısından kirlı sular olarak değerlendirildiği fakat evsel atıklar bakımından sahada beklenilenden daha düşük değerler gösterirken, göldeki önemli kirliliğin tarımsal kirleticilerle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Burada gölün su toplama havzası yukarı çıkırında bulunan tarım alanlarının Keçi Deresi ile göle kirlilik taşıdığı düşünülmektedir.

3.6 Turizme bağlı kirlenme

Doğa turizminde karşılaşılan en büyük problemlerden birisi bilinçsiz turist problemidir. Özellikle sulak alanlar ve yakın çevresi günübirlik piknikçiler tarafından fazlaca kirlenmektedir. Ayrıca kişi ya da kişilerin sulak alan ve çevresinde her yere istediği gibi gidebilmesi, herhangi bir yasak kısıtlama olmaması çoğu zaman bu sahaların korunmasını imkânsız kılmaktadır. Bir diğer önemli problem ise; arazi araçları ile yöreye gelen kişiler çamurlu yollarda eğlence amacıyla off-road adı verdikleri eğlenceyi yaparak hem doğal yapıyı bozmakta hem de orada yaşayan canlıları korkutmak ve kaçırmak suretiyle ortama zarar vermektedir.

3.7 Fırtınalara bağlı kirlenme

Günübirlikçi olarak adlandırılan ziyaretçilerin sebep olduğu kirlilik çoğu zaman herhangi bir sorumlu kişi ya da kurum

tarafından toplanmamaktadır. Bu yüzden piknikçilerden arta kalan atıklar her ne kadar toplu bırakılmış olsa da yabani hayvanlar tarafından dağıtılmakta ya da fırtınalar ile birlikte esen rüzgara bağlı geniş bir alana yayılmaktadır. Sahada bulunan ağaçların hakim rüzgar yönüne bağlı olarak oluşturduğu bayrak şekillerine baktığımızda sahanın rüzgar etkisine çok açık olduğu görülmektedir. Bununla birlikte fırtınalı yağışlar da yaşandığında göl ve yakın çevresi tam bir çöp alanına dönüşmektedir. 2024 yılında Sinop'ta gerçekleşen sel ve taşkınlar neticesinde, Sarıkum Gölü de nasibini almış ve göl kıyılarında ciddi bir kirlilik meydana gelmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Sarıkum Gölü'nde 2024 yılı sel ve taşkınları sonrası meydana gelen kirlenme

3.8 Siltasyon

Gölü güneyden besleyen akarsular ile gelen malzeme zamanla gölü sığlaştırmış, bu durum gölün güney kısmında sazlık alanların genişlemesine ve dışbudak ağaçlarının kurumasına sebep olmuştur (Öztürk ve İmamoğlu, 2023). Topuz ve Karabulut (2018) yaptıkları araştırma sonucu Keçi Deresi'nin getirdiği alüvyonlar ile göl aynasının daraldığını ve saz yataklarının genişlediğini tespit etmişlerdir. Yılmaz ve ark., (2018)'nden edinilen bilgiye göre; Karaduman (1993) yaptığı çalışmada eskiden gölde derinliğin 160 cm civarında olduğu 1993 yılında ise derinliğin 100 cm civarına düştüğü tespit edilmiştir. Bütün bu hızla devam etmektedir. Bu duruma karşı hala gözle görülür bir önlem alınmamış, sahada sazlık alanların genişlemesi ve ağaçlardaki kurumalar devam etmektedir. Bu sebeple alana silt taşıyan su kütlelerinin miktarının belirlenmesi (Uygur Erdoğan ve Ediş, 2024) ve alanın kullanımına ait planlama ve yönetsel önceliklerin belirlenebilmesi için bayes ağırları gibi farklı bilimsel metotlar kullanılabilir (Ediş ve Ulaş, 2017).

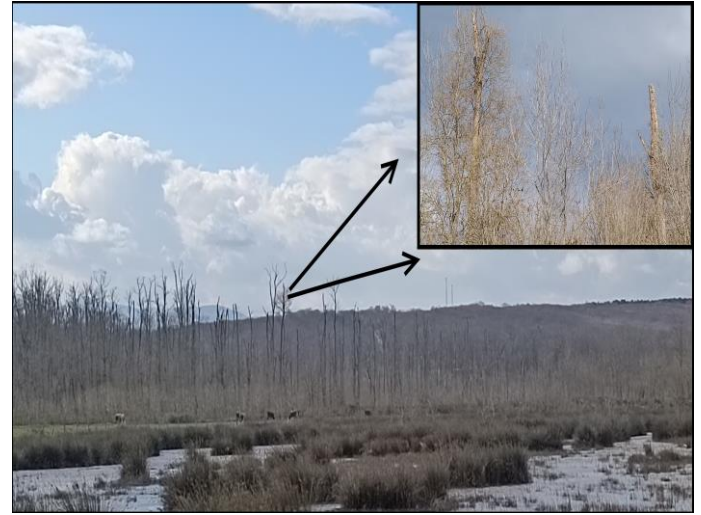
3.9 Yöre sakinlerinin arazi kullanımı

Yayılı kirlilik kaynakları içerisinde sınıflandırılan antropojenik kirleticilerin birçoğu, yayılmış atıklardan oluşan aynı zamanda tek ve belirgin bir kaynağı olmayan kirleticiler olmakla birlikte bu kaynaklar yoğun nüfus ve endüstrileşmenin olmadığı alanlarda; arazi kullanımı, tarım ve hayvancılık faaliyetleri gibi kaynaklardan su kütlesine ulaşmaktadır (Cebe ve Uysal, 2024). Tarımsal amaçlı kullanılan alanlar besinlerin ve zararlı kimyasal ilaç ve gübrelerin ana sağlayıcısıdır (Eşen ve ark., 2012; Köse ve ark., 2014). Özellikle sulardaki yüzey suyu kirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda, göllerde yüzeyde azot ve fosfor kirliliğinin sahadaki arazi kullanımına

bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında gölün su toplama havzasının birçok farklı noktasında tarımsal gübre ve ilaçlara ait kanıtlar görülmüştür. Sahada otlatılan hayvanların gübresinin suya karışması da suyun kirlenmesindeki önemli etkenlerden sayılabilir (Şekil 6).

3.10 Bitkilerde kuruma ve türlerin istilası

Yöredeki taban suyu seviyelerinin beşerî sebeplerle değişikliğe uğraması, gölde siltasyona bağlı değişen kıyı çizgisi, zaman zaman deniz basması fırtınaya bağlı suyun tuzlanması gibi sebeplere bağlı olarak ağaçlarda kurumalar gerçekleşmektedir (Şekil 6). Özellikle Dışbudak ağaçlarının taçlarında gerçekleşen kurumalar orman ekosistemine ciddi zarar vermektedir (Sürmen ve ark., 2012). Bu kurumalar ağaçların ekonomik olarak da değerini düşürmektedir. Ayrıca orman ağaçlarının kuruması sahanın karbon dengesinin bozulması, toprağın bozulması, su tutma kapasitesinin değişmesi gibi başka riskleri de beraberinde getirmektedir.



Şekil 6. Gölün güneyinde tamamen kurumuş Dışbudak ağaçları

4. Sonuç ve Öneriler

İnsan ve sulak alan ilişkisi kullanım, denge, koruma ve gözetim gibi kavramlar açısından oldukça hassas bir konudur. İnsanların bu alanları kullanması ya da tamamen doğaya terk etmesi meselesi bilim camialarınca tartışılmalı da net bir sonuca ulaşılması mümkün görülmemektedir. Sulak alanlar içinde barındırdığı fauna ve flora bakımından zengin olup tropikal ormanlarla benzerlikler göstermektedir. Ayrıca bu alanlar suyun temizlenmesi ve bir dengede tutulması bakımından, tatlı su kaynağı olarak büyük bir önem taşımaktadır. Turizm açısından da doğa yürüyüşleri, doğa fotoğrafçılığı gibi birçok imkân sunmaktadır. İnsanlar tarafından uzun yıllar hastalıklı bölgeler olarak anılan bu alanlar günümüzde daha önemli olarak görülmeye başlanıp koruma altına alınmış olsa da yapılan yanlış orman kesimleri ile tarım alanlarının açılması ve gelişmiş plansız yapılan yol çalışmaları ve daha birçok sebep bu alanlarda bozulmalara neden olmuş ve olmaya devam etmektedir.

Sulak alan olarak Sarıkum subasar ormanı eşsiz doğası, barındırdığı yabani türleri, fotoğraf çekimleri, yürüyüş için ideal bir turizm ve eğlence ortamı sunmaktadır. Turizm

potansiyeli yüksek olan Sarıkum Tabiat Alanı, bu potansiyelin değerlendirilmesi konusunda problemler yaşamaktadır. Koruma kullanım dengesi içerisinde bu sahaların turizme kazandırılması yöre turizmi açısından bir gerekliliktir.

Yörede tabiat koruma alanına doğrudan ve dolaylı çok fazla müdahale olmaktadır. Bütün müdahaleler gölün doğallığını bozmakta ve giderek önemini yitirmesine sebep olmaktadır. Sinop-Ayancık arası yapılan yol çalışmaları bulunduğu alanda tabanda sıkışmaya sebep olduğu için taban suyu hareketini engellemiş bu durum subasar orman alanlarının bozulmasına ve alanlarının daralmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra tarıma açılan araziler de dikkat çekmektedir. Kesilen ağaçlar kurutulan alanlar, subasarlının ekosisteminde bozulmalara neden olmaktadır. Ayrıca budanmaması gereken dışbudak ağaçlarının yanlış budanması ve köylüler tarafından yakacak amaçlı bilinçsizce kesilmesi dışbudakların altına güneş ışıklarının girmesine neden olmaktadır. Bu nedenle orman alt popülasyonunda bozulmalar meydana gelmektedir. Ayrıca turizm amaçlı bölgeyi ziyaret edenler tarafından yakılan ateş ve pikniklerinden sonra etrafa bırakılan çöpler de doğaya zarar vermektedir. Bu sebeplerle;

- Çevre halkına bilinçlendirici bir toplantı veya seminer verilmesi,
- Okul düzeylerinde buraların önemini belirten seminerler düzenlenmesi,
- Fiziki koşulları bozmadan turizme kazandırılacak çalışmaların yapılması ve önlemlerin alınması,
- Bilinçsizce açılan tarım alanlarının Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından denetlenip gerekli çalışmaların yapılması,
- Belediye ve karayollarında yol yapım işlemlerini yapan birimlere OGM tarafından gerekli bilgilerin verilmesi ve ortaklaşa yürütülen bir yol çalışmasının yapılması,

Sarıkum Tabiat alanının sağlıklı bir şekilde varlığını sürdürebilmesi için oldukça önemlidir. Aksi takdirde sulak alanların önemini giderek artmasına rağmen, bu alanların giderek küçülmesi ve zamanla yok olması kaçınılmaz olmaya devam edecektir.

Kaynakça

- Akkan, E., 1975. Sinop yarımadasının jeomorfolojisi. Ankara üniversitesi Dil Tarih Coğrafya Yayınları, Ankara.
- Aykir, D., 2023. Putka Gölü Sulak Alanı'nda (Ardahan) elementlerin ve birincil üretim proksilerinin kirlilik ve risk değerlendirmesi. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 11(9), 1693-1705.
- Bahadır, M., Özlü, T., 2014. Ağaçlı sulak alanlara bir örnek Yörükler Subasar Ormanı (Kızılırmak Deltası). The Journal of Interation Social Research, 7(35), s. 329-344.
- Bani, B., Elmas, E., 2022. Aksaz Sulak Alanı (Sinop)'nın floristik özellikleri. Biological Diversity and Conservation 15(2), 195-217.
- Bayar Abacı, A. A., Yılmaz, K. 2020. Adıyaman, Kahramanmaraş ve Hatay sulak alanı topraklarında bazı ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. Black Sea Journal of Agriculture, 3(2), 128-134.
- Cebe, K., Uysal, O. G., 2024. Kesikköprü baraj gölü havzası yayılı kirlilik kaynaklarının ve kirlilik yüklerinin tahmini. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1), 253-261.
- Colhoun, A. J. K., 1999. Forested wetlands in maintain biodiversity in forest ecosystems, chapter 9.300-301, Hunter, J.R.M.L., Cambridge University Press.
- Çiçek E., 2004. "Subasar ormanların özellikleri ve Türkiye'nin subasar ormanları", İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 54(2), 107-114.
- Ediş, S., 2024. İklim değişikliğinin kurak ve yarı kurak alanlardaki hidrolojik süreçlere etkileri. İklim Değişikliği ve Etkileri: Bütünsel Bir Yaklaşım, 1, 210-244.
- Ediş, S., Ulaş, E., 2017. Çankırı Acıçay-Tatlıçay havzalarında arazi kullanım türlerinin Bayes Ağları yöntemiyle tahmin edilmesi. Turkish Journal of Forestry, 18(3), 212-218.
- Ediş, S., Aytaş, İ., Özcan, A. U., 2021. ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) havzası örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 7(1), 15-22.
- Ediş, S., Timur, Ö. B., Tuttu, G., Aytaş, İ., Göl, C., Özcan, A. U., 2023. Assessing the impact of engineering measures and vegetation restoration on soil erosion: a case study in Osmancık, Türkiye. Sustainability, 15(15), 12001.
- Ediş, S., Tuttu, G., Aytaş, İ., Tuttu, U., Özcan, A. U. 2022. Acıçay (Çankırı) Riparian zonunda zamansal ve mekânsal değişimin analizi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 23(1), 1-10.
- Erdoğan, Ş., Özen, A., Akın, Ş., Ediş, S., 2020. Evaluation of some physicochemical parameters of Cevdet Dünder Pond (Yozgat/Turkey) based on bathymetric map and field measurements. Journal of the Institute of Science and Technology, 10(2), 808-818.
- Ernst, J.P., Brown, V., 1988. Conserving endangered species on southern forested wetlands. In: Proceedings of The Symposium: The Forested Wetlands of the Southern United States, July 12-14 Orlando, Florida.
- Eşen, D., Yıldız, O., Ediş, S., Esen, U., Çetintaş, C., 2012. Düzce'de glyphosate yaprak herbisitinin genç yabancı kiraz (Prunus avium L.) fidanlarına etkisi. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 8(1), 50-57.
- Göl, C., Çakır, M., Ediş, S., Yılmaz, H., 2010. The effects of land use/land cover change and demographic processes (1950-2008) on soil properties in the Gökçay catchment, Turkey. African Journal of Agricultural Research, 4(13), 1670-1677.
- Göl, C., Ediş, S., Yılmaz, H., 2017. Legal and Administrative Problems in Watershed Management in Turkey: Case of Tatlıçay Watershed. Environmental Engineering & Management Journal, 16(12), 3126-3134.
- Göl, C., Günlü, A., Ediş, S., Küçükdöngül, A., 2019. The effects of catchment melioration on land use types and land cover (LULC) between 1990-2014 in Çorum-Osmancık-Emine Creek watersheds. Turkish Journal of Forestry, 19(2), 149-155.
- Hasançavuşoğlu, Z., Gündoğdu, A., 2019. Sarıkum Gölü 'nde (Sinop) anyonik deterjan kirliliğinin belirlenmesi. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 7(11), 1825-1833.
- Karaduman, H., 1993. sinop milli parklar ve av-yaban hayatı başmühendisliği görev alanı içinde bulunan Sarıkum

- Gölü'nün Türkiye – Finlandiya ortak proje kapsamına alınması ile ilgili bilgileri içerir rapor, Sinop.
- Köse E., Tokatlı C., Çiçek A., 2014. Monitoring stream water quality: a statistical evaluation, Polish Journal of Environmental Studies, 23(5), 1637-1647.
- Magyari, E.K., Chapnam, J.C., Gaydarska, B., Marinova, E., Deli, T., Huntly, J.P., Allen, J.R.M., Huntley, B., 2008. The "orintaloriental" component of the Balkan Flora: evidence of prence of the Tracian Plain during Weichselian late-glacial. Journal of Biogeography, 35(5), 865-883.
- Médail, F., Diadema, K., 2009. Clacial refugia influence plant diversity, patterns in the Mediterranean Basin. Journal of Biogeography, 36, 1333-1345.
- Özdemir, K., Ciner, M. N., Özcan, H. K., Aydın, S., 2024. Evaluation of water and sediment quality in lake Mogan, Türkiye. Water, 16(11), 1546.
- Özen, A., Ediş, S., Göl, C., 2014. Modelling of minimum water levels of Lake İznik by using time series models. Journal of Biological and Environmental Sciences, 8(24), 125-132.
- Öztürk, S., İmamoğlu, A., 2023. Oyun temelli öğrenme ile subasar ormanları hakkında farkındalık oluşturma: Sarıkum Tabiat Alanı, Ege 10th International Conference On Social Sciences, 22-24 Kasım, İzmir s. 1732-1744.
- Pivec, J., 2002. A short-term response of flood plain and spruce forests to evaporation requirements in Moravia in different years. Journal of Forest Science, 48 (7), 320-327.
- Sürmen, B., 2020. İstilacı *Ailanthus altissima* (Mill.) swingle (Simaroubaceae) türünün yaprak N ve P rezorbsiyonu. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(100. Yıl Özel Sayı), 35-50.
- Sürmen, B., Doğan, A., Kutbay, H. G., Yalçın, E., 2012. Hacıosman Tabiat Koruma Alanı (Samsun/Türkiye) Subasar Ormanı'nda relik bir tür olan dişbudak yapraklı kanatlı ceviz (*Pterocarya fraxinifolia* (poiret) spach)'in gelişme ve senesens dönemindeki N:P oranı. Journal of the Institute of Science and Technology, 2(4), 37-42.
- Sürmen, B., Kutbay, H. G., İmamoğlu, A., 2023. Türkiye'deki farklı tahribat dereceli su basar ormanların karakter türleri. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5(2), 152-168.
- Sürmen, B., Kutbay, H. G., Kılıç, D. D., Huseyinova, R., Kılınc, M., 2014. Ellenberg's indicator values for soil nitrogen concentration and pH in selected swamp forests in the Central Black Sea region of Turkey. Turkish Journal of Botany, 38(5), 883-895.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Resmî Gazete. Sulak alanların korunması yönetmeliği, sayı 25818. Tarih (17.05.2005).
- Tepley, A.J., Cohen, J.G., Huberty, L., 2004. Natural community abstract for floodplain forest. Michigan Natural Features Inventory, Lansing M1. 14 pp.
- Topuz, M., Karabulut, M., 2018. Sarıkum Gölü'nde (Sinop) Meydana Gelen Zamansal Değişimlerin ve Ekolojik Etkilerinin İncelenmesi, Journal of International Social Research, 11(60), 419-429.
- URL 1. <http://bolge10.ormansu.gov.tr> (Son Erişim Tarihi: 15.12.2023).
- URL 2. https://tr.wikipedia.org/wiki/Sar%C4%B1kum,_Sinop (Son Erişim Tarihi: 15.12.2023).
- Uygur Erdoğan, B., Ediş, S., 2024. Analysis of hydrological drought patterns in thearar river basin within the frame work of transboundary water management. International Journal of Ground Sediment & Water, 20, 1495-1516.
- Uzun, A., 1998. Sinop ilinin bazı doğal turistik çekicilikleri. Ondokuz Mayıs University Journal of Education Faculty, 11(1), 4-13.
- Yıldırım, C., Melnick, D., Ballato, P., Schildgen, T. F., Ehtler, H., Erginal, A. E., Strecker, M. R., 2013. Differential uplift along the northern margin of the Central Anatolian Plateau: inferences from marine terraces. Quaternary Science Reviews, 81, 12-28.
- Yılmaz, C., 2005. "Sarıkum Gölü Ekosistemi (Sinop)" TURQUA-TÜRKİYE Kuvaterner sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul teknik Üniversitesi, Avrasya Yenilenebilir Enstitüsü Yayını. İstanbul ss. 219-226.
- Yılmaz, C., Uzun, A., Zeybek, H. İ., 2018. Sarıkum Gölü'nün doğal ortam özellikleri ve kültürel ekolojisi (Sinop), Sosyal Bilimciler Gözüyle Sinop, Editör: Özgür Kıran, Berikan Yayıncılık, ss.465.
- Yılmaz, H., Göl, C., Ediş, S., 2011. The importance of watershed characteristics in integrated watershed management (A Case of Gökdere Watershed, Turkey). Fresenius Environmental Bulletin, 20(12), 3126-3134.



Çimentolu yongalevhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine silis dumanı ve uçucu külün sinerjik etkisi

Hüsnü Yel ^{1*}

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 19/02/2025

Kabul Tarihi: 26/04/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1643332>

*Corresponding author:

yel33@artvin.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Bu çalışmada; çimento üretimi kaynaklı sera gazı emisyonunun azaltılması, enerji tasarrufunun artırılması, doğal kaynakların korunması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla bir endüstri yan ürünü olan silis dumanı ve uçucu külün çimentolu yongalevha üretiminde çimentoya ikame olarak birlikte kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Yöntemler Bu amaçla, Portland çimentosuna ikame olarak farklı oranlarda silis dumanı (%2,5, %5, %7,5, %10 ve %12,5) ve uçucu kül (%2,5, %5, %7,5, %10 ve %12,5) karışımları kullanılarak, 1200

kg/m³ hedef yoğunluk, 1/2,5 odun-çimento oranı, 450 mm x 450 mm x 10 mm boyutunda tek tabakalı çimentolu yongalevhalar üretilmiştir. 28 gün kürleme işleminden sonra çimentolu yongalevhalar; yoğunluk, rutubet, su alma, kalınlık artımı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, vida tutma direnci ve yüzeye dik çekme direnci testlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen verilerin istatistik analizi yapılarak standart değerlerle karşılaştırılmıştır.

Bulgular Silis dumanı-uçucu kül kullanımı arttıkça levhaların su alma ve kalınlık artımı değerleri de artmıştır. Silis dumanı-uçucu kül karışımı levhaların yoğunluğunu artırırken rutubet değerini düşürmüştür. Silis dumanı-uçucu kül kullanımı arttıkça, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve vida tutma direnci değerlerinde önce düşüş daha sonra bir artış gerçekleşmiştir. Çimento %15 oranına kadar silis dumanı-uçucu kül ikamesi yüzeye dik çekme direnci değerinde istatistiksel olarak bir önemli bir düşüşe neden olmamıştır.

Sonuç Direnç değerlerinde az da olsa düşüşler gerçekleşse de tüm levha grupları TS EN 634-2 standardındaki değerleri (kalınlık artımı hariç) karşılamaktadır. Bu nedenle, çimento %25 oranına kadar silis dumanı (%12,5)-uçucu kül (%12,5) karışımı kullanılarak yapısal kullanım amaçlı çimentolu yongalevhaların üretililebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çimentolu yongalevha, fiziksel özellikler, mekanik özellikler, silis dumanı, uçucu kül

The synergistic effect of silica fume and fly ash on the physical and mechanical properties of cement-bonded particleboards

ABSTRACT

Background and Aims In this study, the usability of silica fume and fly ash, industrial by-products, as substitutes for cement in the production of cement-bonded particleboard was investigated to reduce greenhouse gas emissions from cement production, increase energy savings, protect natural resources, and lower production costs.

Methods For this purpose, experimental cement-bonded particleboards were produced by partially replacing Portland cement with varying proportions of silica fume (2.5%, 5%, 7.5%, 10%, and 12.5%) and fly ash (2.5%, 5%, 7.5%, 10%, and 12.5%). The experimental boards were designed with a target density of 1200 kg/m³, a wood-to-cement ratio of 1/2.5, and dimensions of 450 mm × 450 mm × 10 mm in a single-layer configuration. After a 28-day curing process, the cement-bonded particleboards were subjected to tests for density, moisture content, water absorption, thickness swelling, bending strength, modulus of elasticity in bending, screw withdrawal resistance, and internal bond strength. The obtained data were statistically analyzed and compared to standard requirements.

Results As the usage of silica fume and fly ash increased the water absorption and thickness swelling values of the boards also increased. The silica fume-fly ash mixture increased the density of the boards while reducing their moisture content. While flexural strength, modulus of elasticity in bending, and screw withdrawal resistance initially exhibited a decline, these properties improved after a certain threshold. The replacement of up to 15% of cement with silica fume-fly ash mixture did not cause a statistically significant reduction in internal bond strength.

Conclusion Although there were slight decreases in mechanical strength properties, all board groups met the values specified in the TS EN 634-2 standard except for thickness swelling. Consequently, it was concluded that cement-bonded particleboards for structural use can be produced by using a mixture of silica fume (12.5%)-fly ash (12.5%) up to 25% as a substitute for cement.

Key Words: Cement-bonded particleboards, physical properties, mechanical properties, silica fume, fly ash

Bu makaleye atıf:

Yel, H., 2025. Çimentolu yongalevhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine silis dumanı ve uçucu külün sinerjik etkisi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 85-91.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Çimento yaygın olarak kullanılan bir inşaat malzemesidir ve üretimi 19. yüzyılın ortalarından bu yana artmaktadır (Ige et al., 2024). Dünyada toplam çimento üretimi, 1995 yılında 1,39 milyar ton iken, 2023 yılında 4,1 milyar tona ulaşmıştır (Jaganmohan, 2024). 2022 yılında dünyada çimento üretimi nedeniyle açığa çıkan toplam karbondioksit miktarı yaklaşık 1,6 milyar tondur (Dünyadaki toplam karbondioksitin yaklaşık %8'ine karşılık gelmektedir) ve bu da çimento endüstrisini, dünyanın üçüncü veya dördüncü en büyük karbondioksit emisyon kaynağı yapmaktadır (Purton, 2024). Çimento üretimi, atmosfere büyük miktarda sera gazı (CO₂) salan enerji yoğun bir işlemdir. 1 ton Portland çimentosunun üretimi için, yakıt ve diğer materyaller dahil yaklaşık 2,8 ton hammadde gerekmektedir ve üretim esnasında yaklaşık 1 ton sera gazı (CO₂) açığa çıkmaktadır (Abo-El-Enein et al., 2015). Çimento ve beton üretiminin karbondan arındırılması, sürdürülebilir inşaat uygulamaları ve iklim değışikliğinin azaltılması açısından hayati önem taşımaktadır (Barbhuiya et al., 2024). Çimento üretimi kaynaklı sera gazı emisyonunun azaltılması, enerji tasarrufunun artırılması, doğal kaynakların korunması ve atıkların değerlendirilmesiyle üretim maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla çimentoya belli oranda ikame olarak puzolanların kullanımı teşvik edilmektedir (Abo-El-Enein et al., 2015; Correa-Yepes et al., 2018).

Tamamlayıcı çimentolu malzemeler (uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu, metakaolin vb.), çimentolarda klinkerin kısmen yerine veya beton karışımlarında Portland çimentosunun kısmen yerine kullanılan çözünür silisli, alüminosilisli veya kalsiyum alüminosilisli tozlar olup, çoğu diğer endüstrilerin bir yan ürünüdür. Tamamlayıcı çimentolu malzemeler, günümüzde beton üretimiyle ilişkili karbondioksit emisyonlarının azaltılmasında kullanılan temel araçlardan biri olarak hizmet vermektedir (Juenger et al., 2019). Tamamlayıcı çimentolu malzeme olarak en çok kullanılan silis dumanı ve uçucu küldür. Silis dumanı, silikon veya ferrosilikon alaşımlarının üretimi sırasında yüksek saflıkta kuvarsin bir elektrik ark ocağında indirgenmesiyle üretilen son derece ince, toz benzeri silisli puzolanik bir malzemedir. Silis dumanı, yüksek oranda amorf silis içeren (yaklaşık %85) küresel partiküllerden oluşmakta olup, partikül boyutu Portland çimentosunun partikül boyutundan yaklaşık 100 kat daha küçüktür (Sakulich, 2011). Dünyada yılda yaklaşık 900 bin ton silis dumanı üretildiği rapor edilmektedir (Arshad et al., 2021). Uçucu kül ise, termik santrallerde kömürün yakılması sonucu oluşan bir yan üründür. Dünyada her yıl yaklaşık 600 milyon ton kömür külü üretilmekte olup, bunun yaklaşık 500 milyon tonunu uçucu kül oluşturmakta ve bunun sadece ortalama %16'sı kullanılmaktadır (Dipta et al., 2023).

Patil et al. (2021), çimentoya ikame olarak %5, %10 ve %15 oranlarında silis dumanı ve uçucu kül kullanarak ürettikleri betonların dayanım özelliklerini araştırmıştır. Üretilen beton örneklerinde en yüksek eğilme, basınç ve çekme direnci değerlerinin %5 silis dumanı ve %5 uçucu kül kullanılarak üretilen örneklerden elde edilirken, en düşük değerlerin ise %15 silis dumanı ve %15 uçucu kül içeren örneklerden elde edildiği rapor edilmiştir. Liu et al. (2014) tarafından çimentoya ikame olarak farklı oranlarda silis dumanı (%2, %5 ve %8) ve uçucu kül (%10, %20 ve %30) karışımı kullanarak beton örnekleri

üretilmiştir. Karışımında uçucu kül miktarı artıkça beton örneklerinin eğilme ve basınç direnci değerleri düşerken, silis dumanı miktarı artıkça basınç ve eğilme direnci değerlerinde önce artış sonra bir düşüş meydana geldiği tespit edilmiştir. Benli ve Karataş (2019), kendiliğinden yerleşen harçlarda çimentoya ikame olarak farklı oranlarda uçucu kül (%10 ve %20) ve silis dumanını (%6, %10 ve %14) karışımı kullanmıştır. Çalışmada; %10 silis dumanı ve %10 uçucu kül içeren örneklerin kontrole göre %5 daha yüksek basınç direnci verirken, diğer karışım oranlarına sahip örneklerin daha düşük basınç direnci verdiği tespit edilmiştir. Eğilme direnci değerlerinde ise sadece %10 uçucu kül ve %14 silis dumanı karışımı içeren örnekler, kontrolden daha yüksek bulunmuştur.

Odun-çimento kompozit levhalar; yüksek mekanik özellikler, düşük üretim maliyeti, iyi işlenebilirlik, düşük yoğunluk, iyi akustik ve termal yalıtımı yanında suya, mantara, böceğe ve yangına karşı yüksek dayanım gibi mükemmel özelliklerinden dolayı inşaat ve yapı sektöründe yaklaşık 100 yıldır yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Nasser et al., 2016; Aras et al., 2019; Yel et al., 2025). Odun-çimento kompozit levhaların üretiminde odun, güçlendirici ve dolgu malzemesi olarak lif, yonga, şerit, etiket veya yün formlarında kullanılmakta ve genellikle buna göre adlandırılmaktadır (Aras et al., 2021). Ayrıca, üretimde bağlayıcı olarak çimento, reaksiyon başlatıcı olarak su ve odun-çimento uyumsuzluğunu azaltmak için ise CaCl₂, Al₂(SO₄)₃ gibi farklı kimyasal katkı maddeleri kullanılmaktadır. Odun-çimento kompozit levhaların en yaygın kullanılan türleri; çimentolu yonga levha, çimentolu lif levha, çimentolu odun yünü levhalar ve çimentolu şerit yonga levhalardır (Brahmia et al., 2020).

Beton üretiminde çimentoya belli oranlarda ikame olarak silis dumanı ve uçucu külün birlikte kullanımı ile ilgili bazı araştırmalar yapılmıştır. Ancak odun-çimento kompozitlerinin üretiminde çimentoya ikame olarak silis dumanı ve uçucu külün birlikte kullanımı ile ilgili herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada farklı oranlarda çimentoya ikame olarak silis dumanı ve uçucu külün birlikte kullanımının çimentolu yongalevhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Elde edilen verilerin istatistik analizi yapılmış, kontrol örnekleriyle ve ilgili standart değerlerle karşılaştırması yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan Portland çimentosu, silis dumanı ve uçucu kül, sırasıyla Trabzon Aşkale Çimento Sanayi Tic. A.Ş., Antalya Etibank Elektrometalürji İşletmesi ve Kütahya ARES Çimento İnşaat Sanayi Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Şekil 1'de Portland çimentosu (CEM II 32.5R) ve puzolanik malzemelere (uçucu kül ve silis dumanı) ait görsel verilmiştir. Çizelge 1'de ise Portland çimentosu ve puzolanik malzemelerin kimyasal bileşiminin karşılaştırılması verilmiştir (Aşkale Çimento, 2021; Türker ve ark., 2009; Eti Elektrometalürji, 2024).



Şekil 1. Portland çimentosu, uçucu kül ve silis dumanı

Güçlendirici ve dolgu malzemesi olarak Titrek kavak (*Populus tremula* L.) yongaları kullanılmıştır. Odunlar önce yongalanmış, ardından üretime uygun yongalar elde etmek için elenmiştir. Üretimde 1,5 mm elekten geçen ve 0,5 mm elek üzerinde kalan yongalar kullanılmıştır. Eleme işleminden sonra hava kurusu rutubete (%12) ulaşmaya kadar yongaların kuruması sağlanmıştır. Odundaki inhibitör maddelerin etkisini azaltmak ve odun-çimento uyumluluğunu artırmak için levhaların üretiminde sertleştirici olarak granül şeklinde piyasadan temin edilen kalsiyum klorür (CaCl_2) kullanılmıştır.

Çizelge 1. Portland çimentosu, uçucu kül ve silis dumanının kimyasal içeriği

Oksit	Portland Çimentosu (% ağırlık)	Uçucu Kül (% ağırlık)	Silis Dumanı (% ağırlık)
SiO_2	19,60	54,49	91,92
Fe_2O_3	2,13	9,27	0,20
Al_2O_3	4,20	20,58	0,42
CaO	57,85	4,26	2,06
MgO	1,50	4,48	3,69
SO_3	2,59	0,52	0,37

2.2 Yöntem

2.2.1 Deneme levhalarının üretimi

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan malzemelerin oranları ve üretim şartları Çizelge 2’de verilmiştir. Portland çimentosu, silis dumanı ve uçucu kül Çizelge 2’de belirtilen oranlarda plastik bir kaba konularak homojen bir karışım elde etmek için bir mikser yardımıyla 10 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra bu karışım, kavak yongası ile 10 dk daha karıştırılmıştır. Odun-çimento uyumluluğunu artırmak için %10’luk kalsiyum klorür çözeltisi ve su, karışıma ilave edilerek homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırma işlemine devam edilmiştir. Elde edilen homojen karışım, 60 cm x 60 cm boyutundaki alüminyum plakalar üzerine 45 cm x 45 cm boyutundaki kalıp vasıtasıyla tek tabaka olacak şekilde serilerek levha taslağı oluşturulmuştur. Şekil 2’de soğuk presleme işleminden sonra kalıptan çıkarılan levha taslağı görülmektedir.

Çizelge 2. Deneme levhalarının üretim planı

Levha türü	P. çimentosu (%, ağırlık)	Silis dumanı (%, ağırlık)	Uçucu kül (%, ağırlık)	Diğer üretim parametreleri
SF-1	100	0	0	Odun-çimento oranı: 1/2,5
SF-2	95	2,5	2,5	Su-çimento oranı: 0,61
SF-3	90	5	5	Levha boyutu: 45x45x1 cm ³
SF-4	85	7,5	7,5	Sertleştirici: CaCl_2 , %5 (çimento ağırlığına oranla)
SF-5	80	10	10	Pres basıncı: 18-20 kg/cm ²
SF-6	75	12,5	12,5	Pres sıcaklığı: 40 °C



Şekil 2. Soğuk preslemeden sonra kalıptan çıkarılmış levha taslağı.

Soğuk presleme işleminden sonra levha taslağı, 40 °C sıcaklık ve 18-20 kg/cm² basınç altında 24 saat sıcak presleme işlemine tabi tutulmuştur. Presten çıkarılan levhar (450x450x10 mm³), %60-70 bağıl nem ve 18-22 °C sıcaklığa sahip klimatize odada 28 gün bekletilerek çimento reaksiyonunun tamamlanması sağlanmıştır. Daha sonra levhalar, mekanik ve fiziksel testlerin yapılabilmesi için ilgili standartta belirtilen boyutlarda daire testere ile kesilmiştir.

2.2.2 Mekanik ve fiziksel testler

Levhaların fiziksel özelliklerinden rutubet, yoğunluk, su alma ve kalınlık artımı değerleri sırasıyla TS EN 322 (1993), TS EN 323/1 (1999), ASTM D1037 (2006) ve TS EN 317 (1993)’de belirtilen esaslara uygun olarak 50x50x10 mm³ boyutundaki örnekler kullanılarak belirlenmiştir.

Levhaların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri TS EN 310 (1993) standardındaki esaslara uygun olarak 250x50x10 mm³ boyutundaki örnekler kullanılarak belirlenmiştir. Yüzeye dik çekme direnci, TS EN 319 (1993)’e göre 50x50x10 mm³ örnekler kullanılarak belirlenmiştir. Vida tutma direnci testleri ise TS EN 320 (2011)’e göre 75x75x10 mm³ boyutundaki örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tüm mekanik testler, ZwickRoell Z050 (50 kN) üniversal test cihazında gerçekleştirilmiştir.

2.2.3 İstatistik analiz

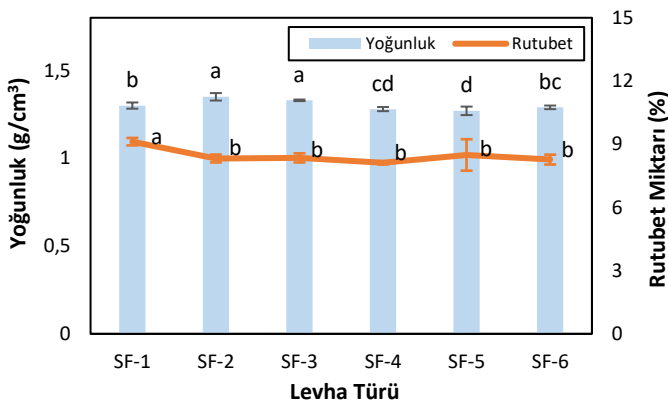
Yapılan fiziksel ve mekanik testler sonucu elde edilen veriler, IBM SPSS Statistics 25 paket programı kullanılarak basit varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Homojenlik grupları ise Duncan testi kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Fiziksel özellikler

Portland çimentosuna farklı oranlarda silis dumanı ve uçucu kül ikame edilerek üretilen tek tabakalı çimentolu yongalevhaların yoğunluk ve rutubet miktarı değerlerine ait aritmetik ortalama, standart sapma ve homojenlik grupları Şekil 3'te verilmiştir. En yüksek yoğunluk değeri %2,5 silis dumanı ve %2,5 uçucu kül karışımı içeren çimentolu yongalevha örneklerinden (SF-2) elde edilirken, en düşük değer ise %10 silis dumanı ve %10 uçucu kül içeren levha grubundan (SF-5) elde edilmiştir. SF-2 ve SF-3 levha grupları aynı homojenlik grubunda yer alırken, diğer levha grupları farklı homojenlik grubunda yer almıştır.

SF-2 ve SF-3 levhalarının yoğunluk değerleri arasındaki fark, istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. SF-2 ve SF-3 levhalarındaki yoğunluk artışının sebebi silis dumanı ve uçucu külün mikro-dolgu etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çimentodan daha küçük tanecik boyutuna sahip olan silis dumanı, boşlukları doldurarak levha hacminde bir değişikliğe neden olmadan ağırlık artışına neden olduğu ve bunun sonucu olarak bir yoğunluk artışı meydana geldiği düşünülmektedir. Ancak %5'ten daha fazla silis dumanı ve uçucu kül karışımı kullanımında ise levha yoğunluğunun düştüğü görülmüştür. Bu durum, silis dumanı ve uçucu külden kaynaklı, levhalarda yeterli iç bağlanmanın sağlanamaması nedeniyle prestan çıkan levhalarda meydana gelen geri yaylanmadan kaynaklanmış olabilir. Ayrıca silis dumanı ve uçucu külün çimentodan daha hafif olması da levha yoğunluğundaki azalmanın diğer bir sebebi olabilir.

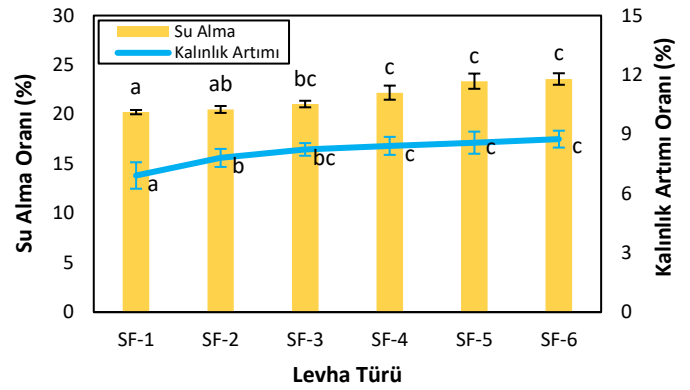


Şekil 3. Deneme levhalarının yoğunluk ve rutubet değerleri (Hata çubukları: Standart sapma; Küçük harfler: homojenlik grupları)

Lashari et al. (2023), silis dumanının beton örneklerinin yoğunluk değerinde artışa neden olduğunu ve bunun nedeninin ise silis dumanının betondaki boşluk miktarını azaltmasından kaynaklandığını ifade etmiştir. Chandra Sekar et al. (2016) ise çimentoya ikame olarak uçucu kül kullanımı arttıkça betonun yoğunluğunun düştüğünü ve bunun çimento ve uçucu kül arasındaki yoğunluk farklılığından kaynaklandığını rapor etmiştir.

Silis dumanı-uçucu kül kullanımı çimentolu yonga levhaların rutubet değerlerinde az da olsa bir düşüşe neden olmuştur. Ancak kontrol levhası hariç tüm levha grupları aynı

homojenlik grubunda yer almıştır. TS EN 634-1 (1999)'a göre çimentolu yongalevhaların rutubet miktarı %6-%12 arasında olması gerekmektedir. Buna göre, tüm levha grupları standart değerleri karşılamaktadır.



Şekil 4. Deneme levhalarının 24 saatlik su alma ve kalınlık artımı (şişme) oranları (Hata çubukları: Standart sapma; Küçük harfler: Homojenlik grupları)

Deneme levhalarının 24 saat suda bekletildikten sonra ölçülen su alma ve kalınlık artımı değerlerine ait aritmetik ortalama, standart sapma ve homojenlik grupları Şekil 4'te gösterilmektedir. Şekil 4'te de görüldüğü üzere, çimentolu yongalevhada çimentoya ikame olarak silis dumanı-uçucu kül miktarı arttıkça su alma ve kalınlık artımı oranı da artmıştır. En yüksek su alma ve kalınlık artımı oranı %12,5 silis dumanı ve %12,5 uçucu kül içeren levha grubundan (SF-6) elde edilirken, en düşük değerler ise kontrol levhasından (SF-1) elde edilmiştir.

Hem su alma hem de kalınlık artımı değerlerinde SF-4, SF-5 ve SF-6 levha grupları aynı homojenlik grubunda yer alırken, diğer levhalar farklı homojenlik grubunda yer aldığı gözlenmiştir. Başka bir ifadeyle, silis dumanı ve uçucu külün %5'ten daha fazla kullanımının, levhaların su alma ve kalınlık artımı değeri üzerinde istatistiksel olarak bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bu duruma silis dumanı-uçucu kül karışımının çimento hidrasyon ürünlerinden biri olan kalsiyum hidroksit ile yeterli bir reaksiyon gerçekleştirememesi ve ikameden dolayı levhada çimento miktarının azalması sonucu levhada zayıf iç bağlanmaya neden olmuş olabilir. Bu da levhanın kalınlık artımı ve su alma oranındaki artışın sebebi olabilir. Ayrıca, bu artışlara silis dumanının yüksek yüzey alanı ve uçucu külün yüksek su tutma kapasitesi de katkı yapmış olabilir.

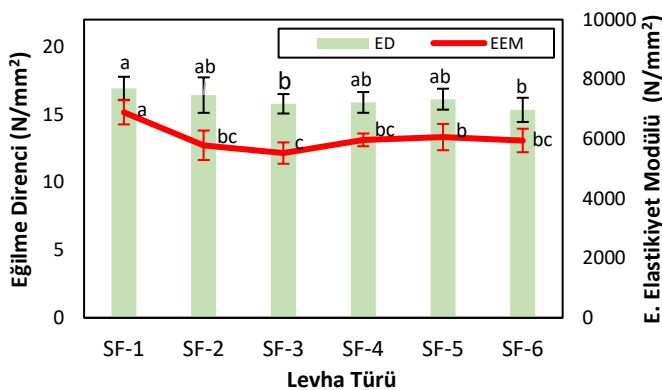
Benli ve Karataş (2016), çimentoya ikame olarak farklı oranlarda silis dumanı (%6, %10 ve %14) ve uçucu kül (%10 ve %20) karışımı kullanarak ürettikleri beton örneklerinde sadece %10 silis dumanı ve %20 uçucu kül içeren örneklerin kontrolden daha düşük su alma değeri verdiği, diğer tüm örnek gruplarının kontrolden daha yüksek su alma değeri verdiğini rapor etmiştir. Bunun silis dumanının çok ince taneli olmasından dolayı yüzey alanın çok fazla olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Yel and Ürün (2022), çimentoya ikame olarak farklı oranlarda uçucu kül (%5, %10, %15 ve %20) kullanarak ürettikleri çimentolu yongalevhalarla uçucu kül kullanımı arttıkça su alma miktarının arttığı ve kalınlık artımı oranında ise istatistiksel olarak bir farklılığın meydana gelmediğini rapor etmiştir. Bu durumun, uçucu külün yüksek su tutma kapasitesi ve uçucu külün $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile reaksiyonu sonucu oluşan C-S-H jelinin yüksek yüzey alanına sahip olmasından kaynaklandığını ifade

etmiştir. TS EN 634-2 (2009) standardına göre, çimentolu yongalevhaların 24 saat suda bekletildikten sonra kalınlık artımı (şişme) oranının maksimum %1,5 olması gerekmektedir. Ancak kontrol grubu dahil tüm levha grupları bu standart değerin üzerinde kalınlık artımı değeri vermiştir. Bu durum, odun/çimento oranının yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir.

3.2 Mekanik özellikler

Portland çimentosuna farklı oranlarda silis dumanı ve uçucu kül ikame edilerek üretilen tek tabakalı çimentolu yongalevhaların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait aritmetik ortalama, standart sapma ve homojenlik grupları Şekil 5'te verilmiştir. Çimentoya ikame olarak silis dumanı ve uçucu kül karışımının çimentolu yongalevhaların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerini az da olsa düşürdüğü görülmüştür. En düşük eğilme direnci değeri %12,5 silis dumanı ve %12,5 uçucu kül içeren levha grubundan (SF-6), en yüksek değer kontrol grubundan (SF-1) elde edilmiştir. En düşük eğilmede elastikiyet modülü değeri ise %5 silis dumanı ve %5 uçucu kül içeren levha grubundan (SF3), en yüksek değer ise kontrol grubundan (SF-1) elde edilmiştir.

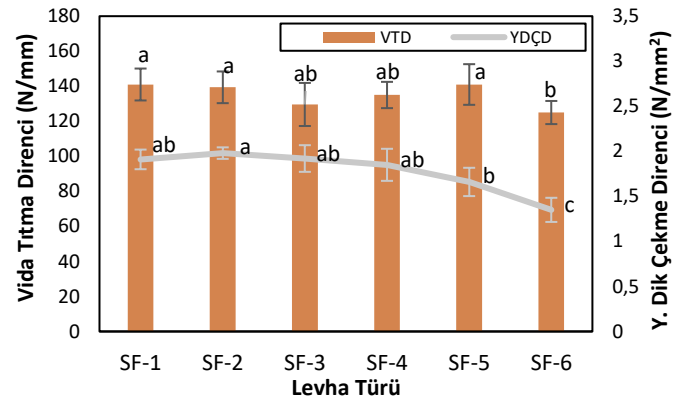
Üretilen çimentolu yongalevhalarında silis dumanı-uçucu kül kullanımı arttıkça çimento miktarı da aynı derecede azalmıştır. Silis dumanı ve uçucu külün, kalsiyum hidroksit ile yeterli düzeyde reaksiyon gerçekleştirmediği ve çimento miktarındaki azaldan dolayı, levhaların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde az da olsa düşüşler meydana gelmiştir (Lin et al., 2017; Patil et al., 2021). Hem eğilme direnci değerleri hem de eğilmede elastikiyet modülü değerleri %5'ten daha fazla silis dumanı-uçucu kül kullanımıyla artsa da kontrol levhasını geçememiştir. Silis dumanı ve uçucu külün çimentoya göre daha hafif ve daha hacimli olması, sıkıştırma faktörünü artırdığından dolayı levhalar daha kompakt bir yapıya sahip olmaktadır. Bu nedenle, %5'in üzerinde silis dumanı-uçucu kül kullanımı arttıkça eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde az da olsa bir artış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Deneme levhalarının eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri

TS EN 634-2 (2009) standardına göre, çimentolu yongalevhaların minimum eğilme direnci değeri 9 N/mm² ve minimum eğilmede elastikiyet modülü değeri ise 4500 N/mm² olması gerekmektedir. Buna göre, tüm levha gruplarının eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri standart değerlerin çok üzerinde olup, standardı karşılamaktadır. Bu da

çimentoya ikame olarak %25'e kadar tamamlayıcı çimentolu malzemelerin (%12,5 silis dumanı ve %12,5 uçucu kül) kullanılabileceğini göstermektedir. Benli ve Karataş (2016), çimentoya ikame olarak farklı oranlarda silis dumanı (%6, %10 ve %14) ve uçucu kül (%10 ve %20) karışımı kullanarak ürettikleri beton örneklerinin eğilme direnci değerleri ile bu çalışmada elde edilen eğilme direnci değerleri benzer bir trend göstermektedir. Liu et al. (2014), çimentoya ikame olarak farklı oranlarda silis dumanı (%2, %5 ve %8) ve uçucu kül (%10, %20 ve %30) karışımı kullanarak ürettikleri beton örneklerinde uçucu kül miktarı arttıkça eğilme ve basınç direnci değerlerinin düştüğünü rapor etmiştir. Ayrıca, silis dumanı miktarı arttıkça basınç ve eğilme direnci değerlerinde önce artış sonra bir düşüş meydana geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 6. Deneme levhalarının vida tutma direnci ve yüzeye dik çekme direnci değerleri

Üretilen deneme levhalarının vida tutma direnci ve yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait aritmetik ortalama, standart sapma ve homojenlik grupları Şekil 6'da verilmiştir. En yüksek vida tutma direnci kontrol (SF-1) ve SF-5 levha grubundan elde edilirken, en düşük değer ise %12,5 silis dumanı ve %12,5 uçucu kül içeren levha grubundan (SF-6) elde edilmiştir. Vida tutma direnci değerlerinde SF-1, SF-2 ve SF-5 levha grupları aynı homojenlik grubunda yer almıştır. Levhaların vida tutma direnci değerleri, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri ile benzer bir trend göstermiştir. Silis dumanı-uçucu külün %5'e kadar kullanımında vida tutma direncinde azalma olurken, %5'ten daha fazla kullanımda ise vida tutma direncinde bir artış gözlemlenmiştir.

En yüksek yüzeye dik çekme direnci değeri %2,5 silis dumanı ve %2,5 uçucu kül içeren levha grubundan (SF-2), en düşük değer ise %12,5 silis dumanı ve %12,5 uçucu kül içeren levha grubundan (SF-6) elde edilmiştir. Yüzeye dik çekme direnci değerlerinde SF-1, SF-3 ve SF-5 levha grupları aynı homojenlik grubunda yer almıştır. Çimentoya ikame olarak %15 oranına kadar tamamlayıcı çimentolu malzemelerin (silis dumanı-uçucu kül karışımı) kullanımı sonucunda çimentolu yongalevhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlenmemiştir. Ayrıca SF-2 ve SF-3 levha grupları kontrol grubundan (SF-1) daha yüksek yüzeye dik çekme direnci değeri vermiştir. Silis dumanı-uçucu kül kullanımı levhaların yüzeye dik çekme direnci değerini %3,66 oranına kadar arttırmıştır. Fakat %15 oranından daha fazla kullanımda ise yüzeye dik çekme direncinde hızlı bir azalma gözlemlenmiştir. Patil et al. (2021),

kompozit lif takviyeli yüksek performanslı betonlarının üretiminde farklı oranlarda silis dumanı (%5, %10 ve %15) ve uçucu kül (%5, %10 ve %15) karışımını çimentoya ikame olarak kullanmıştır. Üretilen betonların çekme direnci değerleri, bu çalışmada elde edilen verilerle benzer bir trend göstermiştir. TS EN 634-2 (2009) standardına göre, çimentolu yongalevhaların sahip olması gereken minimum yüzeye dik çekme direnci değeri $0,5 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Buna göre, tüm levha grupları standart değerin çok üzerinde yüzeye dik çekme direnci vermiş olup, standart karşılamaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, çimento üretimi kaynaklı sera gazı emisyonunun azaltılması, enerji tasarrufunun artırılması, doğal kaynakların korunması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla bir endüstri yan ürünü olan silis dumanı ve uçucu külün çimentolu yongalevha üretiminde çimentoya ikame olarak birlikte kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen verilerden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Çimentoya %10'a kadar silis dumanı-uçucu kül ikamesi çimentolu yonga levhaların yoğunluğunda bir artışa neden olmuştur. %10'dan daha fazla kullanımda ise geri yaylanmadan ve daha düşük yoğunluklu silis dumanı-uçucu kül içeriğinden dolayı levhaların yoğunluğunda azalma meydana gelmiştir.
- Silis dumanı-uçucu kül çimentolu yongalevhanın rutubetini düşürmüştür. Ancak tüm levha grupları standart değeri (%6-%12) karşılamıştır.
- Silis dumanı ve uçucu kül kullanımı arttıkça, çimentolu yongalevhaların 24 saatlik su alma ve kalınlık artımı (şişme) oranı da artmıştır.
- Silis dumanı-uçucu kül kullanımı arttıkça, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde önce düşüş daha sonra bir artış gerçekleşmiştir. Direnç düşüşünün sebebi, silis dumanı ve uçucu külün kalsiyum hidroksit ile yeterli düzeyde reaksiyon gerçekleştirememesi ve çimento miktarındaki azalmadan dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. Silis dumanı ve uçucu külün daha hafif ve daha hacimli olmasından dolayı levhanın sıkıştırma faktörünü artırdığı için %5'in üzerinde silis dumanı-uçucu kül kullanımında az da olsa levhanın eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde artış olmuştur.
- Çimentoya ikame olarak %15 oranına kadar silis dumanı-uçucu kül karışımı kullanımı çimentolu yongalevhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüşe neden olamamıştır. Ayrıca çimentoya ikame olarak %20 oranına kadar silis dumanı-uçucu kül karışımının kullanımı çimentolu yongalevhaların vida tutma direncinde önemli bir düşüşe neden olmamıştır.
- Üretilen tüm levha grupları, kalınlık artımı (şişme) hariç TS EN 634-2 standardındaki tüm değerleri karşılamıştır. Bu nedenle, çimentolu yongalevha üretiminde çimentoya ikame olarak %25 oranına kadar silis dumanı-uçucu kül karışımının kullanılabilirliği ve üretilen levhaların yapısal amaçlı kullanıma uygun olduğu sonucuna varılmıştır.
- Farklı odun-çimento oranı, ağaç türü, su/çimento oranı, çimento türü ve kürlenme süreleri ile üretilmiş çimentolu yongalevhalar üzerine farklı silis dumanı ve uçucu kül

karışım oranlarının etkisini belirlemek için daha fazla araştırmaya yapılmalıdır.

Kaynaklar

- Abo-El-Enein, S.A., El-kady, G., El-Sokkary, T. M., Gharieb, M., 2015. Physico-mechanical properties of composite cement pastes containing silica fume and fly ash. HBRC Journal 11(1), 7-15.
- Aras, U., Kalaycıoğlu, H., Yel, H., Çok, A., 2019. Effect of cement and accelerator types on the physico-mechanical properties of cement-bonded particleboards. Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 4(4), 627-630.
- Aras, U., Kalaycıoğlu, H., Yel, H., 2021. The Effect of using pumice powder and plasticizer on physico-mechanical and thermal properties of cement-bonded particleboards. Drvna industrija, 72(1), 31-37.
- Arshad, M.T., Ahmad, S., Khitab, A., Hanif, A., 2021. Synergistic use of fly ash and silica fume to produce high-strength self-compacting cementitious composites. Crystals, 11(8), 915.
- ASTM D1037, 2006. Standard test method for evaluating properties of wood-based fibers and particle panel materials, ASTM, USA.
- Aşkale Çimento, 2021. Erzincan çimento fabrikası ürün analiz raporu, <https://www.askalecimento.com.tr/tesis-detay/erzincan-cimento-fabrikasi> (Erişim Tarihi: 25.012.2024).
- Barbhuiya, S., Kanavaris, F., Das, B.B., Idrees, M., 2024. Decarbonising cement and concrete production: Strategies, challenges, and pathways for sustainable development. Journal of Building Engineering, 86, 108861.
- Benli, A., Karataş, M., 2019. Uçucu kül ve silis dumanı ikameli üçlü karışımlardan üretilen kendiliğinden yerleşen harçların durabilite ve dayanım özellikleri. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 10(1), 335-345.
- Brahmia, F.Z., Horvath, P.G., Alpar, T.L., 2020. Effect of pre-treatments and additives on the improvement of cement wood composites: a review, Bioresources 15(3), 7288-7308.
- Chandra Sekar, G., Ch, H.K., Manikanta, V., Simhachalam, M., 2016. Effect of fly ash on mechanical properties of lightweight vermiculite concrete. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 5, 4106-4112.
- Correa-Yepes, J.A., Rojas-Reyes, N., Tobón, J.I., 2018. Effect of fly ash and silica fume on rheology, compressive strength and self-compacting in cement mixtures. Dyna, 85(206), 59-68.
- Dipta, O.B., Sobhan, S.F., Shuvo, A.K., 2023. Assessment of the combined effect of silica fume, fly ash, and steel slag on the mechanical behaviour of concrete. Journal of Civil Engineering and Construction, 12(2), 78-85.
- Eti Elektrometalurji, 2024. Silis dumanı ürün analiz raporu <https://www.etimet.com/> (Erişim tarihi: 25.12.2024).
- Ige, O.E., Von Kallon, D.V., Desai, D., 2024. Carbon emissions mitigation methods for cement industry using a systems dynamics model. Clean Technologies and Environmental Policy, 26(3), 579-597.

- Jaganmohan, M., 2024. Global cement production 1995-2023, Statista, <https://www.statista.com/statistics/1087115/global-cement-production-volume/> (Erişim tarihi:10.01.2025).
- Juenger, M.C., Snellings, R., Bernal, S.A., 2019. Supplementary cementitious materials: New sources, characterization, and performance insights. *Cement and Concrete Research*, 122, 257-273.
- Lashari, A.R., Kumar, A., Kumar, R., Rizvi, S.H., 2023. Combined effect of silica fume and fly ash as cementitious material on strength characteristics, embodied carbon, and cost of autoclave aerated concrete. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(10), 27875-27883.
- Lin, C., Kayali, O., Morozov, E.V., Sharp, D.J., 2017. Development of self-compacting strain-hardening cementitious composites by varying fly ash content. *Construction and Building Materials*, 149, 103-110.
- Liu, J., Zhang, Y., Liu, R., Zhang, B., 2014. Effect of fly ash and silica fume on hydration rate of cement pastes and strength of mortars. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 29(6), 1225-1228.
- Nasser, R.A., Salem, M.Z.M., Al-Mefarrej, H.A., Aref, I.M., 2016. Use of tree pruning wastes for manufacturing of wood reinforced cement composites, *Cement and Concrete Composites*, 72, 246-256.
- Patil, S., Somasekharaiah, H.M., Rao, H.S., Ghorpade, V.G., 2021. Effect of fly ash, silica fume, glass fiber and polypropylene fiber on strength properties of composite fiber reinforced high performance concrete. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 69, 69-84.
- Purton, M. 2024. Cement is a big problem for the environment. Here's how to make it more sustainable <https://www.weforum.org/stories/2024/09/cement-production-sustainable-concrete-co2-emissions/#:~:text=It%27s%20been%20said%20that%20if,the%20world%27s%20total%20CO2%20emissions> (Erişim tarihi: 15.01.2025).
- Sakulich, A.R., 2011. Reinforced geopolymer composites for enhanced material greenness and durability. *Sustainable Cities and Society*, 1(4), 195-210.
- TS EN 310, 1999. Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modölünün tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 319, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 320, 2011. Yonga levhalar ve lif levhalar-vida tutma mukavemetinin tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 322, 1999. Ahşap esaslı levhalar-rutubet miktarının tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 323, 1999. Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 634-1. 1999. Çimentolu yonga levhalar- özellikler-bölüm 1: genel özellikler, TSE, Ankara.
- TS EN 634-2. 2009. Çimentolu yonga levhalar- özellikler-bölüm 2: kuru, nemli ve açık hava şartlarında kullanılan normal portland çimentosu (NPÇ) ile yapıştırılmış yonga levhaların özellikleri, TSE, Ankara.
- Türker, P., Erdoğan, B., Katnaş, F., Yeğinobalı, A., 2009. Türkiye'deki uçucu küllerin sınıflandırılması ve özellikleri, TÇMB/AR-GE ENSTİTÜSÜ, Fersa Matbaacılık, Ankara.
- Yel, H., Aras, U., Kalaycıoğlu, H., Aykan, R., 2025. Cement-bonded wood panels filled with duroplast sanitary ware wastes. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 27(4), 1-14.
- Yel, H., Urun, E., 2022. Performance of cement-bonded wood particleboards produced using fly ash and spruce planer shavings. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 24, 1-12.



Potential distribution mapping of *Orchis anatolica* (Boiss.) naturally distributed in Isparta province

Ebru Hatice Tıgılı Kaytanlıoğlu ^{1*}, Hüseyin Fakir ¹

¹Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Isparta, Türkiye

ARTICLE INFO

Received: 30/12/2024

Accepted : 24/04/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1607853>

*Corresponding author:

ebru kaytanlioglu@isparta.edu.tr

ABSTRACT

Research Article

Background and aims This study focused on modeling the potential distribution of *Orchis anatolica*, a species belonging to the Orchidaceae family.

Methods As a result of field studies conducted between March and June from 2019 to 2022, presence data for this species were obtained from 30 sampling sites. Based on the collected data, the potential distribution of *Orchis anatolica*, which naturally occurs in

the Isparta province, was modeled using the Maximum Entropy (MaxEnt) method. To determine the potential distribution, relationships between the presence data of the target species and 22 uncorrelated environmental variables including bioclimatic variables and base maps produced or digitized via geographic information systems were modeled and mapped using MaxEnt software.

Results According to the potential distribution model generated for *Orchis anatolica* (training dataset AUC: 0.974, test dataset AUC: 0.953), the environmental variables most influencing the species' distribution were identified as site index (bonitet), bio10, age class, bio12, and terrain ruggedness classes.

Conclusions This study investigated the relationships among the ecological characteristics, geographic distribution, and habitat features of *Orchis anatolica*, and produced a potential distribution map for the species in the Isparta region. It provides a valuable foundation for the conservation and sustainable use of *Orchis* diversity and genetic resources in Isparta province.

Key Words: Orchis, salep, MaxEnt, Isparta province

Isparta ili'nde doğal yayılış gösteren *Orchis anatolica* (Boiss.)'nın potansiyel dağılım haritalaması

ÖZ

Giriş ve Hedefler Orchidaceae familyasına ait *Orchis anatolica*'nın orkide türünün potansiyel dağılım haritalaması incelenmiştir. **Yöntemler** 2019-2022 yılları Mart-Haziran ayları arasında gerçekleştirilen arazi çalışması sonucunda sahada bu türe ait 30 örnek alanda var verisi elde edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda Isparta İli içinde doğal yayılış yapan *Orchis anatolica*'nın Maksimum Entropi Yöntemi ile potansiyel dağılım haritalamasını yapılmıştır. Potansiyel dağılım haritalaması belirlemek için ise Bio iklim değişkenleri, coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak üretilen veya sayısallaştırılan altlık haritalar olmak üzere toplamda birbirleriyle korelasyon göstermeyen 22 çevresel değişken ile hedef türe ait var verileri arasındaki ilişkiler MaxEnt yazılımı ile modellenmiş ve haritalanmıştır.

Bulgular *Orchis anatolica* için elde edilen potansiyel dağılım haritalamasına göre (eğitim veri seti AUC: 0,974, test veri seti AUC: 0,953) türünün dağılımını etkileyen çevresel değişkenlerin bonitet, bio10, yaş sınıf, bio12, engebelilik sınıfları olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar *Orchis anatolica*'nın ekolojik özellikleri, coğrafi dağılımları ve habitat özellikleri arasındaki ilişkileri araştırmış ve Isparta bölgesi için türlerin potansiyel dağılım haritasını oluşturmuştur. Isparta ilindeki *Orchis* çeşitliliğinin ve genetik kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı için değerli bir temel sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Orchis, salep, MaxEnt, Isparta ili

Citing this article:

Tıgılı Kaytanlıoğlu, E.H., Fakir, H., 2025. Potential distribution mapping of *Orchis anatolica* (Boiss.) naturally distributed in Isparta province. Anatolian Journal of Forest Research, 11(1), 92-99.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Introduction

Approximately 12,000 plant taxa naturally grow in Turkey. The Orchidaceae family holds an important place within this diversity. This family comprises 26 genera and 234 taxa (Güner et al., 2022). Within the Orchidaceae family, the *Orchis* L. genus is a significant genus with its 49 taxa. Many orchid species growing in our country, especially those belonging to the genera *Orchis*, *Ophrys*, *Serapias*, *Platanthera*, *Anacamptis*, and *Dactylorhiza*, are collected from nature. Approximately 30 million individuals are uprooted from nature every year (Sezik, 2002). This orchid richness is at a considerable level, highlighting the need to value these resources and protect their sensitivity (Erdem, 2004).

O. anatolica L. is one of the terrestrial species of the *Orchis* genus within the Orchidaceae family. It naturally grows in pine and maquis forests, generally from the South Aegean Islands to Iran, particularly in some regions of Anatolia. Salep is obtained by drying the tubers of *O. anatolica*. It has been used as a powder or a traditional hot beverage with a pleasant taste since the Ottoman Empire period (Georgiadis et al., 2012; Hossain, 2011; Tamer et al., 2006).

Salep is obtained from 25 orchid species belonging to 9 genera found in Turkey (Kasperek et al., 1999; Sezik and Özer, 1983; Sezik and Baykal, 1991). The tubers of *Anacamptis pyramidalis*, *Dactylorhiza romana*, *Dactylorhiza osmanica* var. *osmanica*, *Himantoglossum affine*, *Ophrys fusca*, *Ophrys holosericea*, *Ophrys mammosa*, *Orchis anatolica*, *Orchis coriophora*, *Orchis italica*, *Orchis mascula* subsp. *pinetorum*, *Orchis morio*, *Orchis palustris*, *Orchis simia*, *Orchis spitzelii*, *Orchis tridentata*, and *Serapias vomeracea* subsp. *orientalis* are generally used in salep production (Sezik, 1967; Sezik and Özer, 1983; Tekinşen and Güner, 2010).

Today, salep has a significant economic value due to its widespread consumption as a hot beverage and in ice cream. Commercial salep available in the market contains glucomannans (11-44%, the active ingredient), starch (8-19%), reducing sugars (2-3%), and proteinaceous substances (Sezik, 1967). It has been shown that high-quality salep can be obtained from the tubers of *O. italica*, *O. morio*, *O. anatolica*, *O. tridentata*, and *S. vomeracea* ssp. (Tekinşen and Güner, 2010).

Potential distribution mapping created with Geographic Information Systems (GIS) is used to create maps with land characteristics by utilizing species presence data (Phillips et al., 2004). There are many methods used in species potential distribution mapping. One of these methods is MaxEnt. MaxEnt is a software that models species distributions based only on species presence records (Elith, 2011). MaxEnt is used to estimate the suitability level for the entire area by using the factors affecting the species' distribution based on its presence in the area and the values in this area (Baldwin, 2009). Since this method is based on presence data, it yields more accurate results with less data (Hernandez et al., 2006; Wisz et al., 2008).

The MaxEnt method is used in many areas such as species conservation and the protection of species' habitats, determining the future potential distribution areas of endemic and endangered species, and identifying their potential distributions (Pearson et al., 2007; DeMatteo and Loiselle, 2008; Suarez-Seoane et al., 2008; Yost et al., 2008; Boubli and Lima, 2009;

Rödder and Weinsheimer, 2009; Thorn et al., 2009; Hoenes and Bendner, 2010).

Orchis anatolica is highly sensitive to habitat destruction, climate change, and anthropogenic pressures due to its limited geographical distribution (Kreutz, 1998; Delforge, 2006). This necessitates the conservation of the species and the sustainable management of its natural habitats. Collecting original data on its distribution, ecological requirements, and the threats it faces will provide a valuable resource for researchers working in the fields of botany and ecology (Pedersen and Faurholdt, 2007; Çolak et al., 2020).

In this study, the potential distribution mapping of *Orchis anatolica*, which naturally occurs in Isparta Province, is aimed. Although there are many studies conducted on *Orchis anatolica*, there are not enough studies on its potential distribution mapping. It is thought that this type of study will contribute to other studies to be carried out.

2. Materials and Methods

2.1. Field of study

The study area was defined as the boundaries of Isparta Province (Figure 1). The study site is located between 30° 47' 49"- 31° 20' 42' east longitudes and 37° 18' 10"- 37° 43' 48' north latitudes. Isparta is located on the Western Taurus Mountains and a large part of it lies on carbonate rocks (Dayan et al., 1999). Situated on a tectonic terrain, Isparta is associated with the Alpine orogenic movements and exhibits both closed and open basins. It is surrounded by basins where Lakes Eğirdir, Beyşehir, and Burdur are located. The city center of Isparta is established on a plain and is surrounded by hills. 70% of Isparta is mountainous, while 30% consists of plains and plateaus (Akten, 2008). Its highest mountain is Mount Davraz (Sargın, 2004). According to the statistics published by the General Directorate of Meteorology, covering data from 1929 to 2019, the annual average temperature is 12.2°C, the lowest temperature is -21°C in February, and the highest temperature is 41.2°C in August. The annual total precipitation is 570.2°C, the average number of rainy days is 99.3, the total sunshine duration is 85 hours, the average lowest temperature is -1.9°C in January, and the average highest temperature is 30.5°C in August (MGM, 2021).

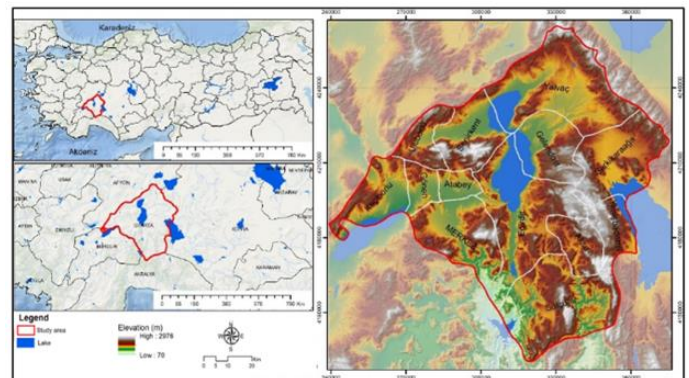


Figure 1. Location of the study area (Isparta Province)

2.2. Field studies

During field surveys conducted from 2019 to 2022, 132 representative 100×100 m plots were established across the study area. Presence/absence data of Orchid was recorded at 10 m intervals along a 100 m transect within each plot (10 subsamples). Species identifications, date, time, Global Position System (GPS) coordinates, and habitat characteristics were recorded on field inventory data.

2.3. Method

Field studies were completed, digital base maps of environmental variables were created to model *O. anatolica* and to determine potential distribution areas and maps. Elevation, aspect, slope, landform index, radiation index, topographic position index, heat index and directional suitability index maps of the region were created. Bioclimatic maps providing information about the climate of the study area were downloaded from the Chelsea Climate database (<https://chelsea-climate.org/>) (Riley et al., 1999; Gallant, 2000; Evans et al., 2014).

During the modeling process of the potential distribution areas of the species in the study area, abbreviation codes were assigned to 22 environmental variables and 19 climatic variables included in the study and recorded in digital format (Table 1). In the statistical analysis phase, Pearson's distribution analysis can be taught among the aggressive variables and factor analysis among the climate variables to prevent multiple returns during the interval. As a result of Pearson's analysis analysis, variables with high distribution were removed and representative variables were selected for the removed variables.

In addition, through factor analysis of climate variables with high correlation, representative variables that could effectively represent all climate data were selected (Kano and Harada, 2000; Alin, 2010). In the modeling phase, the maximum entropy approach, also known as the Maxent method, was used.

During the modeling, the maximum entropy approach, also known as the Maxent method, was used. The working principle of this method, which uses var data, aims to determine the ecological demands of the species and determine the areas that are suitable and unsuitable for the species.

The MaxEnt method is a widely used method for species distribution modeling. It can provide better results with less variance data than other methods and gives high prediction accuracy (Obiakara et al., 2020; Özdemir et al., 2020; Hussein and Workeneh, 2021; Karakaya and Yücel, 2021).

3. Results

High correlation is observed between bioclimatic values and environmental variables, leading to multicollinearity (Şentürk, 2012; Süel, 2014). To eliminate this multicollinearity problem, Pearson Correlation Analysis ($R^2 < 0.85$) and Factor Analysis were performed among 41 variables. As a result of the analysis, representative variables were selected, and the modeling stage was initiated.

Based on Pearson Correlation Analysis ($R^2 < 0.85$) and Factor Analysis of environmental variables, a subset of 25 variables was chosen for subsequent modeling. These variables include bioclimatic variables Bio7, Bio12, and Bio10; solar variables 8am and noon; land surface form index; temperature index; slope (radians); slope (degrees); canopy cover; site index; bedrock; aspect; elevation; age class; aspect suitability index; solar radiation index; temperature; topographic position index (at scales of 3, 33, and 100); and terrain ruggedness index (at scales of 7, 31, and 21).

The resulting potential distribution model yielded an AUC of 0.974 for the training dataset and 0.953 for the test dataset (Figure 2). These AUC values suggest that the model demonstrates excellent predictive ability (Elith et al., 2006). Analysis of the ROC curves revealed no significant deviation in the average omission rate.

Table 1. Environmental variables and their codes included in the modeling

Environmental variables	Code	Environmental variables	Code
Solar Irradiance Index at, 8 pm	Sii	Altitude (m)	Altitude
Solar Irradiance Index at, noon	Noon		
Aspect suitability index	bui2	Age class	Age class
Ruggedness index	Rugged_7	Topographic position Index	Tpi3
	Rugged_31		Tpi33
	Rugged_21		Tpi100
Canopy Cover	Cc	Bedrock	Bedrock
Hillshade index	Hillshade	Aspect	Aspect
Heat (Bear)	Heat	Heat index	Si
Slope radian	slope_rdyn	Site index	Site index
Slope degree	Slope	Land position index	Lpi_5
Annual mean temperature	Bio1	Mean temperature of the coldest quarter	Bio11
Mean diurnal range	Bio2	Annual precipitation	Bio12
Isothermality	Bio3	Precipitation of the wettest month	Bio13
Temperature seasonality	Bio4	Precipitation of the driest month	Bio14
Max temperature of warmest month	Bio5	Precipitation seasonality	Bio15
Min temperature of coldest month	Bio6	Precipitation of the wettest quarter	Bio16
Temperature annual range	Bio7	Precipitation of the driest quarter	Bio17
Mean temperature of the wettest quarter	Bio8	Precipitation of the warmest quarter	Bio18
Mean temperature of the driest quarter	Bio9	Precipitation of the coldest quarter	Bio19
Mean temperature of the warmest quarter	Bio10		

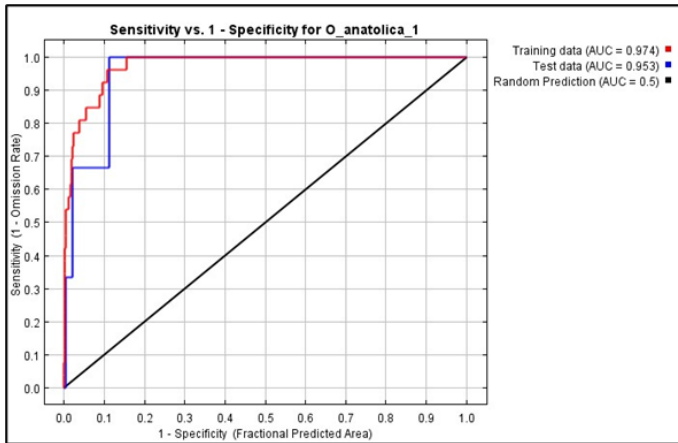


Figure 2. Evaluation of the *Orchis anatolica* potential distribution model's performance

O. anatolica, is influenced by the following contributing variables: site index, Bio10, age class, Bio12, and terrain ruggedness class (Figure 3).



Figure 3. Jackknife statistics plot for *O. anatolica*

Site index (forest stand productivity) had the greatest influence on the potential species distribution of *O. anatolica*. The species was found to have a higher probability of presence in areas with site indices ranging between I (highest productivity) and II (high productivity). Bio10 (Mean Temperature of Warmest Quarter) was the second most influential predictor variable for the potential distribution of *O. anatolica*. The species showed a higher probability of presence in areas with a mean temperature of the warmest quarter ranging from 20-22°C and 24-26°C. Age class as the third most influential predictor variable for the potential distribution of *O. anatolica*. The species' occurrence was associated with areas of period lengths 71-80 (age class 8), 11-20 (age class 2), and 41-50 (age class 5), in descending order of influence; no significant association was found for other period lengths. Bio12 (Annual Precipitation) was the fourth most influential predictor variable for the potential distribution of *O. anatolica*. The species showed a high probability of presence in areas with approximately 580 mm of annual precipitation. Slope was the fifth most influential predictor variable for the potential distribution of *O. anatolica*. The species showed a preference for very steep slopes exceeding 45% (Figure 4).

A potential habitat distribution map for *Orchis anatolica* was developed based on five environmental predictors. The map shows areas of high probability of *Orchis anatolica* occurrence in red, and areas of low or no probability in blue (Figure 5).

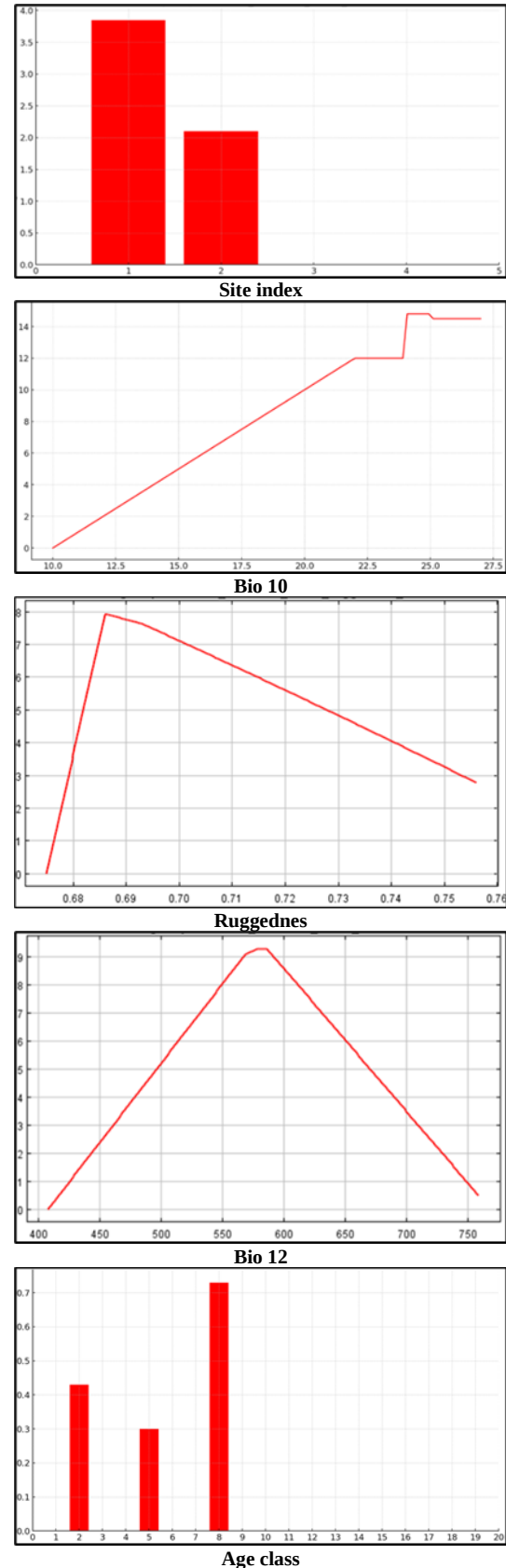


Figure 4. The marginal response curves of the variables that constitute the model for *O. anatolica*

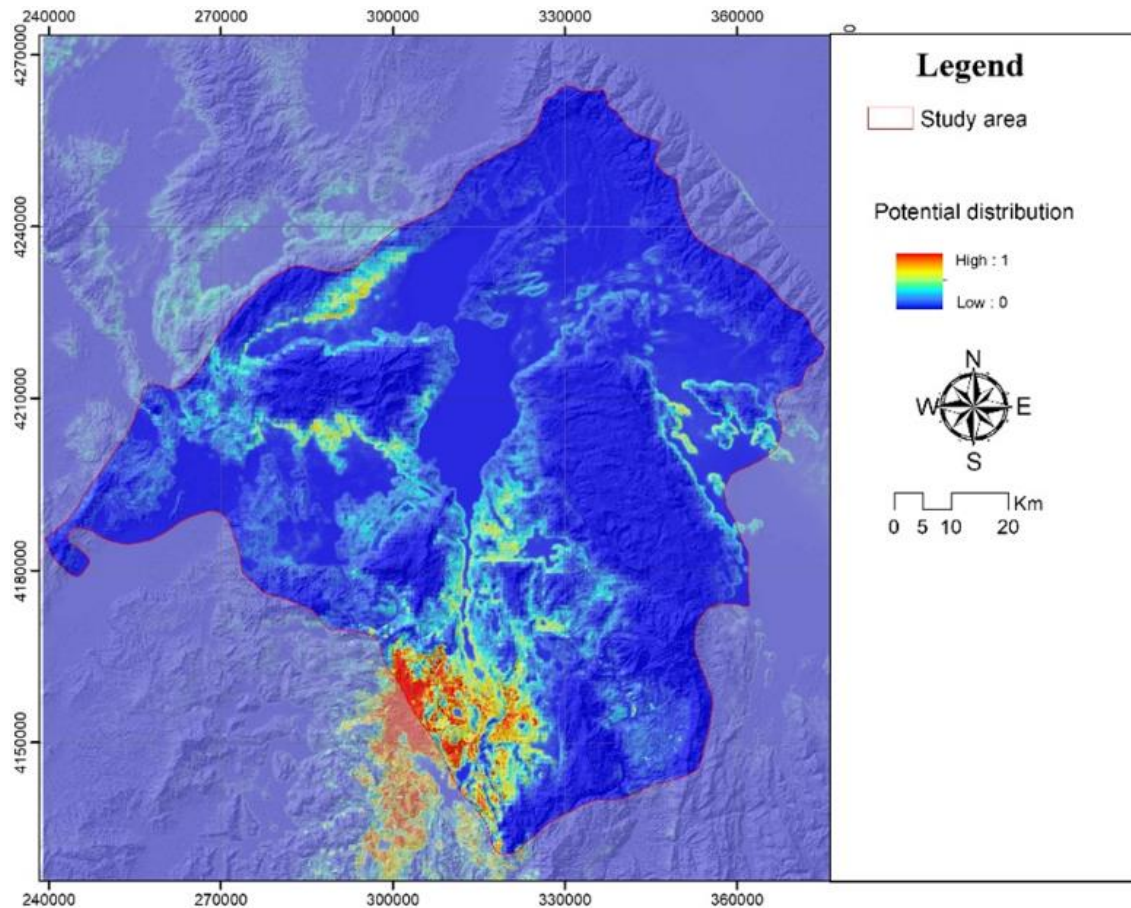


Figure 5. Species distribution model output for *O. anatolica*

4. Discussion and Conclusion

This study investigates the ecological characteristics (including soil properties, climatic factors, and vegetation composition), geographical distribution, and habitat features of *Orchis anatolica*, a species naturally distributed in the Isparta region. The primary objectives are to identify key ecological indicators influencing the species' potential distribution, develop a high-accuracy species distribution model, and generate a potential distribution map for *O. anatolica* in the study area. The Maximum Entropy (MaxEnt) algorithm was selected for species distribution modeling due to its well-documented performance with small sample sizes, its reliance on presence-only data, and its widespread use in biogeography and ecology.

Field surveys were conducted in the Isparta region, and data from 132 sampling locations were collected and formatted for statistical analysis. Digital layers representing ecological variables were generated using ArcGIS 10.2. Presence records of *Orchis anatolica*, the most widely distributed orchid species within the study area, were compiled and used for species distribution modeling and mapping. These field surveys revealed the presence of the Anatolian orchid (*O. anatolica*) at 30 of the 132 sampling locations.

The performance of the Maximum Entropy (MaxEnt) model, used to predict the distribution of the Anatolian orchid (*Orchis anatolica*) within the study area, was evaluated using Receiver Operating Characteristic (ROC) curves derived from training and testing datasets. Among three model iterations, the second sub-model (Training AUC: 0.974, Testing AUC: 0.953)

exhibited the highest performance. The key environmental variables influencing the distribution of *O. anatolica* were identified as bonitation, Bio10 (Mean Temperature of Warmest Quarter), age class, Bio12 (Annual Precipitation), and ruggedness.

Site index emerged as the most influential variable in the potential species distribution model for *Orchis anatolica*. The model indicates a high probability of occurrence for this species in areas with stand yield capacities classified as first (highest yield capacity) and second (high yield capacity) bonitation classes. The second most influential variable was Bio10 (Mean Temperature of Warmest Quarter). The model suggests that *O. anatolica* is more likely to occur in areas where the mean temperature of the warmest quarter ranges between 20-22°C and 24-26°C. A study by Nigar (2021) also employed MaxEnt to model the potential distribution of another orchid species, *Ophrys apifera*, identifying correlations with the following bioclimatic variables: Bio2 (Mean Diurnal Range), Bio8 (Mean Temperature of Wettest Quarter), and Bio13 (Precipitation of Wettest Month). Their projections for 2030, under modelled climate change scenarios, suggest a decline in the distribution of *O. apifera*.

Age class was identified as the third most influential variable influencing the potential distribution of *Orchis anatolica*. The species' predicted occurrence was associated with areas corresponding to the 8th age class (71-80 year periods), the 2nd age class (11-20 year periods), and the 5th age class (41-50 year periods), respectively, with no significant association observed in areas belonging to other age classes. Bio12 (Annual

Precipitation) was the fourth most influential variable. The model suggests a higher probability of *O. anatolica* occurrence in areas with approximately 580 mm of annual precipitation. A review of the existing literature provided general information on the habitat requirements of *O. anatolica*; however, no previous studies were found that explicitly investigated the relationships between its distribution and bonitation, age class, mean temperature of the warmest quarter, or annual precipitation.

Ruggedness was identified as the fifth most influential variable affecting the potential distribution of *Orchis anatolica*. The model indicated a preference for very steep slopes exceeding 45%. These findings are consistent with previous studies reporting altitudinal limits for *O. anatolica* distribution: Altundaǧ et al. (2012) reported occurrences up to 1700 m, Tıǧlı and Fakir (2017) up to 1860 m, and Kayıkçı and Oǧur (2012) up to 1600 m. Evans et al. (2020) also employed MaxEnt to model the potential distributions of *O. militaris*, *O. simia*, *O. purpurea*, and *O. thoppophora*, finding that these species generally preferred areas with higher precipitation, with *O. militaris* showing a preference for cooler temperatures and *O. simia* for warmer temperatures and higher soil pH.

Çolak et al., (2020) examined the distribution of orchid species in Turkey and used MaxEnt software to model their potential habitats. Their research highlights the critical role of such models in identifying key areas for the conservation of geophyte plants. Similarly, Çolak and Yılmaz (2019) modelled the distribution of geophyte plants in Turkey using MaxEnt and assessed the impact of climate change on their potential future distributions. Their study emphasizes the importance of understanding climate change scenarios to inform future conservation strategies. Kreutz (1998) discussed the role of software like MaxEnt in modeling the habitats of orchid species in Turkey, contributing to a better understanding of the ecological requirements of geophytes. In conclusion, these studies underline the accuracy provided by MaxEnt in habitat modeling and its contribution to the development of effective conservation strategies for geophyte plants.

The environmental variables identified by the model are consistent with ecological data collected during field surveys, findings from previous scientific research, and information gathered through interviews with local villagers familiar with orchids in the Isparta region. This convergence of evidence underscores the significance of the predicted potential distribution of *Orchis anatolica*.

Studies on orchids clearly demonstrate their significant role in biodiversity. Orchids, constituting a vital part of Turkey's natural heritage, offer potential uses in various fields. However, ensuring their sustainability is challenging, and their distribution across the country is not yet fully documented. Unfortunately, the practice of harvesting orchids from the wild for commercial purposes remains a widespread issue in Turkey, and the consequent impacts on orchid populations are not fully understood.

The conservation of orchids is intrinsically linked to broader nature conservation efforts, and effective protection necessitates fundamental research. Biotope mapping, which identifies orchid distribution areas, habitat characteristics, and threats, is crucial for planning effective conservation measures. In Turkey, *Orchis* taxa are among the plant groups facing potential risks. These early-spring flowering species are particularly vulnerable to the

intensifying effects of global climate change. A key step in *Orchis* conservation is the development of comprehensive inventories that document species distributions, population sizes, genetic diversity, and ecological requirements.

This study investigated the relationships between the ecological characteristics, geographic distribution, and habitat features of *Orchis* taxa, generating a potential distribution map for the species in the Isparta region. This work provides a valuable foundation for the conservation and sustainable utilization of *Orchis* diversity and genetic resources in Isparta province.

Acknowledgement

We thank the Isparta University of Applied Sciences Scientific Research Projects Management Unit for providing financial support for this thesis under project number 2020-D1-0059.

This study is derived from the doctoral thesis entitled “Some botanical characteristics and potential distribution mapping of Salep (*Orchis* spp.) taxa naturally distributed in the province of Isparta,” conducted at Isparta University of Applied Sciences, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering.

References

- Aertsen, W., Kint, V., Van Orshoven, J., Özkan, K., and Muys, B. 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*, 221(8), 1119-1130.
- Akten, M. 2008. Isparta Ovasının Optimal Alan Kullanım Planlaması Üzerine Bir Araştırma (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Altundag, E., Sevgi, E., Kara, O., Sevgi, O., Tecimen, H. B., Bolat, I. 2012. Studies on the chorology, ecology, morphology and conservation strategies of *Orchis anatolica* Boiss (Orchidaceae). *Journal of Environmental Biology*, 33(2), 325.
- Austrheim, G., Gunilla, E., Olsson, A., Grontvedt, E. 1999. Land-use impact on plant communities in semi-natural sub-alpine grasslands of Budalen, central Norway. *Biological Conservation*, 87, 369-379.
- Baldwin, R. A. 2009. Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy*, 11(4), 854-866.
- Boubli, J. P., De Lima, M. G. 2009. Modeling the geographical distribution and fundamental niches of *Cacajao* spp. and *Chiropotes israelita* in Northwestern Amazonia via a maximum entropy algorithm. *International Journal of Primatology*, 30, 217-228.
- Brown, S. R., Ahl, R. S. 2011. The Region 1 Vegetation Mapping Program (VMap) Methodology. USDA Forest Service, Northern Region, CMIA Numbered Report 11-02.
- Çolak, A. H., Yılmaz, G. 2019. Modeling the distribution of geophyte plants in Turkey with MaxEnt and evaluating the impact of climate change.
- Çolak, A. H., Yılmaz, G., Akyıldırım Beǧen, M. 2020. Distribution and conservation status of some Turkish orchids. *Turkish Journal of Botany*, 44(3), 245-260.

- Çolak, A. H., Yılmaz, G., Akyıldırım Beğen, M. 2020. Distribution modeling of some orchid species in Turkey using MaxEnt. *Anatolian Journal of Forest Research*, 6(2), 123-135.
- Dayan, E., Bilgin, A., Hancer, M. 1999. Die Karsterscheinungen an den östlichen Hängen des Davras Dağı (Westlicher Taurus): Karren Dolines, Uvalas. *Z. Geomorph.*, 43(3), 321-340.
- Delforge, P. 2006. *Orchids of Europe, North Africa and the Middle East* (3rd ed.). A&C Black.
- DeMatteo, K. E., Loiselle, B. A. 2008. New data on the status and distribution of the bush dog (*Speothos venaticus*): Evaluating its quality of protection and directing research efforts. *Biological Conservation*, 141(10), 2494-2505.
- Ece Tamer, C., Karaman, B., Utku Copur, O. 2006. A traditional Turkish beverage: salep. *Food Reviews International*, 22(1), 43-50.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Peterson, A. T. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129-151.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudik, M., Chee, Y. E., Yates, C. J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57.
- Erdem, H. E. 2004. The methodology used in this study is based on the research conducted in the Master's Thesis, "Determining the Economic Value of Biodiversity: The Case of Wild Orchids" Ege University Institute of Science, İzmir.
- Evans, A., Janssens, S., Jacquemyn, H. 2020. Impact of climate change on the distribution of four closely related *Orchis* (Orchidaceae) species. *Diversity*, 12(8), 312.
- Evans, J. S., Oakleaf, J., Cushman, S. A., Theobald, D. 2014. An ArcGIS toolbox for surface gradient and geomorphometric modeling, version 2.0-0. Laramie, WY. – <http://evansmurphywix.com/evansspatial>. (accessed: 11 January 2022).
- Gallant, J. C. 2000. Primary topographic attributes. In *Terrain Analysis: Principles and Applications*, pp. 51-86.
- Georgiadis, N., Ritzoulis, C., Charchari, E., Koukiotis, C., Tsiptsias, C., Vasiliadou, C. 2012. Isolation, characterization and emulsion stabilizing properties of polysaccharides from orchid roots (salep). *Food Hydrocolloids*, 28(1), 68-74.
- Guisan, A., Weiss, S. B., Weiss, A. D. 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology*, 143(1), 107-122.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Baser, K. H. C. 2000. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 11). Edinburgh: University Press.
- Hernandez, P. A., Graham, C. H., Master, L. L., Albert, D. L. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29(5), 773-785.
- Hoernes, B. D., Bender, L. C. 2010. Relative habitat-and browse-use of native desert mule deer and exotic oryx in the greater San Andres Mountains, New Mexico. *Human-Wildlife Interactions*, 4(1), 12-24.
- Hossain, M. M. 2011. Therapeutic orchids: traditional uses and recent advances—an overview. *Fitoterapia*, 82(2), 102-140.
- Hussein, A., Workeneh, S. 2021. Modeling the Impacts of Climate Changes on the Distribution of Aloe vera Species in Ethiopia. *Research Square*, 19.
- Jenness, J. 2006. Topographic Position Index (tpi_jen. avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.3 a. Jenness Enterprises.
- Karakaya, T., Yücel, E. 2021. Potential distribution modelling and mapping of dog rose (*Rosa canina* L.) in the Nur Mountains of Gaziantep district, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(4), 2741-2760.
- Kasperek, M., Grimm, U. 1999. European trade in Turkish salep with special reference to Germany. *Economic Botany*, 396-406.
- Kayıkçı, S., Oğur, E. 2012. An Investigation on some Orchid Species Distributed in the Province of Hatay. *Journal of Anatolian Aegean Agricultural Research Institute*, 22(2), 1-12.
- Kreutz, C. A. J. 1998. *Orchids of Turkey: Including the Greek Islands*. Kreutz Publishers.
- Mert, A., Şentürk, Ö., Güney, C.O., Akdemir, D., Özkan, K. 2013. Mapping of Some Distal Variables Available for Mapping Habitat Suitabilities of The Species: A Case Study of Buldan District. *The 3rd International Geography Symposium*, June 0-13, Antalya, 210.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2021. Türkiye 2020 Yılı İklim Değerlendirmesi. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2020-iklim-raporu.pdf>.
- Moisen, G. G., Frescino, T. S. 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157(2-3), 209-225.
- Nigâr, M. 2021. Maxent modeling for predicting the potential habitat and future distribution of a rare species *Ophrys apifera* Huds. in the Greater Caucasus (Azerbaijan). *Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича*, 27, 3-14.
- Obiakara, M., Etaware, P., Chukwuka, K. 2020. Maximum Entropy Niche Modelling to Estimate the Potential Distribution of *Phytophthora megakarya* (Brasier & MJ Griffin) in Tropical Regions. *European Journal of Ecology*, 6(2), 23-40.
- Özdemir, S., Gülsoy, S., Mert, A. 2020. Predicting the Effect of Climate Change on the Potential Distribution of Crimean Juniper. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 20(2), 133-142.
- Özdemir, S., Oğuzoğlu, Ş., Uluşan, M. D. 2014. Creating Base Maps of Environmental Variables That Can Be Used in Habitat Suitability Modeling of Non-Wood Forest Products: Ovacak Mountain Example. *National Mediterranean Forest and Environment Symposium*, October 22-24.
- Pal Axel, O., Linda-Maria, M., Hans Henrik, B. 2009. Acidification of sandy grasslands-consequences for plant diversity. *Applied Vegetation Science*, 12, 350-361.
- Parker, B. D. 1988. PRAM simulations on bounded-degree networks. The Pennsylvania State University.
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., Townsend Peterson, A. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34(1), 102-117.

- Pedersen, H. A., Faurholdt, N. 2007. *Ophrys*: The bee orchids of Europe. Kew Publishing.
- Philips, Z., Ginnelly, L., Sculpher, M., Claxton, K., Golder, S., Riemsma, R., Glanville, J. 2004. Review of guidelines for good practice in decision-analytic modelling in health technology assessment. *Health Technology Assessment* (Winchester, England), 8(36), 1-158.
- Riley, S. J., DeGloria, S. D., Elliot, R. 1999. Index that quantifies topographic heterogeneity. *Intermountain Journal of Sciences*, 5(1-4), 23-27.
- Rödder, D., Weinsheimer, F. 2009. Will future anthropogenic climate change increase the potential distribution of the alien invasive Cuban treefrog (Anura: Hylidae). *Journal of Natural History*, 43(19-20), 1207-1217.
- Sargın, S. 2004. "İsparta Yöresinde Fiziki Çevre Faktörlerinin Yerleşme Birimleri Üzerindeki Etkisi". *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9, 371-388.
- Sezik, E. 2002. Destruction and conservation of Turkish orchids. In *Biomolecular Aspects of Biodiversity and Utilization*, pp. 391-400.
- Sezik, E. 1967. Research on Turkey's salep family, commercial salep varieties and especially Muğla salep. Doctoral Thesis, Istanbul University, Institute of Science and Technology, Istanbul.
- Sezik, E., Baykal, T. 1991. The origin of Maraş saleb. *Tübitak Nature-Tr. J. of Pharmacy*, 1, 10-16.
- Sezik, E., Özer, B. 1983. The Origin of Kastamonu Saleb and Orchids of Kastamonu Surroundings. *TÜBİTAK*, Ankara, pp. 35-245.
- Suárez-Seoane, S., de la Morena, E. L. G., Prieto, M. B. M., Osborne, P. E., de Juana, E. 2008. Maximum entropy niche-based modelling of seasonal changes in little bustard (*Tetrax tetrax*) distribution. *Ecological Modelling*, 219(1-2), 17-29.
- Tekinşen, K. K., Güner, A. 2010. Chemical composition and physicochemical properties of tubera salep produced from some Orchidaceae species. *Food Chemistry*, 121(2), 468-471.
- Thorn, J. S., Nijman, V., Smith, D., Nekaris, K. A. I. 2009. Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (Primates: Nycticebus). *Diversity and Distributions*, 15(2), 289-298.
- Tıǧlı, E. H., Fakir, H. 2017. Distribution areas, morphological and phenological characteristics of some natural orchid species in Bucak (Burdur) region. *Turkish Journal of Forestry*, 18(4), 289-294.
- Wei, B., Wang, R., Hou, K., Wang, X., Wu, W. 2018. Predicting the current and future cultivation regions of *Carthamus tinctorius* L. using MaxEnt model under climate change in China. *Global Ecology and Conservation*, 16, e00477.
- Wisz, M. S., Hijmans, R. J., Li, J., Peterson, A. T., Guisan, A. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14(5), 763-773.
- Yost, A. C., Petersen, S. L., Gregg, M., Miller, R. 2008. Predictive modeling and mapping sage grouse (*Centrocercus urophasianus*) nesting habitat using Maximum Entropy and a long-term dataset from Southern Oregon. *Ecological Informatics*, 3(6), 375-386.
- Zelený, D., Chytrý, M. 2007. Environmental control of the vegetation pattern in deep river valleys of the Bohemian Massif. *Preslia*, 79, 205-222.



Orman, maden ve yerel halk: doğanın dengesi (Daday Orman İşletme Müdürlüğü örneği)

İlknur Cesur ^{1*}, Mahmut Ersin ¹

¹Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 28/02/2025

Kabul Tarihi: 24/04/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1646845>

*Corresponding author:

ikaratas@kastamonu.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Hedefler Ormancılık ve madencilik arasında bir seçim yapılması gerektiği hallerde toplumun geneline sağlanacak faydaların toplamının ağır bastığı sektör tercih edilmelidir. Madencilik sektörünün ayrıca faaliyetlerin gerçekleştirildiği bölge üzerinde etkileri gözlenmektedir. Ülke gündeminde de sıklıkla yer bulan maden, orman ve halk üçgenine Daday Orman İşletme Müdürlüğü kapsamında bu çalışmada yer verilmesi planlanmıştır.

Yöntemler Bu çalışmada, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü/Daday Orman İşletme Müdürlüğü sınırları dâhilinde gerçekleştirilen madencilik faaliyetleri konu edilmiştir. Orman Kanunu'nun 16'ncı maddesi uyarınca izin verilen sahaların madencilik çalışmaları öncesi, madencilik faaliyetlerinin sona erdiği kısımların son durumu ve halen madencilik faaliyetleri devam eden sahaların durumu uydu görüntüleri aracılığıyla analiz edilmiştir. Ayrıca ormanların sağlığı ve sürdürülebilirliğini korumak amacıyla yapılan teknik ve fenni müdahaleler dışında ormansızlaşmaya neden olarak gösterilen Orman Kanunu'nun 16'ncı maddesi ile düzenlenen izin ve irtifak hakları, kamu yararı ve üstün kamu yararı açısından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye yapılırken ormanların ekonomik fonksiyonlarından ayrıca ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonları da göz önünde bulundurulmuştur. Bu değerlendirmenin sosyal açıdan da yapılabilmesi amacıyla bölge halkına anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Anket uygulaması ile bölge halkının madencilik faaliyetlerine yönelik algısı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Sonuç Orman maden ve halk üçgeninin incelendiği Daday örneğinde yerel halk yörelerindeki orman sahalarının orman olarak kalmasının daha fazla toplumsal yarar sağladığına inanmaktadır. Bu inancın, yaşam alanlarında kısıtlı imkânlarla gerçekleştirmeye çalıştıkları tarımsal faaliyetlerin, madencilik faaliyetleri nedeniyle zarara uğramasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Yerel halk aynı zamanda yaşam alanlarında madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan hava (toz yayılımı), görüntü ve gürültü kirliliğinin de refahlarını olumsuz etkilediğini bildirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Madencilik, orman tahsisi, toplumsal algı, kamu yararı

Araştırma Makalesi

Forest, mining and local people: the balance of nature (Daday Forest Management Directorate case study)

ABSTRACT

Background and Aims In cases where a choice has to be made between forestry and mining, the sector in which the sum of the benefits to society as a whole outweighs should be preferred. The mining sector also has impacts on the region where the activities are carried out. It is planned to include the triangle of mine, forest and people, which is frequently on the agenda of the country, in this study within the scope of Daday Forest Management Directorate.

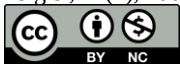
Methods In this study, mining activities carried out within the borders of Kastamonu Regional Directorate of Forestry/Daday Forest Management Directorate were analyzed. The status of the areas permitted under Article 16 of the Forestry Law before mining activities, the final status of the parts where mining activities have ended and the status of the areas where mining activities are still ongoing were analyzed through satellite images. In addition to technical and scientific interventions to protect the health and sustainability of forests, permits and easement rights regulated by Article 16 of the Forestry Law, which are shown as a cause of deforestation, were evaluated in terms of public interest and superior public interest. While making this evaluation, ecological and socio-cultural functions of forests were also taken into consideration in addition to their economic functions. In order to make this evaluation from a social point of view, a survey was conducted among the people of the region. With the survey application, it was tried to determine the perception of the people of the region towards mining activities.

Conclusions In the case of Daday, where the triangle of forest, mining, and people is examined, the local people believe it is more socially beneficial to keep the forest areas in their region as forests. It is understood that this belief stems from the fact that the agricultural activities they are trying to carry out with limited means in their living areas are being damaged by mining activities. Local people also report that the air (dust emissions), visual, and noise pollution caused by mining activities in their living areas negatively affect their well-being.

Key Words: Mining, forest allocation, social perception, public interest

Bu makaleye atıf:

Cesur, İ., Ersin, M., 2025. Orman, maden ve yerel halk: doğanın dengesi (Daday Orman İşletme Müdürlüğü örneği). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 100-110.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ülke ekonomisine katkısı, enerji sektöründe dışa bağımlılığın azaltılması ve birçok sektör (inşaat, sanayi vb.) için hammadde kaynağı olması nedeniyle madencilik sektörü önemli bir yere sahiptir. Ülke gündeminde de geniş bir yer tutan madencilik sektörü, çevreye ve doğaya olan zararlarından dolayı yoğun tepki çekmektedir. Madencilik ve ormancılık faaliyetleri tarih boyunca toplumların gelişmesinde önemli bir görev üstlenmiş bunların yanı sıra sosyal ve çevresel birçok sorunun da gündemi olmuştur. Her geçen gün etkilerini daha yoğun hissettiren iklim değişikliği ile mücadelede karbon tutma kapasitesi, su tutma ve toprağı koruma fonksiyonlarından dolayı ormanlar önemli rol oynamaktadır.

İklim değişikliği sorununda madencilik ve ormansızlaşma önemli bir yer tutmaktadır. İklim değişikliği ile mücadele ve uyum süreci uluslararası platformlarda ön planda tutulmaktadır. Türkiye’de uluslararası iklim süreçlerine dâhil olmaktadır. 2015 yılında kabul edilen ve 2016 yılında imzalanan Paris İklim Sözleşmesi’nin 2021 yılında TBMM tarafından onaylanarak kabul edilmesinin ardından Türkiye de iklim değişikliği ile mücadelede uluslararası çabalara katkı sağlayacağını kabul etmiştir. Paris İklim Sözleşmesi’nin hedefi küresel sıcaklık artışının 1,5°C’de sabit tutulmasıdır. Türkiye’nin iklim kanunu taslağını hazırlamış olması ve bu yasama yılı içerisinde meclise sunulacak olması, Paris Antlaşmasını onaylaması, Avrupa Yeşil Mutabakatı Eylem Planı’nı hazırlaması, karbon piyasalarına ilişkin hazırlıklarını arttırması ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak değiştirilmesi yeni yeşil düzenin Türkiye’deki yansımalarıdır (Türkoğlu Üstün, 2021). Paris Sözleşmesi’nin ormansızlaşmanın ve orman tahribatının neden olduğu salınımların azaltılması şeklinde içerdiği taahhüt, Türkiye’nin de ormansızlaşma ve orman tahribatı ile mücadelesini de gerektirmektedir. Karbon tutan orman ve yeşil alanlar, ormansızlaşmaya neden olan kesim, yangın gibi etkenler ile atmosfere sera gazı salınımı gerçekleştirmektedir. Dolayısıyla ormanlar küresel iklim değişikliği ile iki yönlü etkileşimde bulunmaktadır (Leon vd., 2022). Ormanlar ve ağaçlık alanlar, sanayi ve fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonların %30’unu absorbe etmektedir. Ormansızlaşma ve orman tahribatı nedeniyle atmosfere salınan karbon emisyonları toplam karbon emisyonlarının %11’ini oluşturmaktadır (UNEP, 2021).

İklim değişikliği ile mücadele ederken aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma sağlanması da ülkelerin öncelikli hedefleri arasında yer almaktadır. Sürdürülebilir kalkınma amaçları, sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlara dengeli şekilde odaklanılan, ülkelerarası ve ülkeler özelinde eşitlik, adalet ve kimsenin geride bırakılmaması ilkelerinin benimsendiği, her ülkenin kalkınma gündeminde belirleyici nitelik taşımaktadır (Türkiye Cumhuriyeti On İkinci Kalkınma Planı). On İkinci Kalkınma Planı içerisinde, madencilik sektörüne ilişkin amaçlara, politika ve tedbirlere de sürdürülebilir kalkınma kapsamında yer verilmiştir. Bu kapsamda “güncel ihtiyaçlar çerçevesinde madencilik sektörünü etkileyen mevzuata ilişkin kapsamlı bir çalışmanın yapılması böylece yatırım güvencesinin arttırılması ve yatırım ortamının iyileştirilmesi” öngörülmektedir. Planda aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasının gereği olarak yansıyan ekonomik büyümenin getirmiş olduğu refahın

toplumun her kesiminde adil dağılımı ve yoksulluğun azaltılması hedeflenmektedir. Planda ormanlara ilişkin yer alan hedeflerden “*BM Küresel Orman Hedefleri ve Rio Sözleşmeleri dâhil ilgili uluslararası sözleşmeler ve ulusal taahhütlerimiz dikkate alınarak ormanlarımızın sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergelerine uygun şekilde yönetilmesi ve orman alanlarının artırılması*” ön plana çıkmaktadır.

Çevreye ve doğaya önemli zararları olan madencilik faaliyetlerinin orman sayılan araziler üzerinde gerçekleştirilmek istenilmesi halinde üstün kamu yararının varlığının tespiti önem arz etmektedir. Ormanların varlıkları ve kıymetlendirilemeyen değerleri ile hali hazırda kamu yararı sağladıkları kabul edilmektedir. Dolayısıyla madencilik faaliyetleri ile sağlanacak kamu yararının, arazinin orman olarak bırakılması ile elde edilecek kamu yararından daha üstün olması gerekmektedir (Tolunay ve Korkmaz, 2004). Ancak kamu yararının kesin bir tanımı yapmak olanaksızdır. Kamu yararı faaliyetin gerçekleşeceği bölgeye, madencilik faaliyeti ile çıkarılacak ürüne, ülke ekonomisine katkısına, orman varlığının durumuna, bölgenin sosyal, kültürel ve ekonomik durumu gibi birçok değişkene göre farklılıklar gösterebilecektir. Dolayısıyla kamu yararının ve hatta üstün kamu yararının belirlenmesi ile ilgili olarak fizibilite çalışmasının detaylı yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü/Daday Orman İşletme Müdürlüğü sınırları dâhilinde gerçekleştirilen madencilik faaliyetleri konu edilmiştir. Orman Kanunu’nun 16’ncı maddesi uyarınca izin verilen sahaların madencilik çalışmaları öncesi, madencilik faaliyetlerinin sona erdiği kısımların son durumu ve halen madencilik faaliyetleri devam eden sahaların durumu analiz edilmiştir. Ayrıca ormanların sağlığı ve sürdürülebilirliğini korumak amacıyla yapılan teknik ve fenni müdahaleler dışında ormansızlaşmaya neden olarak gösterilen Orman Kanunu’nun 16’ncı maddesi ile düzenlenen izin ve irtifak hakları, kamu yararı ve üstün kamu yararı açısından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme yapılırken ormanların ekonomik fonksiyonlarından ayrıca ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonları da göz önünde bulundurulmuştur. Bu değerlendirmenin sosyal açıdan da yapılabilmesi amacıyla bölge halkına anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Anket uygulaması ile bölge halkının madencilik faaliyetlerine yönelik algısı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Orman varlığı açısından zengin olan Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü/ Daday Orman İşletme Müdürlüğü sınırları dâhilinde gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerini konu etmesi ve çalışmada halkın şikâyet, talep, öneri ya da memnuniyetlerini dâhil etmesi açısından önem taşımaktadır. Hukuk devleti olmanın gereklerinden birisi olan katılımcılık ilkesinin yalnızca ülke gündemi meşgul eden büyük yatırımlar üzerinde değil her vatandaş için gerekli olduğunu kabul ederek yaşadıkları civarda faal olan madencilik faaliyetleri hakkında görüşlerini bildirmelerinin sağlanması da önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Daday Orman İşletme Müdürlüğü sınırları dâhilinde gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerine yönelik yerel halkın algısı temel amaçtır. Halkla birlikte, halkın yararına gerçekleştirilen madencilik faaliyetleri ile sağlanacak kamu yararı, halka rağmen gerçekleştirilecek kamu yararından daha üstündür. Toplumun geneline sağlanacak fayda için kimi zaman bazı kişisel yararlardan fedakârlık etmek gerekeceği aşikârdır. Ancak bu fedakârlığın çoğu zaman kırsalda yaşayan, geçimi doğaya bağlı olan, eğitim seviyesinin ve ekonomik düzeyin

oldukça düşük olduğu kesimden beklenmesi hakkaniyet ilkesine ters düşmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada öncelikli olarak ormanların madencilik faaliyetlerine tahsisinde gözetilen kriterlerin hukuksal gerekçeleri incelenmiştir. Çalışmanın materyalini 2709 sayılı Anayasa ve ilgili mevzuat hükümleri oluşturmaktadır. Madencilik ve ormancılığın bir arada yürütülmesinin hukuksal gerekçesinin ortaya konulmasının ardından yöre halkının sürece bakış açısının ve algısının tespiti amacıyla anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Anket soruları, rastgele seçilen yerel halka yüz yüze görüşme ile yöneltilmiştir. Anket soruları ilk aşamada katılımcıların demografik özelliklerini (yaş, cinsiyet, medeni hal, eğitim durumu, yıllık gelir) belirlemeye yönelik sorulardan oluşmaktadır. Ardından katılımcıların, yöredeki madencilik faaliyetlerini istihdam, ekonomik ve çevresel açıdan değerlendirmeleri istenen sorulara yer verilmiştir. Son aşamada ise katılımcılara, madencilik ve ormancılık faaliyetleri arasında tercih yapmaları durumundaki tutumlarını ortaya çıkarmaya yönelik sorular yöneltilmiştir.

Çalışma alanı olarak belirlenen Daday ilçesinin nüfusu 2024 yılı verilerine göre 7.992'dir. Çalışma kapsamında veriler sayım yoluyla elde edilecektir. Ana kütlenin büyüklüğünün bilinmesi ve değişkenlerin sayımla elde edilecek olması dolayısıyla örnek büyüklüğü aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Yavuz, 2007). Hesaplama güven düzeyi %95 ve hata payı %5 olarak alınmıştır.

$$n = N \times t^2 \times P \times Q \div ((N-1) \times d^2 + (t^2 \times P \times Q))$$

n= Örnek Büyüklüğü

N= Birim Sayısı

P= Tahmini Oranı

Q= 1-P

t= Güven Düzeyi (%95, katsayısı 1,96)

d= Hata Payı (%5)

Formüle göre yapılan hesaplama sonucunda anket uygulanması gereken kişi sayısı 109 olarak belirlenmiştir. Anket verilerinin güvenilirliğini arttırmak amacıyla 121 kişi ile gerçekleştirilen anket uygulaması ile elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for the Social) programına aktarılmış ve kodlanmıştır. Ankette, katılımcıların bilgi düzeylerinin, tutum ve eğilimlerinin belirlenmesi için Likert ölçeği kullanılmıştır. Rensis Likert tarafından 1932 yılında geliştirilen Likert ölçeği, sosyal bilimlerde yaygın olarak kullanılan bir tutum ve eğilim ölçüm tekniğidir. Bu ölçek, katılımcıların belirli bir konuya ilişkin düşüncelerini, hislerini veya tutumlarını derecelendirmelerine olanak tanımaktadır (Turan vd., 2015).

Likert ölçeğinin kullanıldığı sorularda, ölçeğin güvenilirliği cronbach alfa katsayısı ile ölçülmüştür. Cronbach alfa katsayısı, ölçme araçlarının güvenilirliğini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan önemli bir istatistiksel yöntemdir (Kula Kartal ve Mor Dirlik, 2016). Özellikle psikoloji ve eğitim alanlarında, katılımcıların görüş ve tutumlarını ölçen ölçeklerde sıkça tercih edilmektedir. Katsayının hesaplanmasında, ölçekteki maddelerin varyansları ile toplam varyans arasındaki ilişki kullanılmaktadır (Kılıç, 2016).

Cronbach alfa katsayısı formülü; $\alpha = k/(k-1) \times [1 - (\sum \sigma^2_i / \sigma^2_T)]$

Formülde belirtilen terimlerin anlamı: k: Testteki madde sayısı, σ^2_i : Her bir maddenin varyansı, $\sum \sigma^2_i$: Tüm maddelerin varyanslarının toplamı, σ^2_T : Toplam testin varyansı.

Cronbach alfa katsayısının yorumlanması, güvenilirlik seviyelerini belirlemek açısından kritik bir rol oynamaktadır. Genel olarak, 0,9 ve üzeri değerler mükemmel bir güvenilirlik, 0,7-0,9 aralığı iyi, 0,6-0,7 kabul edilebilir, 0,5-0,6 zayıf ve 0,5'in altındaki değerler kabul edilemez olarak sınıflandırılmaktadır. Bu değerlendirmeler, araştırmacılara ölçeklerin ne ölçüde güvenilir olduğunu anlama fırsatı sunmaktadır (Kılıç, 2016).

Elde edilen verilerin birbiri ile ilişkisini ortaya koymak adına SPSS programı üzerinde Ki-kare analizi uygulanmıştır. Belli bir tip yanıtın diğer yanıtlara göre daha sık ortaya çıkıp çıkmadığının belirlenmesinde ve özellikle sayım yoluyla belirlenen kalitatif özelliklere ilişkin testlerde genellikle Ki-kare testi kullanılmaktadır (Karagöz, 2014). Ki-kare değeri 0 ile $+\infty$ arasında değişir. Yokluk hipotezi (H_0) için %5 önem düzeyinde yapılan Ki-kare testlerinde; significant değeri $>0,05$ şeklinde ortaya çıkan sonuçlarda H_0 hipotezi kabul edilmiş, Sig $< 0,05$ sonuçlarında H_0 hipotezi reddedilerek anlamlı farklılıktan söz edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Orman sahalarında madencilik faaliyetlerinin hukuksal dayanağı

Anayasa'nın 5'nci maddesi devletin temel amaç ve görevlerini düzenlemektedir. Buna göre "*Devletin temel amaç ve görevleri, Türk milletinin bağımsızlığını ve bütünlüğünü, ülkenin bölünmezliğini, Cumhuriyeti ve demokrasiyi korumak, kişilerin ve toplumun refah, huzur ve mutluluğunu sağlamak; kişinin temel hak ve hürriyetlerini, sosyal hukuk devleti ve adalet ilkeleriyle bağdaşmayacak surette sınırlayan siyasal, ekonomik ve sosyal engelleri kaldırmaya, insanın maddi ve manevi varlığının gelişmesi için gerekli şartları hazırlamaya çalışmaktır.*" Anayasa hükümleri bu amaca hizmet etmeye yönelik genel düzenlemeleri içermektedir. Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin kuruluşu ve görevlerinin düzenlendiği anayasa hükümleri, Anayasa'nın 11'inci maddesi gereği "*yasama, yürütme ve yargı organlarını, idare makamlarını ve diğer kuruluş ve kişileri bağlayan temel hukuk kurallarıdır.*" Devlet, görev ve sorumluluklarını yerine getirebilmek ve kamu yararını sağlamak amacıyla idari yapılanmayı oluşturmaktadır. Kanunla oluşturulan idare makamları kamu yararı adına kamu hizmetinin sürekli ve her vatandaşın eşit düzeyde yararlanabileceği şekilde yürütülmesini sağlamakla görevlidir. Kendi yetki ve sorumluluk alanlarına giren konularda idareye tanınan takdir yetkisi idari iş ve işlemlerinin anayasa ve kanunlara aykırı olmayacak şekilde kamu yararını oluşturmayı amaçlamaktadır.

2709 sayılı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın 169'uncu maddesi gereği "*Bütün ormanların gözetimi devlete aittir. Devlet ormanlarının mülkiyeti devrolunamaz. Devlet ormanları kanuna göre, devletçe yönetilir ve işletilir. Bu ormanlar zamanaşımı ile mülk edinilemez ve kamu yararı dışında irtifak hakkına konu olamaz.*" 168'nci madde hükmünde de tabii servet ve kaynakların hukuki statüsüne yer verilmiştir. Buna

göre “Tabii servetler ve kaynaklar devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı devlete aittir. Devlet bu hakkını belli bir süre için, gerçek ve tüzel kişilere devredebilir.” Anayasa’nın 168 ve 169’uncu maddelerinde yer alan her iki kaynak da toplumsal yarar sağladıkları için anayasal güvence altına alınmıştır. Devletin hüküm ve tasarrufu altında olan ormanlar taşınmaz, madenler ise taşınır niteliktedir. Madenler arama ve çıkarılma suretiyle bulundukları arzdan ayrılarak toplumsal yarar sağlarken ormanlar mevcut halleriyle toplumsal yarar sağlamaktadır.

Anayasa’nın 169’uncu maddesinde yer alan “ormanların korunması ve geliştirilmesi” hükümleri, Tarım ve Orman Bakanlığı’nın yetki ve sorumluluk alanını oluşturmaktadır (6831 sayılı Orman Kanunu, mad.6). 168’nci madde hükmü ile devletin hüküm ve tasarrufu altındaki tabii servet ve kaynakların aranması işletilmesi görevi Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na aittir (3213 sayılı Maden Kanunu, mad.1-3). Her iki bakanlığın da temel amacı kamu yararının sağlanmasıdır. Kamu yararının sağlanması adına bazı durumlarda kutsal ve dokunulmaz bir hak olan mülkiyet hakkının kısıtlanması söz konusu olabilmektedir (AY, mad.35). Anayasa’nın 13’üncü maddesi gereği temel hak ve özgürlükler, Anayasa’nın ilgili diğer maddelerinde öngörülen durumlar sebebiyle, hakların özlerine dokunulmadan sınırlandırılabilir. Bu sınırlandırma, kamu yararının söz konusu olduğu haller için öngörülmüştür (Akıllıoğlu, 1991). 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu’nun 754’üncü maddesi ile de madenlerin korunmasına ilişkin özel kanun hükümleri ile mülkiyet hakkının kısıtlanabilmesi öngörülmüştür. 756’ncı maddede yer verilen düzenlemeye göre de kaynakların arazinin mütemmim cüzüdür. Ancak arazi sahibinin kamu yararı olan yeraltı sularının da sahibi olduğu anlamını taşımamaktadır. Buradan yola çıkarak arzın mütemmim cüzü olan madenler üzerinde devletin tasarruf hakkı mevcuttur. Fakat madenin sahipli arazide bulunması halinde devletin hakkı bekleyen bir haktır. Devletin hakkı bu topraklarda madenlerin aranması ve işletilmesi suretiyle ortaya çıkmaktadır (Fındıkgil, 1966).

Madenlerin aranması, işletilmesi ve çıkarılması faaliyetlerinin orman sahaları üzerinde gerçekleştirilmek zorunda kalınması halinde kamu yararları arasında bir tercih yapılması gerekmektedir (Güloğlu vd., 2017). Ormanların mevcut haliyle sağladıkları kamu yararı ile madenlerin arzdan ayrılmak suretiyle sağlayacakları kamu yararı arasında üstün olanın tercih edilmesi gerekmektedir. Tolunay ve Korkmaz (2004)’ın “Ormancılıkta Kamu Yararı ve Üstün Kamu Yararı Üzerine Analizler” araştırmasında; “Orman kaynaklarından topluma sağlanan faydaların tümünde kamu yararı bulunmaktadır. Fakat günümüzde orman ekosistemlerinin kullanımında, başka etkinliğe izin verilmesi gibi durumlarla karşılaşmakta, bu etkinliği gerçekleştirilmesinde de kamu yararının daha çok olduğunun, hukuksal anlamda üstün kamu yararının hangisinde olduğunun belirlenmesi gerekmektedir.” tespiti yapılmıştır. Bu tespit, hüküm gerekçesi olarak yargı içtihatlarında kamu yararı lehine bir tutuma dayanak olmuştur (Güloğlu vd., 2017).

Burada idareye tanınan takdir yetkisi devreye girerek kamu yararı kararı üzerinde etkili olacaktır. “İdareye yasalarla tanınan takdir yetkisi mutlak olmayıp, kamu yararı ve hizmet gerekleri ile sınırlıdır. Hukuk devleti ilkesi uyarınca idare, takdir ettiği sebebi açıklamakla yükümlü olduğu gibi; idari

işleme dayanak alınan sebebin hukuka ve gerçeğe uygun olması da zorunludur” (Danıştay 6.D., E. 2012/3972, K. 2013/4556). Literatürde ve/veya mevzuat hükümlerinde somut bir tanımı bulunmayan kamu yararı, zaman, mekân, kültürel, sosyal, ekonomik özellikler ve toplumsal yapıya göre şekillendiği için belirli ölçüt ve kriterler ile sınırlandırılması mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla kamu yararı kararının her durum için ayrı ve özel olarak incelenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirme yapılırken değişiklik gösteren sosyal, siyasal ve ekonomik koşullar da göz önünde bulundurulmalıdır (Akıllıoğlu, 1991). Kamu yararı tespitinin hukuka uygun ve bilimsel gerçeklere dayandırılarak yapılmaması halinde kamu hizmetinin aksamasına yol açarak, kamu yararını zarara uğratacaktır (Çağlayan, 2006).

Orman sayılan alanlar üzerinde madencilik faaliyetleri, 6831 sayılı Orman Kanunu’nun 16’ncı maddesi uyarınca gerçekleştirilmektedir. Anılan madde hükmü 2023 yılında 7442 sayılı Kanunu’nun 10’ncü maddesi ile değişikliği uğramıştır. Maddenin güncel hali; “Devlet ormanları içinde maden aranması ve işletilmesi ile madencilik faaliyeti için zorunlu; tesis, yol, enerji, su, haberleşme ve altyapı tesislerine, fon bedelleri hariç, bedeli alınarak Tarım ve Orman Bakanlığınca izin verilir. Ancak, temditler dâhil ruhsat süresince müktesep haklar korunmak kaydı ile Devlet ormanları sınırları içindeki tohum meşcereleri, gen koruma alanları, muhafaza ormanları, verimli orman alanları, orman parkları, endemik ve korunması gereken nadir ekosistemlerin bulunduğu alanlarda maden aranması ve işletilmesi, Tarım ve Orman Bakanlığının muvafakatine bağlıdır. Genel bütçe kapsamındaki kamu idarelerinin; baraj, gölet, liman ve yol gibi yapılarda dolgu amaçlı kullanacağı her türlü yapı hammaddesi üretimi için yapacağı madencilik faaliyetleri ile zorunlu tesislerinden bedel alınmaz. Ruhsatname veya imtiyaz almış olanlarla, ruhsatname veya imtiyaz alacaklar, işe başlamadan evvel çalışma sahalarını orman idaresine haber vermeye ve ormana zarar gelebilecek hallerde, orman idaresinin göstereceği tedbirleri almaya ve yapmaya mecburdurlar. Madencilik faaliyetlerinin ve faaliyetlerle ilgili her türlü yer, yol, bina ile tesislerin hükmi şahsiyeti haiz amme müesseselerine ait ormanlarda veya özel ormanlarda yapılmak istenmesi halinde Tarım ve Orman Bakanlığınca izin verilebilir. Bu takdirde kullanım bedeli, kullanım süresi, yapılan bina ve tesislerin devri gibi hususlar genel hükümlere uygun olarak taraflarca tespit edilir.

Madencilik faaliyetlerinin sona ermesi neticesinde idareye teslim edilen veya terk edilen doğal yapısı bozulmuş orman alanları rehabilite edilir. Rehabilite maksadı ile bu alanların orman yetiştirilmek üzere inşaat, yıkıntı ve hafriyat atıkları ile doldurularak ağaçlandırmaya hazır hale getirilmesi için büyükşehir mücavir alanlarında büyükşehir belediyelerine, diğer yerlerde ise il ve ilçe belediyelerine bedeli karşılığında izin verilebilir veya Bakanlıkça uygun görülmesi halinde ihale mevzuatına göre gerçek ve tüzel kişilere yaptırılabilir. Maddenin uygulanması ile ilgili tanım, şekil, şart ve esaslar yönetmelikle düzenlenir.”

2023 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı’nın muvafakatine bağlı olarak gösterilen alanların içerisine verimli orman alanlarının da dâhil edilmesi ormanların korunması açısından önemli bir yaklaşımdır. Orman sahaları üzerinde gerçekleştirilecek madencilik faaliyetleri ve faaliyetler için gerekli tesisler için kamu yararı ve zaruret koşullarının bir arada

bulunması öngörülmektedir. Kamu yararının varlığının tespit edilmesinin ardından faaliyetin ve/veya faaliyet için gerekli tesisin orman alanı sınırları içerisinde gerçekleştirilmesinin zorunlu olması halinde öncelikle bozuk orman alanlarının değerlendirilmesi beklenmektedir (Orman Kanunu'nun 17'nci maddesinin uygulama yönetmeliği-mad. 23). Bozuk orman alanlarında da imkân sağlanamıyorsa verimli orman alanlarında izin verilebilir.

“..... hizmetlere ilişkin bina ve tesislerin Devlet ormanları üzerinde bulunması veya yapılmasındaki kamu yararının, orman arazisinin bu hizmetlere tahsisini zorunlu hale getirmesidir. Bu çerçevede, kamu yararının zorunlu kıldığı hallerin, talep edilen faaliyetin orman ekosistemi dışında gerçekleştirilmesi imkânı bulunup bulunmadığı hususu gözetilmek suretiyle belirlenmesi gerekir.” (AYM, 22.11.2007, E. 2004/67, K. 2007/83).

Mermer ocağı gibi ana kayaya ulaşılan madencilik faaliyetlerinin gerçekleştirildiği sahalarının rehabilitesinde karşılaşılan alanların doldurulması sorunu, 2023 yılında Orman Kanunu'nun 16'ncı maddesinde yapılan düzenleme ile Bakanlıkça uygun görülmesi halinde ihale mevzuatına göre gerçek ve tüzel kişilere yaptırılabilir.

Madencilik şirketi “Orman Kanunu'nun 16'cı Maddesinin Uygulama Yönetmeliği” nde getirilen kurallara riayet ederek izin ve irtifak hakkı tesisinde bulunabilir. Uygulama yönetmeliği, ayrıca faaliyete başlanmadan önce, faaliyet esnasında ve faaliyet sonunda uyulması gereken kuralları da düzenlemektedir. Orman idaresinin etkin ve sıkı denetimleri ile gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerinde, özel kanunu ve uygulama yönetmeliğinde getirilen kurallara riayet edilmesi bir dizi yaptırımı da gerektirmektedir.

3.2 Daday Orman İşletme Müdürlüğü sınırları dâhilindeki mermer ocakları

Daday ilçesi 996.000 metre² yüz ölçümü ve 7992 nüfusu ile Kastamonu'ya bağlı bir kırsal ilçedir. İlçede bulunan Daday orman işletme müdürlüğü, normal kapalı alan 695.763 ha, boşluklu kapalı alan 180.550 ha olmak üzere toplam ormanlık kalan 876.314 hektardır.

Bu çalışma kapsamında, Daday Orman İşletme Müdürlüğü, Aktaştekke köyü sınırları içinde bulunan ve en yakın yerleşim yerine kuş bakışı uzaklığı 1100 metre olan DB (Ümersan) maden sahası 30.05.2018-26.02.2028 izin süreli ve 35.33 ha büyüklüğündeki/Çavuşlu köyü sınırları içerisinde bulunan ve en yakın yerleşim yerine kuş bakışı uzaklığı 800 metre olan Yıldız maden sahası, 17.01.2020-23.11.2024 izin süreli 99.75 ha büyüklüğündeki/ Karaağaç köyü sınırı içinde bulunan ve en yakın yerleşim yerine kuş bakışı uzaklığı 900 metre olan Aktepe maden sahası 09.05.2017-07.04.2027 izin süreli ve 99.24 ha büyüklüğündeki maden sahaları incelenmiştir. Bu maden sahalarından mermer madeni çıkarılma durumundadır. Daday sınırları içerisinde fazlaca maden sahası bulunmasına rağmen üç maden sahasının tercih edilmesinin nedeni;

1. Çalışması bitmiş ve rehabilitasyon durumu hakkında bilgi edinmek,
2. Çalışma esnasında şartname dışına çıkmış olup devlet tarafından tutanak tutulmuş ve ceza verilmiş olmak,
3. Aktif olarak madencilik çalışmalarının devam ettiği sahalardaki yerel halk ile ilişkisini değerlendirmektir.



Şekil 1. Aktaştekke 2017 yılına ait görüntü



Şekil 2. Aktaştekke 2024 yılına ait görüntü



Şekil 3. Çavuşlu 2017 yılına ait görüntü



Şekil 6. Karaağaç 2025 yılına ait görüntü



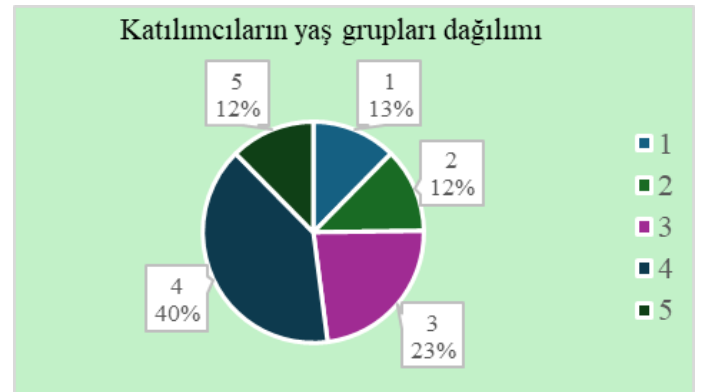
Şekil 4. Çavuşlu 2024 yılına ait görüntü



Şekil 5. Karaağaç 2013 yılına ait görüntü

3.3 Katılımcıların demografik özellikleri

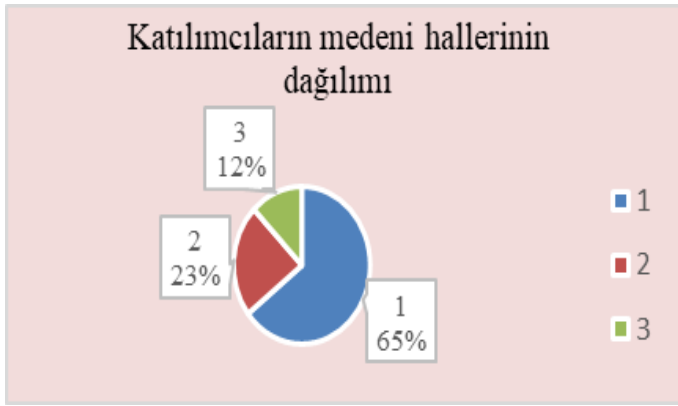
Kastamonu ili Daday ilçesinde orman sahaları üzerinde gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerine yönelik yöre halkının tutumunun belirlenmesine ilişkin gerçekleştirilen anket uygulamasına katılan katılımcıların demografik özellikleri şekil 7, şekil 8, şekil 9, şekil 10, şekil 11 ve şekil 12’de yer almaktadır.



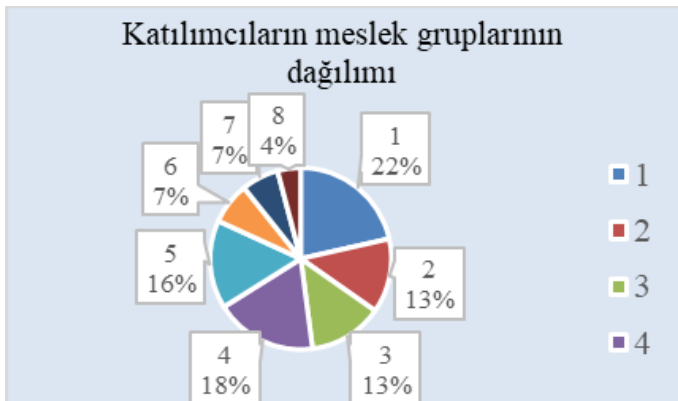
Şekil 7. Katılımcıların yaş grupları dağılımı (1:18-24, 2:25-34, 3:35-44, 4:45-64 5:65 ve üzeri)



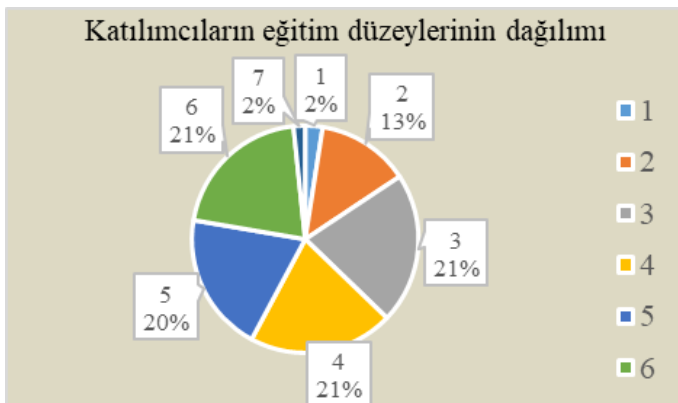
Şekil 8. Katılımcıların cinsiyet dağılımı (1:Kadın, 2: Erkek)



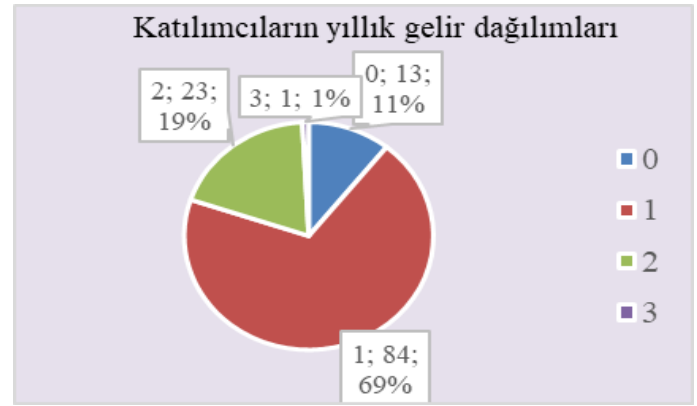
Şekil 9. Katılımcıların medeni hallerinin dağılımı (1: Evli, 2: Bekâr, 3: Eşinden ayrılmış)



Şekil 10. Katılımcıların meslek gruplarının dağılımı (1: Çiftçi, 2: Esnaf, 3: Serbest Çalışan, 4: Emekli, 5: Memur, 6: Öğrenci, 7: Ev Hanımı, 8: Diğer)



Şekil 11. Katılımcıların eğitim düzeylerinin dağılımı (1: Okuryazar değil, 2: Okuryazar, 3: İlkokul, 4: Ortaokul, 5: Lise, 6: Lisans)



Şekil 12. Katılımcıların yıllık gelir dağılımları (1:1 - 204.000TL, 2: 205.000 - 409.000TL, 3:410.000 - 819.000TL)

Şekil 7'ye göre katılımcıların %40'45-64, %23'ü 35-44 yaş aralığında olup, 18-24, 25-34 ile 65 ve üzeri grupta yer alanların oranı ise %12'dir. Şekil 8'e göre katılımcıların %25'ini kadınlar, %75'ini erkekler oluşturmaktadır. Şekil 9'a göre katılımcıların %65'i evli, %23'ü bekâr ve %12'si eşinden ayrıdır. Şekil 10'a göre meslek grupları arasında ilk sırada %12 oranı ile çiftçiler yer almaktadır. Ardından %18 oranında emekliler, %16 oranında memurlar, %13 oranında esnaflar, %17 oranında serbest çalışanlar, %7 oranında öğrenciler ve ev hanımları gelmektedir. Şekil 12'ye göre katılımcıların yıllık gelir dağılımlarında %69 (84 kişi) oranında 1-204.000 TL (2024 yılı asgari ücret miktarı taban alınarak alt sınır belirlenmiştir) üst sırada yer almaktadır. Ardından %19 (23 kişi) oranında 205.000- 409.000 TL, %1 (1 kişi) oranında 410.000-819.000 TL gelmektedir. Katılımcıların %11 (13 kişi) ise yıllık gelirlerine ilişkin soruya yanıt vermemiştir.

3.4 Katılımcıların madencilik faaliyetlerine yönelik algısı

Anket çalışmasından elde edilen verilere göre katılımcıların yalnızca %7 (8 kişi) madenciliğin sağladığı istihdam olanaklarından yararlanmaktadır. Madencilik faaliyetlerinin istihdam olanaklarından yararlanan %7'lik dilim erkek katılımcılardan oluşmaktadır. Çizelge 1'de istihdam olanaklarından yararlanma durumu ile demografik özellikler arasında yapılan Ki-kare analizinin sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 1. İstihdam olanaklarından yararlanma ile demografik özellikler arasında Ki-kare analizi

İstihdam ve demografik özellikler	Önem Düzeyi
İstihdam-yaş	0,019
İstihdam-cinsiyet	0,094
İstihdam-medeni hal	0,467
İstihdam meslek	0,357
İstihdam-eğitim durumu	0,309
İstihdam-yıllık gelir	0,663

Çizelge 1'e göre istihdam olanaklarından yararlanma durumu ile demografik özellikler arasında anlamlı bir farklılık sadece yaş grupları arasında oluşmaktadır. Ulaşılan sonuçlara göre istihdam olanaklarından yararlanan 8 katılımcının 4'ü emekli grubunda, 65 ve üzeri yaş grubundadır. 2'si çiftçi ve diğer 2'si ise serbest çalışan grubunda yer almaktadır.

Katılımcıların %92'si madencilik faaliyetlerin orman sahaları üzerinde neden olduğu olumsuzluklardan rahatsız

olduklarını ifade etmiştir. Çizelge 2’de madencilğin olumsuz etkilerinden rahatsız olma ile demografik özellikler arasında yapılan Ki-kare analizinin sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 2’ye göre madencilik faaliyetlerinin neden olduğu olumsuzluklardan yöre halkı genel itibarıyla rahatsızlık duymaktadır. Her yaş grubu, eğitim durumu, medeni hal, meslek grubu ve yıllık gelir seviyelerinde farklılık görülmemektedir. Çizelge 3’te madencilik faaliyetinden kaynaklanan olumsuzluklara ilişkin yöre halkının değerlendirmeleri yer almaktadır

Çizelge 3. Madencilik faaliyetlerinin olumsuz etkilerine ilişkin yöre halkının değerlendirmeleri

Cronbach Alfa Değeri	Normallik dağılımı	Olumsuz etkiler	Yanıtlar ortalaması
0,92	Skewness (Çarpıklık) -1,098	Görüntü kirliliği	3,57~4
	Kurtosis (Basıklık) 0,330	Hava kirliliği	3,58~4
(0,9 ve üzeri değerler mükemmel bir güvenirlilik, 0,7-0,9 aralığı iyi, 0,6-0,7 kabul edilebilir, 0,5-0,6 zayıf ve 0,5’in altındaki değerler kabul edilemez (Kılıç, 2016).)	Skewness (Çarpıklık) ve Kurtosis (Basıklık) değerlerinin -1,5 ile +1,5 arasında olması normal dağılım olarak kabul edilmektedir. (Tabachnick ve Fidell, 2013).	Biyolojik çeşitlilik kaybı	3,10~3
		Gürültü kirliliği	3,60~4
		Yaban hayatı yaşam alanının yok olması	2,93~3
		Toz yayılımı	3,86~4
		Katı atıkların yok edilmesi sorunları	3,19~3

(1: En düşük 5: En yüksek)

Yöre halkı olumsuzluklar arasında en yüksek puanlamayı gürültü kirliliği, görüntü kirliliği, hava kirliliği ve toz yayılımı için yapmıştır. Sıralanan diğer olumsuz etkiler için orta (3) değerlendirmesinde bulunmuşlardır. Ulaşılan sonuçlara göre yöre halkı, madencilik faaliyetlerinin doğrudan hissedilen ilk etkilerinden oldukça rahatsızlık duymaktadırlar. Biyolojik çeşitlilik kaybı ve yaban hayatı yaşam alanlarının yok olması sorunları daha tedrici ilerleyen ve etkileri dolaylı olarak hissedilen etkiler olmasından dolayı doğrudan etkilere kıyasla ortalama değerde rahatsızlık nedeni olmaktadır.

Çizelge 4. Ek gelir kaynaklarının madencilğin negatif etkilerine yönelik şikâyet türleri üzerine etkisi

Ki-kare	Önem Düzeyi
Toz yayılımı-bahçede yetiştirilen ürün ile ek gelir sağlama	0
Hava kirliliği-bahçede yetiştirilen ürün ile ek gelir sağlama	0,003
Görüntü kirliliği-bahçede yetiştirilen ürün ile ek gelir sağlama	0,001
Görüntü kirliliğinden-büyükbaş hayvancılıktan ek gelir sağlama	0,012
Hava kirliliği- büyükbaş hayvancılıktan ek gelir sağlama	0,002
Toz yayılımı-büyükbaş hayvancılıktan ek gelir sağlama	0,024
Hava kirliliği-küçükbaş hayvancılıktan ek gelir sağlama	0,027
Toz yayılımı-küçükbaş hayvancılıktan ek gelir sağlama	0
Görüntü kirliliği-kümes hayvancılığından ek gelir sağlama	0
Hava kirliliği- kümes hayvancılığından ek gelir sağlama	0
Biyolojik çeşitlilik kaybı- kümes hayvancılığından ek gelir sağlama	0,041
Gürültü kirliliği- kümes hayvancılığından ek gelir sağlama	0,008
Toz yayılımı-kümes hayvancılığından ek gelir sağlama	0

Katılımcıların %84’ü yöredeki madencilik faaliyetlerinin yetiştirdikleri bitkisel ürünler üzerinde zararlı etkilere neden olduğunu düşünmektedir. Katılımcılara yöneltilen “çiçeklenme zamanlarında kayma, kuruma, verimde azalma, tat ve kokuda değişim” seçeneklerine toplamda 272 kez “hayır”, 212 kez “evet” yanıtı vermişlerdir.

Çizelge 2. Madencilğin olumsuz etkilerinden rahatsız olma ile demografik özellikler arasında Ki-kare analizi

Rahatsızlık ve demografik özellikler	Önem Düzeyi
Rahatsızlık-yaş	0,360
Rahatsızlık-cinsiyet	0,054
Rahatsızlık- medeni hal	0,078
Rahatsızlık-meslek	0,132
Rahatsızlık-eğitim durumu	0,118
Rahatsızlık- yıllık gelir	0,700

Gerçekleştirilen mülakatlar esnasında katılımcılar ağırlıklı olarak, tarla ve/veya bahçelerinde yetiştirdikleri bitkisel ürünlerin madencilik faaliyetlerinden önceki yıllara göre verim ve kalitesinde azalmalar olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumun toz yayılımı ve hava kirliliğinden kaynaklandığını düşünmektedirler. Büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığından ek gelir sağlayan katılımcılar da doğada gözlenen etkilerden daha yoğun şikâyet etmektedir. Hayvanlarını doğada dolaştıran, otlatan, su ihtiyacını kaynaklardan giderek kırsal yöre halkı biyolojik çeşitlilikte yaşanan değişimleri de yakından takip edebilmektedir. Ulaşılan sonuçlar, literatürde yer alan geçimliklerini doğadan sağlayan ve doğa ile iç içe yaşamakta olanların doğayı daha iyi gözlemledikleri ve etkilerin daha çok farkında oldukları tespiti ile uyum göstermektedir.

Çizelge 5. Madencilğin bitkiler üzerindeki zararlarına ilişkin katılımcı yanıtlarının dağılımı

	Yanıtlar		Durum içinde %
	N	%	
Hayır	272	56,2	224,8
Evet	212	43,8	175,2
Toplam	484	100	400

Çoklu yanıtların içerisinde en fazla (68 kez, %56) “evet” bitkilerde gözlenen kuruma seçeneği için yanıtlanmıştır. Ardından “tat ve kokuda değişim” seçeneği katılımcılar tarafından en fazla “evet” (54 kez, %45) yanıtı almıştır.

Katılımcıların %7’si madencilik faaliyetleri amacıyla orman sahalarının her koşulda madencilğe açılmasını desteklemektedir. %87’si ormanların madencilik faaliyetlerine açılmasına her koşulda izin verilmemesini desteklemektedir. %31’si verimli orman alanlarının madencilik faaliyetlerine konu edilmemesini, bozuk orman alanlarının madencilik faaliyetleri için kullanılmasını desteklemektedir. %36’sı ise madencilik faaliyetlerinin yerleşim yerlerine yakın yerlerde yapılmamasını

desteklemektedir. %17 oranındaki katılımcı orman işletme müdürlüğünün sıkı denetimi altında ormanlık sahalarda madencilik faaliyetlerine izin verilebileceğini desteklemektedir. Çizelge 4'te orman sahalarının her koşulda madencilik

faaliyetlerine açılmasını destekleme ve desteklememe ile demografik özellikler arasındaki Ki-kare analizinin sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 6. Orman sahalarının her koşulda madencilik faaliyetlerine açılmasını destekleme ile demografik özellikler arasındaki Ki-kare analizi

Çoklu Yanıt			Ki-kare	Önem Düzeyi												
<table><tr><td></td><td>N</td><td>%</td></tr><tr><td>Hayır</td><td>467</td><td>77</td></tr><tr><td>Evet</td><td>138</td><td>23</td></tr><tr><td>Toplam</td><td>605</td><td>100</td></tr></table>		N	%	Hayır	467	77	Evet	138	23	Toplam	605	100	Her koşulda izin verilmeli	Yaş	0,014	p<0,05
		N	%													
	Hayır	467	77													
	Evet	138	23													
	Toplam	605	100													
	Cinsiyet	0,088														
	Medeni hal	0,162														
	Meslek	0,551														
	Eğitim durumu	0,072														
	Yıllık gelir	0,34														
	Her koşulda izin verilmemeli	Yaş	0,796	p>0,05												
		Cinsiyet	0,597													
		Medeni hal	0,647													
		Meslek	0,914													
		Eğitim durumu	0,854													
		Yıllık gelir	0,105													
	Bozuk orman alanlarında izin verilebilir / verimli orman alanlarında izin verilmemeli	Yaş	0,649	p>0,05												
		Cinsiyet	0,404													
		Medeni hal	0,049		p<0,05											
		Meslek	0,981													
Eğitim durumu		0,863														
Yıllık gelir		0,194														
Yerleşime yakın yerlerde izin verilmemeli	Yaş	0,451	p>0,05													
	Cinsiyet	0,968														
	Medeni hal	0,172														
	Meslek	0,164														
	Eğitim durumu	0,414														
	Yıllık gelir	0,136														
Orman işletme müdürlüğünün sıkı denetimi altında izin verilebilir	Yaş	0,227	p>0,05													
	Cinsiyet	0,909														
	Medeni hal	0,001		p<0,05												
	Meslek	0,5	p>0,05													
	Eğitim durumu	0,547														
	Yıllık gelir	0,357														

Çizelge 6'ya göre katılımcıların yaş grupları ile orman sahalarının her koşulda madencilik faaliyetlerine açılmasını destekleme arasında anlamlı farklılık ortaya çıkmaktadır. Her koşulda madencilik faaliyetlerine izin verilmeli seçeneğini tercih edenler 18-24 yaş aralığında yoğunlaşmaktadır. Yapılan görüşmelerde 18-24 yaş aralığındaki katılımcılar, madencilik faaliyetlerinin ekonomik olarak daha fazla yarar sağladığını düşündüklerini ifade etmişlerdir. 18-24 yaş aralığında yer alan katılımcılar aynı zamanda medeni hali bekâr olan katılımcı grubudur. Dolayısıyla medeni durumu bakımından evli olanların çevresel etkilerin de daha fazla farkında olmalarından ve gelecek yıllara ilişkin daha yoğun endişe taşımalarından kaynaklanmaktadır. Yöredeki madencilik faaliyetlerinin de gerekli olduğunu düşünen katılımcılar yerleşim yerine yakın olmamak ve verimli orman alanlarında olmamak koşuluyla izin verilebileceğini ifade etmişlerdir. Bu katılımcılar orman izinlerinin verilmesi aşamasından madencilik faaliyetlerinin sonlanmasına kadar geçen süre içerisinde orman işletme müdürlüğünün denetimlerinin sıkı olmasını talep etmektedir.

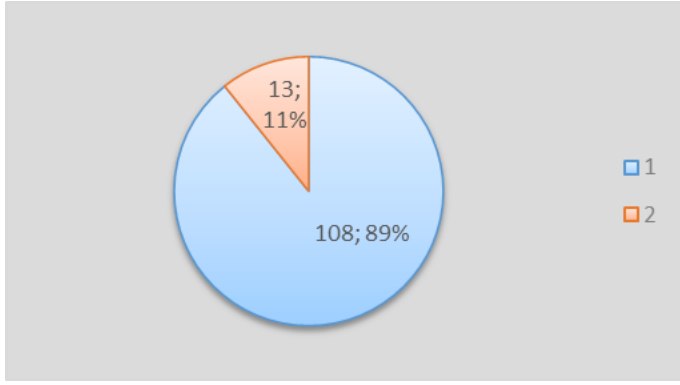
Katılımcıların %89'u yöredeki madencilik faaliyetlerinin sonlanmasının ardından ormanın geri kazanımını yeterli görmemektedir. Katılımcılara "ağaçlandırma çalışmalarının özenle gerçekleştirilmediği, maden ocaklarının ağaçlandırma çalışmalarına uygun hale getirilmediği, yetişme ortamına uygun tür seçiminin yapılmadığı ve sahanın yeniden orman olarak kazanılması için çok uzun zamanın gerekli olması" seçenekleri

sunulmuştur. Katılımcılar bu seçeneklere 151 kez "hayır", 333 kez "evet" yanıtını vermişlerdir.

Çizelge 7. Ormanın geri kazanılması sürecini yeterli görmeme nedenlerine verilen yanıtların dağılımı

	Yanıtlar		Durum içerisinde %
	N	%	
Hayır	151	31,2	124,8
Evet	333	68,8	275,2
Toplam	484	100	400

Ağaçlandırma çalışmalarının özenle gerçekleştirilmemesi seçeneği 89, faaliyetin sonlandığı maden ocaklarının ağaçlandırma çalışmalarına uygun hale getirilmemesi 90, yetişme ortamına uygun tür seçiminin yapılmaması 64 ve sahanın yeniden orman olarak kazanımının uzun yıllar gerektirmesi 90 kez "evet" yanıtını almıştır.



Şekil 13. Katılımcılara göre orman ve maden arasında üstün kamu yararı tercihi, (1: Yöredeki orman sahalarının orman olarak muhafazası daha fazla toplumsal yarar sağlar 2: Yöredeki orman sahalarının madencilik faaliyetlerine tahsisi daha fazla toplumsal yarar sağlar)

Yapılan görüşmeler ve uygulanan anket uygulaması sonuçlarına göre katılımcılar ormanların orman olarak muhafazasında daha fazla toplumsal yarar bulunduğunu düşünmektedirler.

4. Sonuç ve Değerlendirme

Ormanlar orman haliyle taşıdıkları kamusal yararlar her geçen gün daha yoğun ilgi odağı olmaktadır. Küresel iklim değişikliği ile mücadele ederken bir yandan da sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin On İkinci Kalkınma Planı'nda da ön plana çıkan amaçlar arasındadır. Anayasa'nın devlete yüklemiş olduğu görev ve sorumlulukların her Türkiye Cumhuriyeti vatandaşı için eşit ve erişilebilir olanaklarla yerine getirilmesi gereklidir. Her vatandaşın eşit ve erişilebilir kamu hizmetine sahip olması kamu yararının gereği olarak karşımıza çıkmaktadır. Kamu yararı toplumsal refahı, toplumsal iyiliği ifade etmektedir. Ancak bazı durumlarda kamunun yararına olduğu kabul edilen faaliyetler daha küçük bir toplumsal kesimin rahatsızlıklarına ve şikâyetlerine neden olabilmektedir.

Bu durum, ülke genelinde en yoğun orman, maden ve halk üçgeni ile doğanın dengesi konularında ortaya çıkmaktadır. Daday örneğinde, katılımcılara, ormanların her durumda ve her koşulda kamu yararı sağladıkları ve dolayısıyla hiçbir şekilde madencilik faaliyetlerine izin verilmemesi bir seçenek olarak sunulduğunda katılımcılar ağırlıklı olarak bu seçeneği desteklemişlerdir. Bu sonucun, Daday'ın yüzölçümü ve nüfusu ile küçük ölçekli bir ilçe olmasından ve yerel halkın madencilik faaliyetlerinin istihdam olanaklarından yararlanmamasından aynı zamanda olumsuz etkileri yakından gözlemlediklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yerel halk aynı zamanda orman işletme müdürlüğünün denetimleri daha da arttırması gerektiğine inanmaktadır. Madencilik faaliyetlerinin sona ermesinin ardından rehabilitasyon faaliyetlerini de yeterli görmeyen yerel halk, sahanın yeniden orman olarak kazanımının uzun yıllar gerektirmesini olumsuz bir sonuç olarak değerlendirmektedir.

Orman, maden ve halk üçgeninin ülke genelinde daha büyük çapta medyaya yansıyan çatışmaları Daday örneğinde daha küçük çapta da olsa yaşandığı anlaşılmıştır. Kamu yararı sosyal, kültürel, ekonomik ve siyasal etkenlere göre şekillendiğinden

dolayısı bu gibi küçük ölçekli alanlarda kamu yararı tespitinde halkın görüşlerinin ve deneyimlerinin dikkate alınması önem arz etmektedir.

Madencilik faaliyetleri yöre halkına istihdam sağlaması açısından önem taşımaktadır. Ancak çalışma alanında istihdam olanaklarından yararlanan kişi sayısı oldukça azdır. İstihdamdan yararlanan kişi(ler)in ise aslında farklı bir iş kolundan emekli olduğu, emeklilik döneminde madencilik şirketinde işlendirildiği ve nitelikli iş gücü olarak değerlendirilmediği de aşikârdır. İstihdam olanaklarının dışında madencilik faaliyetleri yerel halkı çevresel faktörler açısından da etkilemektedir. Katılımcıların büyük çoğunluğu madencilik faaliyetlerinin görüntü, gürültü, hava kirliliği başta olmak üzere birçok kirliliğe neden olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çevresel etkiler, tarımsal faaliyetler üzerinde diğer olumsuzluklara da neden olmaktadır. Dolayısıyla yerel halkın yaşam tarzı da olumsuz etkilenmektedir. Siyasal aktör olarak devlet tarafından belirlenen madencilik politikaları, ruhsat süreci ve çevresel denetimler ön plana çıkmaktadır. Bu faktörler arasındaki ilişkinin uyumlu bir şekilde yürütülmesi ve bu süreçte halkın onayının alınması oldukça önemlidir.

Kırsal bölgede yaşayan, geçimini tarım, ormancılık ve hayvancılık faaliyetlerinden sağlayan, aynı zamanda küresel iklim değişikliğinin neden olduğu olumsuzluklarla da baş etmeye çalışan yerel halkın kalkınması noktasında halkın katılımının ve desteğinin sağlandığı faaliyetlere yönelmenin daha yerinde olacağı düşünülmektedir.

Madencilik faaliyetlerinin sürdürülebilir kalkınma amaçları doğrultusunda hedeflenen ekonomik gelişme için önemli olduğu kabul edilmektedir. Madenlerin, ülkemizin doğal kaynakları olduğu ve arzdan ayrılarak kıymetlendirilmesinin dışa bağımlılığın azaltılması hatta bitirilmesi, sanayinin hammadde ihtiyacının karşılanması noktasında önemli olduğu inkâr edilmemektedir. Burada dikkate üzerinde durulan husus, madenin cinsi, miktarı ve bulunduğu arz ile gerekli tesislerin kurulacağı sahanın niteliğinin bilimsel ve hukuksal tespitinin yanı sıra sosyal tespitinin de gerekli olduğudur. Anayasa'nın 11'inci maddesi gereği "*Devlet organları ve idare makamları bütün işlemlerinde, kanun önünde eşitlik ilkesine uygun olarak hareket etmek zorundadırlar.*" Aynı zamanda Anayasa'nın 56'ncı maddesi gereği, "*Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir.*"

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir. Ayrıca Kastamonu Üniversitesi Rektörlüğü Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 08.05.2024 tarih ve 1 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Kaynakça

- Akıllıoğlu, T. (1991). Kamu yararı kavramı üzerine düşünceler. *Amme İdaresi Dergisi*, 24(2), 11-22.
- Çağlayan, R., (2006). İdari yaptırımlar hukuku. Asil yayıncılık, Ankara.
- Fındıklıgil, Y., (1966). Maden hukuku. İ.T.Ü. yayınları, 656, 30.
- Güloğlu, Y., Karataş, İ., & Bulut, A., (2017). Ormanların madencilik faaliyetlerine tahsisi açısından üstün kamu

- yararı. Uluslararası Taşköprü Pompeiopolis Bilim Kültür Sanat Araştırmaları Sempozyumu, 10-12 Nisan, Kastamonu.
- Leon, M.; Cornejo, G.; Calderón, M.; González-Carrión, E.; Florez, H. (2022). Effect of Deforestation on Climate Change: A Co-Integration and Causality Approach with Time Series. Sustainability 14.
- On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028), Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, <https://www.sbb.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 14.12.2024).
- Kılıç, S. (2016). Cronbach'ın alfa güvenilirlik katsayısı. Journal of Mood Disorders, 6(1), 47-48.
- Kula Kartal, S., ve Mor Dirlik, E. (2016). Geçerlik kavramının tarihsel gelişimi ve güvenilirlikte en çok tercih edilen yöntem: cronbach alfa katsayısı. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 16(4), 1865-1879.
- Tolunay, A., Korkmaz, M., (2004). Ormancılıkta kamu yararı ve üstün kamu yararı üzerine analizler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, No: 8-1, s. 47-58.
- Turan, İ., Aslan, H., & Şimşek, Ü. (2015). Eğitim araştırmalarında likert ölçeği ve likert-tipi soruların kullanımı ve analizi. Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 30, 186-203.
- Türkoğlu Üstün, K. (2021). Yeni bir dönemin başlangıcı: Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türk Çevre Hukuku ve politikalarına etkileri. Memleket Siyaset Yönetim, 16(36), 329-366.
- UNEP, (2021). <https://www.unep.org/resources/factsheet/deforestation> (Erişim Tarihi: 10.11.2024).
- Yavuz, H., 2007. Bilimsel Araştırmalarda İstatistik, Hizmet İçi Eğitim Programı Eğitim Notları (Basılmamış). 5-9 Mart 2007, Antalya, 85 s.
- Kanun No.3213. Maden Kanunu, Yayımlandığı Resmi Gazete Tarihi 15.6.1985, (Erişim Tarihi: 04.01.2025).
- Kanun No.6831. Orman Kanunu, Yayımlandığı Resmi Gazete Tarihi 8.9.1956, (Erişim Tarihi: 04.01.2025).



Kampüs yeşil alanlarındaki odunsu bitki çeşitliliğinin sürdürülebilir yönetimi: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Bahçeköy kampüsü örneği

Aysel Ulus¹, Şerife Doğanay Yener¹, Eren Dağra Sökmen¹, Merve Tanfer²,
Selim Bayraktar^{1*}

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 34473, İstanbul, Türkiye

²Yalova Üniversitesi, Yalova Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, 77200, Yalova, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 12/01/2025

Kabul Tarihi: 08/03/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1618412>

*Corresponding author:

sbayraktar@iuc.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Kent içindeki yeşil alanlar, insan sağlığı ve refahı için hayati öneme sahip olup, hava kalitesini iyileştirme, biyolojik çeşitliliği destekleme ve rekreasyonel olanaklar sunma gibi çok yönlü ekosistem hizmetleri sağlamaktadır. Üniversite kampüsleri, kentsel yeşil alanların önemli bir alt kategorisini oluşturarak hem eğitim süreçlerini desteklemek hem de biyolojik çeşitliliği artırmak için kritik bir rol üstlenmektedir. Bu bağlamda, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bahçeköy Kampüsü, Belgrad Ormanı'na komşu 14 hektarlık alanda yer almakta ve 266

odunsu bitki taksonu ile önemli bir biyolojik çeşitlilik kaynağı sunmaktadır. Çalışmanın amacı, kampüsün odunsu florasının mevcut durumunu değerlendirmek, eksiklikleri tespit etmek ve ekosistem hizmetlerini desteklemek amacıyla uygun odunsu takson önerilerinde bulunmaktır.

Yöntemler Çalışmada, literatürdeki mevcut bitki listesi referans alınarak kampüs alanındaki odunsu bitki taksonları belirlenmiş, saha çalışmaları ile mevcut türler kontrol edilerek liste güncellenmiştir. İstanbul peyzajında yaygın olarak kullanılan odunsu bitkiler incelenerek 62 yeni takson önerilmiştir. Kampüs alanı, yapısal alanlar, fonksiyonel kullanım bölgeleri ve ekolojik karakterleri göz önünde bulundurularak 19 alt bölgeye ayrılmış ve her bölgeye uygun bitki türleri önerilmiştir.

Bulgular Sonuçlar, kampüs bahçesinin aile düzeyinde İstanbul'un biyolojik çeşitliliğinin %97'sini, cins düzeyinde %92'sini ve takson düzeyinde %39'unu temsil edebileceğini göstermektedir. Önerilen 62 yeni takson ile aile sayısı 65'ten 76'ya, cins sayısı 141'den 188'e ve takson sayısı 266'dan 328'e yükseltilebilmektedir.

Sonuçlar Çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bahçeköy Kampüsü'ndeki odunsu bitki çeşitliliğini artırarak ekolojik sürdürülebilirliği destekleyen stratejik bir model sunmaktadır. Egzotik tür baskınlığını dengeleyip yerel türleri artırarak kampüsün eğitimsel ve ekolojik işlevselliği güçlendirilmiştir. Çalışma, bu yönüyle kentsel biyolojik çeşitliliği destekleyerek Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kentsel yeşil alanlar, ekosistem hizmetleri, bitki çeşitliliği, peyzaj tasarımı

Sustainable management of woody plant diversity in campus green spaces: the case of İstanbul University-Cerrahpaşa, Bahçeköy campus

ABSTRACT

Background and Aims Urban green spaces are vital for human health and well-being, offering multifunctional ecosystem services such as improving air quality, supporting biodiversity, and providing recreational opportunities. University campuses, as a significant subcategory of urban green spaces, play a crucial role in supporting educational processes and enhancing biodiversity. In this context, İstanbul University-Cerrahpaşa Bahçeköy Campus, adjacent to Belgrad Forest on 14 hectares, serves as a significant biodiversity hotspot with its 266 woody plant taxa. This study aims to evaluate the current state of campus flora, identify gaps, and propose appropriate taxa to support ecosystem services.

Methods The identification of woody plant taxa was conducted using an existing plant list from the literature as a reference, updated through field surveys. To enhance campus flora, 62 new taxa were proposed based on a review of woody species commonly used in İstanbul's landscape design. The campus was divided into 19 sub-zones considering structural areas, functional use zones, and ecological characteristics. Suitable plant species were strategically selected for each zone.

Results Findings indicate that the campus garden could represent 97% of İstanbul's woody plant diversity at the family level, 92% at the genus level, and 39% at the taxon level. With the addition of 62 new taxa, the number of families can be increased from 65 to 76, genera from 141 to 188, and taxa from 266 to 328.

Conclusions This study presents a strategic model for enhancing woody plant diversity in İstanbul University-Cerrahpaşa Bahçeköy Campus, supporting ecological sustainability. By balancing the dominance of exotic species and increasing the representation of native species, the educational and ecological functionality of the campus is enhanced. The study contributes to urban biodiversity and supports the United Nations Sustainable Development Goals through the integration of education and conservation efforts.

Key Words: Urban green spaces, ecosystem services, plant diversity, landscape design

Bu makaleye atf:

Ulus, A., Yener, Ş.D., Sökmen, E.D., Tanfer, M., Bayraktar, S., 2025. Kampüs yeşil alanlarındaki odunsu bitki çeşitliliğinin sürdürülebilir yönetimi: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Bahçeköy kampüsü örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 111-120.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Kent içerisindeki yeşil alanlar insan sağlığı, mutluluğu ve refahı için hayati öneme sahip alanlar olarak değerlendirilmektedir (Zhang et al., 2021a). Yeşil alanların başlıca bileşeni olan bitkiler, ekosistem hizmetleri sağlama potansiyelleri nedeniyle ayrı bir değer taşımaktadır. Kentlerdeki yeşil alanların, hava kalitesini iyileştirme, olumlu iklim koşulları oluşturma, biyolojik çeşitliliği destekleme ve rekreasyonel olanaklar sağlama gibi çok yönlü faydaları bulunmaktadır (Kaplan and Kaplan, 1989; Bratman et al., 2019; Lai et al., 2019; Zhang et al., 2020; Sarı and Bayraktar, 2023). Ayrıca, sosyal, ekonomik ve ekolojik faydaları sayesinde kent ekosistemlerinin sürdürülebilirliğini destekleyen kritik unsurlar olarak kabul edilmektedir (Schipperijn, 2010).

Yeşil alanların ekosistem hizmetlerini en etkili şekilde sunabilmesi, yalnızca varlıklarıyla sınırlı kalmayıp, bitki kompozisyonunun çeşitliliği ve yapısal özellikleri ile doğrudan ilişkilidir (Sarı ve Bayraktar, 2023). Özellikle odunsu bitkiler, kent ekosistemlerinde yalnızca estetik değer katmakla kalmaz, aynı zamanda biyoçeşitliliği sürdürülebilir şekilde destekleyen karmaşık ekosistem hizmetleri sunarlar. Odunsu bitkiler, tür çeşitliliğini artırmakla birlikte; habitat heterojenliği, gıda kaynakları ve ekosistem hizmetlerini çeşitlendirerek biyoçeşitliliği sürdürülebilir şekilde desteklemektedir. Sağladıkları habitat heterojenliği, mikrohabitatların oluşumunu destekleyerek türlerin birlikte yaşamalarını ve çeşitliliğini artırmakta (Liu et al., 2024; Zhu et al., 2024), gıda kaynakları (meyve, çiçek, tohum, yaprak) ise polinatörler ve herbivorlar için kritik öneme sahip olup polinasyon hizmetlerinin sürdürülebilirliğini güçlendirmektedir (Majewska and Altizer, 2019). Bunun yanı sıra, odunsu bitkilerin sağladığı gölgeleme, rüzgar koruma ve mikroklima yaratmak gibi çok işlevli ekosistem hizmetleri hem bitki hem de hayvan türlerinin yaşama alanlarını çeşitlendirerek biyoçeşitliliği desteklemektedir (Eggers et al., 2023; Tülek et al., 2024). Yapısal çeşitliliği artırmaları sayesinde, farklı türlerin aynı habitatı paylaşmasına olanak tanıyarak rekabeti azaltmakta ve biyolojik çeşitliliği korumaktadır (Koyama and Ide, 2023).

Üniversite kampüsleri, bu doğrultuda kent içerisindeki yeşil alanların önemli bir alt kategorisini oluşturur. Kampüslerde yer alan yeşil alanlar, hem kent ekosisteminin biyolojik çeşitliliğini artıran habitatlar sunmakta hem de çeşitli türlerin yaşam alanlarını zenginleştirmektedir (Zhang et al., 2021b; Xiao et al., 2024). Özellikle kuş türleri gibi çevresel kalite göstergesi olan canlılar için kampüsler kritik habitatlar sunmaktadır (Liu et al., 2021). Bunun yanı sıra, Nassar (2021), kampüslerin sadece biyolojik çeşitliliği desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda öğrencilerin ve çevredeki toplumun sosyal ve kültürel gelişimine de katkıda bulunduğunu belirtmektedir. Üniversite kampüsleri, toplulukların gelişim ve etkileşim merkezleri olarak önemli bir rol üstlenmektedir (Mohammed and Ukai, 2022).

Bu rollerin yanı sıra, kampüsler aynı zamanda öğrenci yaşam kalitesine doğrudan katkıda bulunan karmaşık ve dinamik yarı doğal ekosistemler oluşturma potansiyeline de sahiptir. Kampüs açık alanları, hava kalitesini iyileştirme, ekosistem hizmetleri sağlama ve psikolojik faydalar sunma gibi çok işlevli hizmetler sunmaktadır (Tudoie et al., 2020; Hipp et al., 2016). İyi planlanmış kampüs yeşil alanları, sosyal etkileşim ve öğrenme süreçlerini teşvik ederken, çevresel sürdürülebilirliği de

desteklemektedir (Cooper and Wischemann, 1990). Bu çok yönlü fonksiyonları ile üniversite kampüsleri, kentsel biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilir şekilde artırılması için stratejik fırsatlar sunmaktadır.

Bu çok yönlü fonksiyonları ile kampüslerde yer alan odunsu bitki çeşitliliği, yalnızca biyolojik çeşitliliği artırmakla kalmamakta, aynı zamanda ekosistem hizmetlerini çeşitlendirerek hem doğal hem de kültürel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Özellikle, kampüslerde bitki çeşitliliğinin artırılması, biyolojik çeşitliliğin küresel ölçekte azalmakta olduğu bu dönemde koruma çabalarının önemli bir parçası olarak görülmektedir. Eğitim kurumlarının bu bağlamda biyolojik çeşitliliği araştırma gündemlerine dahil etmesi ve topluma yönelik farkındalık projeleri geliştirmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Khouri et al., 2019; Dunn, 2017).

Türkiye'deki kampüs ölçeğindeki çalışmalar, ağırlıklı olarak bitki envanteri çıkarma ve mevcut durumu belirleme ile sınırlı kalmış görünmektedir (Sanön, 1998; Ünal ve Gökçeoğlu, 2003; Parmaksız et al., 2006; Töre and Erik, 2012; Yılmaz, 2012; Yücebaş, 2014; Şimşak, 2014; Yılmaz, 2016; Yağmur, 2017). Bu çalışmalar, bitki çeşitliliğini artırmak ve stratejik olarak yönetmek için sınırlı sayıda öneri sunmaktadır. Yapılan bu floristik çalışmaların bazılarında sadece doğal bitki türleri, bazılarında ise doğal ve egzotik bitki taksonları bir arada incelenmiştir (Tanfer ve Yener, 2020). Deniz (2008)'in çalışmasında ise, Uşak Üniversitesi Kampüsü florası etnobotanik açıdan değerlendirilmiş ve bitkilerin biyolojik çeşitlilik yanında kültürel ve geleneksel kullanımları da ele alınmıştır. Bununla birlikte, kampüslerin bitki koleksiyonlarının stratejik olarak nasıl geliştirileceği konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu tür çalışmaların bazıları, kampüslerde bitki çeşitliliğinin artırılmasının, eğitim-öğretim süreçlerini destekleme, ekosistem hizmetlerini güçlendirme ve toplumsal farkındalık yaratma açısından kritik öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır (Önen ve Yılmaz, 2000; Ateş ve Sabaz, 2013; Açiksöz ve ark. 2014). Sundukları önerilerde, özellikle arboretumlar gibi tematik bahçeler oluşturarak bitki çeşitliliğini eğitim amaçlı kullanılabilir hale getirmeyi ve belirli mevsimlerde estetik çekicilik sağlayacak türlerin stratejik olarak seçilmesini önermektedirler. Ayrıca, Açiksöz ve ark. (2014), kampüs açık-yeşil alan sistemlerinin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini ve bitki türlerinin stratejik olarak konumlandırılmasını önererek hem eğitsel hem de ekolojik işlevselliği güçlendirmeyi hedeflemiştir. Ancak, özellikle ekolojik temelli eğitim veren bölümlerin yer aldığı kampüslerin bitki çeşitliliği ve bunun eğitsel fonksiyonları üzerine yapılan araştırmalar sınırlıdır. Bu durum, bu tür kampüslerde biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımına yönelik daha fazla çalışmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Nitekim, kampüslerde kullanılan odunsu peyzaj bitkilerinin düzenleyici, destekleyici ve kültürel ekosistem hizmetlerini araştıran çalışmalar da bulunmaktadır (Sarı ve Karaşah, 2020).

İstanbul'un Sarıyer-Bahçeköy ilçesinde yer alan İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi kampüsü, kentin en büyük doğal yeşil alanlarından biri olan ve rekreasyon potansiyeli ile öne çıkan Belgrad Ormanı ile komşudur (Çoban et al., 2016, Tanfer ve Yener, 2020; Sökmen ve Yener, 2022). Bu benzersiz konumu, kampüsü ekolojik zenginlik açısından dikkat çekici bir merkez haline getirmektedir. Yaklaşık 2500 doğal bitki taksonuna ev sahipliği yapan İstanbul'un, jeolojik,

topoğrafik ve iklimsel çeşitliliği bu biyolojik zenginliğin temel nedenlerindendir (Tuncay and Akalim, 2018). Bahçeköy Kampüsü, sadece eğitim ve araştırma faaliyetlerine değil, aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunması ve artırılmasına yönelik stratejilerin uygulanabileceği bir alan olarak öne çıkmaktadır (Bayraktar, 2023).

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bahçeköy Yerleşkesi'nde bulunan odunsu bitki taksonlarının çeşitliliğini belirleyerek, geçmişte var olup günümüzde eksikliği tespit edilen türleri ortaya çıkarmayı ve kampüs ekosistem hizmetlerini desteklemek amacıyla uygun takson önerileri sunmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, odunsu bitki çeşitliliğinin artırılması yoluyla biyolojik çeşitliliği korumak, ekosistem hizmetlerini çeşitlendirmek ve ekoloji temelli eğitim süreçlerine katkı sağlamak amaçlanmaktadır. Ayrıca, kampüs yönetimi için stratejik bir model geliştirilerek, diğer üniversite kampüslerine örnek teşkil etmesi ve biyoçeşitliliğin sürdürülebilir yönetimine katkıda bulunması beklenmektedir. Bu çaba, aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunması ve eğitim-öğretim süreçlerine entegre edilmesi yoluyla, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na katkıda bulunmayı da hedeflemektedir (Lindemann-Matthies et al., 2024). Özellikle polinatörleri destekleme, mikrohabitat çeşitliliği oluşturma ve ekosistem işleyişini güçlendirme gibi stratejik hedefler, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, Üniversitelerin bu sorumluluğu üstlenerek araştırma gündemlerinde bitki çeşitliliğine daha fazla yer vermesi gerektiği çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Khouri et al., 2019; Dunn, 2017).

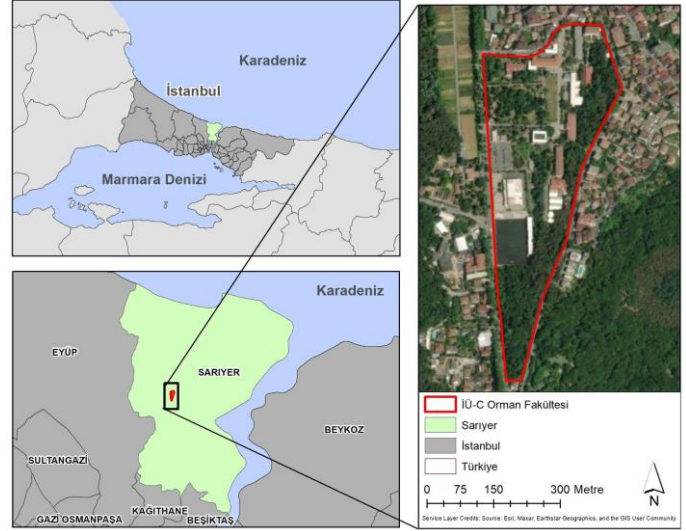
2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı

Çalışma alanı, 14 hektarlık bir alanı kapsayan İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bahçeköy Yerleşkesi'dir (Şekil 1). Bahçeköy Kampüsü, İstanbul'un kuzeyinde, Sarıyer ilçesi sınırları içerisinde, 41°10'30.00" kuzey enlemi ve 28°59'29.35" doğu boylamında yer almakta olup, yaklaşık 115-135 metre yükselti aralığında bulunmaktadır (Tanfer, 2019). Kampüs; dokuz idari ve eğitim binası, ahşap atölyesi, otopark ve spor tesislerinden oluşmaktadır.

Türkiye'de ormancılık eğitimi, 1857 yılında İstanbul'da kurulan "Orman Okulu" ile başlamış ve 1910 yılında bugünkü Bahçeköy Kampüsü'ne taşınmıştır. Kuruluşundan bu yana, kampüste "Orman Mühendisliği" eğitimi verilmekte olup, 1982 yılında "Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü", 1985 yılında ise "Peyzaj Mimarlığı Bölümü" eklenmiştir. 2018 yılının Mayıs ayında, 7141 Sayılı Kanun'un 7. Maddesi ve Ek Madde 182 kapsamında İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa kurulmuş ve Fakülte, bu yeni üniversiteye bağlanmıştır (İÜC Orman Fakültesi, 2024). İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Türkiye'nin önde gelen akademik kurumlarından biri olarak hem akademik hem de uygulamalı ormancılık ve ormancılıkla ilgili bilimlerde önemli bir rol üstlenmektedir. Bahçeköy Kampüsü, zengin bitki örtüsü ve doğal kaynaklarıyla dikkat çekmekte ve bu yönüyle ekolojik çeşitlilik açısından önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Tanfer ve Yener (2020) tarafından yapılan araştırmalar, kampüs alanında hem doğal hem de egzotik bitki taksonlarının çeşitliliğini ortaya koyarak, bu

alanın biyolojik zenginliğine işaret etmektedir. Bayraktar (2023) ise, Sarıyer ilçesinin peyzaj karakter analizi temelli değerlendirmesi ile Belgrad Ormanı'nın yüksek habitat kalitesine sahip olduğunu ve bölgedeki bitki çeşitliliğinin İstanbul'un toplamının %45'ini temsil ettiğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, Bahçeköy Kampüsü'nün sadece eğitim ve araştırma için değil, aynı zamanda bölgesel biyolojik çeşitliliği desteklemek için de önemli bir alan olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Bahçeköy kampüsünün konumu

2.2 Yöntem

2.2.1 Kampüs bahçesinin güncel odunsu florasının belirlenmesi

Kampüs bahçesindeki odunsu bitki florasının belirlenmesi sürecinde, Tanfer (2019) tarafından hazırlanan bitki listesi temel referans olarak kullanılmıştır. Çalışmanın yürütüldüğü yıl itibarıyla, bahçeye eklenen veya bahçeden çıkarılan bitkilerin tespit edilmesi amacıyla kapsamlı bir saha çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu saha çalışması kapsamında, mevcut türlerin kontrolü ve bitki listesinde güncellemeler yapılmıştır.

2.2.2 İstanbul peyzajında kullanılan odunsu bitki taksonlarının belirlenmesi

Kampüs bahçesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü öğrencileri başta olmak üzere, fakültedeki tüm lisans ve ön lisans programları için önemli bir eğitim ve uygulama alanı niteliği taşımaktadır. Bu alanda, özellikle bitki materyaline yönelik derslerin uygulamaları gerçekleştirilmekte ve öğrenciler mevcut bitki taksonlarını yerinde inceleme fırsatı bulmaktadır.

Fakülte bahçesindeki mevcut bitki koleksiyonunun geliştirilmesi amacıyla, İstanbul peyzajında yaygın olarak kullanılan odunsu bitki taksonları değerlendirilmiştir. Yener (2012) tarafından yapılan 'İstanbul'da peyzaj düzenlemelerinde kullanılan odunsu bitkiler üzerine araştırmalar' isimli çalışmada yer alan tür listesi başlangıç olarak referans alınmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelenirken, Yener (2012) listesinden farklı taksonlar içeren çalışmalar değerlendirmeye alınmış; aynı türlerin tekrarlandığı çalışmalar ise tabloya dahil edilmemiştir.

(Çizelge 1). Böylece, İstanbul peyzajında kullanılan odunsu bitki türlerinin güncel bir listesinin elde edilmesi sağlanmıştır.

Elde edilen bu güncel tür listesi, fakülte bahçesinin bitki çeşitliliğini artırmak ve eğitim-öğretim faaliyetlerine katkı sağlamak amacıyla yapılacak bitki seçimlerinde temel oluşturmuştur. Bahçeye eklenmesi planlanan bitkilerin seçiminde, eğitim-öğretim faaliyetlerini destekleme, koleksiyonun zenginliğini artırma (familya ve cins çeşitliliğini artırma) ve ekosistem hizmetlerini güçlendirme (gölge oluşturma, mikroklimat düzenleme, rüzgâr kırıcı etkisi ve estetik değer katma) gibi kriterler esas alınmıştır.

Çizelge 1. İstanbul peyzajında kullanılan odunsu bitki taksonlarının belirlenmesi için yararlanılan kaynaklar

Yeşil alanı tipi	Çalışma alanı	Referans
Açık-yeşil alanlar	Bayrampaşa	Şen, (2016)
Açık-yeşil alanlar	Çatalca	Başar, (2016)
Açık-yeşil alanlar	Maltepe	Ünal, (2016)
Açık-yeşil alanlar	Beşiktaş	Kabaalioglu, (2013)
Açık-yeşil alanlar	İstanbul	Yener, (2012)
Açık-yeşil alanlar	Sarıyer	Güllü, (2009)
Açık-yeşil alanlar	Ümraniye	Börekçi, (2008)
Açık-yeşil alanlar	Pendik	Eskin, (2005)
Açık-yeşil alanlar	Kadıköy	Osma, (2003)
Ev bahçesi, yol-refüj, park	Zekeriyaköy	Bayraktar, (2013)
Kıyı	İstanbul	Yener, (2020)
Park	Gaziosmanpaşa	Turan, (2013)
Park	Bahçeşehir	Erbaş, (2003)
Park, meydan	Fatih (Sultanahmet)	Şenel, (2013)
Toplu konut, park	Bahçeşehir	Nurtekin, (2007)
Yol-refüj, park	Esenyurt	Yılmaz, (2012)
Yol-refüj	İstanbul	Eroğlu, (2010)

2.2.3 Kampüs bahçesine ilave edilecek bitki taksonları için dikim yerlerinin önerilmesi

Kampüs bahçesi, mevcut bitki örtüsü, topografik özellikler, mikroklimatik koşullar ve kullanım alanlarının işlevleri göz önünde bulundurularak 19 alt bölgeye ayrılmıştır (Bkz. Şekil 2). Bu bölgelendirme, mekansal uyum, ekolojik sürdürülebilirlik ve estetik bütünlük sağlamak amacıyla stratejik olarak planlanmıştır. Bu bölgelendirme yaklaşımı, bitki taksonlarının ekolojik gereksinimlerine ve mekansal uyumuna uygun şekilde yerleştirilmesine imkan sağlamaktadır. Her bir alt bölge, yapısal alanlar, fonksiyonel kullanım bölgeleri ve yarı doğal alanlar olarak üç ana kategoriye ayrılmıştır:

Yapısal Alanlar (1, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14 numaralı bölgeler):

Bu alanlar, kampüs içindeki yapılar ve yakın çevrelerini kapsamaktadır. Bitki seçiminde, ölçek dengesi, renk ve doku çeşitliliği, gölgeleme ve görsel odak oluşturma gibi estetik ve işlevsel katkılar göz önünde bulundurulmuştur. Herdem yeşil ya da çiçeklenme dönemi, yaprak renk değişimi veya meyve görünümlü ile görsel çekicilik sağlayan bitkiler tercih edilerek, görsel süreklilik ve yapısal bütünlük sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca, yaya sirkülasyonunu yönlendirme ve rüzgâr koruma gibi işlevsel katkılar da dikkate alınmıştır.

Fonksiyonel Kullanım Alanları (2, 3, 4, 5, 7, 9 numaralı bölgeler):

Otoparklar, sosyal alanlar ve yürüyüş yolları gibi belirli işlevleri olan bölgelerden oluşmaktadır. Bu bölgelerde, kuraklığa dayanıklı, düşük bakım gerektiren ve çevresel strese karşı dayanıklı bitkiler tercih edilmiştir. Ayrıca, toprak örtücü

ve erozyon kontrolü sağlayan türler kullanılarak bitki örtüsünün toprak koruma fonksiyonu desteklenmiştir.

Yarı Doğal Alanlar (15, 16, 17, 18 numaralı bölgeler):

Bu bölgeler, doğal habitat karakterini korumak ve biyoçeşitliliği artırmak amacıyla ayrılmıştır. Bu alanlarda, yerel türlerin kullanımı, doğal kompozisyonun korunması ve katmanlı bir bitki örtüsü oluşturularak vejetasyon yapısının çeşitlendirilmesi hedeflenmiştir. Yerel türler kullanılarak mikrohabitat çeşitliliği artırılmıştır. Ayrıca, bu alanlarda, aromatik bitkiler ve çalı formundaki türlerle bitki örtüsünün polinatörleri çekme ve biyoçeşitliliği destekleme işlevleri güçlendirilmiştir.



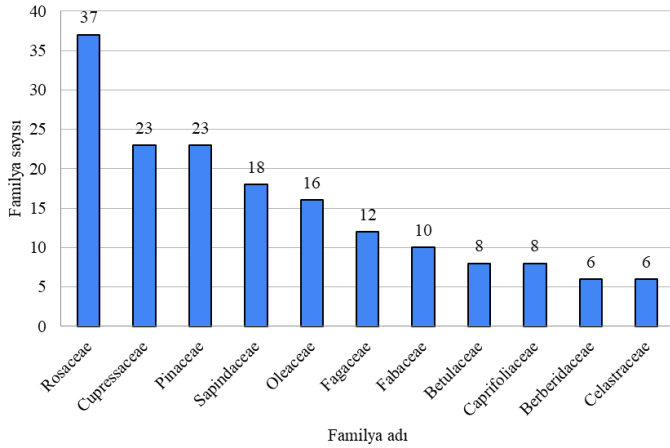
Şekil 2. Kampüs bahçesinin bölgelere ayrılmış planı

3. Bulgular

3.1 Kampüs bahçesinin güncel odunsu florasına ilişkin bulgular

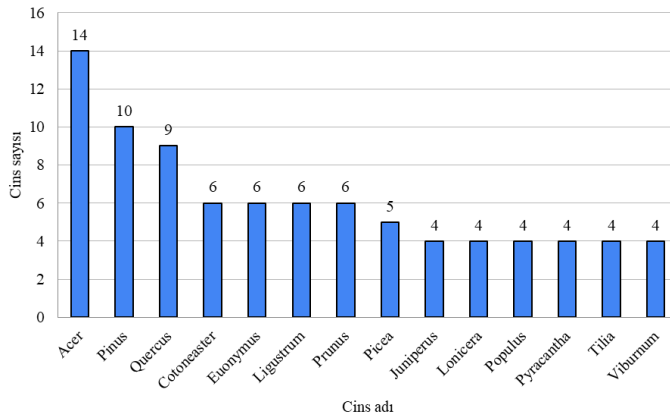
Çalışma kapsamında yapılan değerlendirmeler sonucunda, kampüs bahçesinde toplamda 266 farklı odunsu bitki taksonunun bulunduğu tespit edilmiştir. Bu zengin bitki çeşitliliği, kampüs bahçesinin biyolojik çeşitlilik açısından önemli bir alan olduğunu göstermektedir.

Tespit edilen bitkiler familyalarına göre değerlendirildiğinde, Rosaceae familyasının 37 takson ile ilk sırada yer aldığı görülmüştür. Bunu, 23'er takson ile Cupressaceae ve Pinaceae familyaları takip etmektedir. Üçüncü sırada ise 18 takson ile Sapindaceae familyası bulunmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Kampüs bahçesinde en fazla odunsu takson içeren ilk 10 familya

Kampüs bahçesinde yer alan odunsu bitki taksonları, en fazla tür ile temsil edilen cinsler bakımından incelendiğinde, *Acer* cinsinin 14 takson ile öne çıktığı görülmüştür. Bu cinsi, 10 takson ile *Pinus* ve 9 takson ile *Quercus* takip etmektedir (Şekil 4). Bu sonuçlar, kampüs bahçesinin biyolojik çeşitliliği destekleme kapasitesini ve özellikle eğitim-öğretim faaliyetleri için önemli bir bitki materyali sunduğunu göstermektedir.

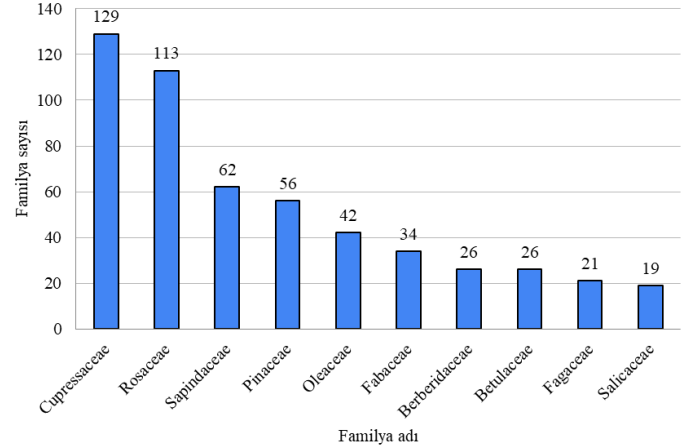


Şekil 4. Kampüs bahçesinde en fazla odunsu takson içeren ilk 10 cins

3.2 İstanbul peyzajında kullanılan odunsu bitki taksonlarına ilişkin bulgular

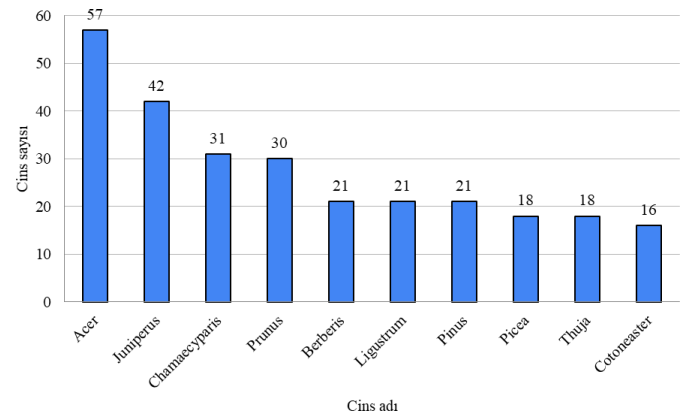
İstanbul peyzajında kullanılan odunsu bitki taksonlarının familyalarına göre dağılımı incelendiğinde, Cupressaceae familyasının 129 takson ile en zengin familya olduğu tespit edilmiştir. Bu familyayı, 113 takson ile Rosaceae ve 62 takson ile Sapindaceae takip etmektedir. En fazla takson içeren ilk 10 familya Şekil 5'te verilmiştir.

Bu sonuçlar, İstanbul peyzajında kullanılan odunsu bitki taksonlarının çeşitliliğini ve belirli familyaların peyzaj tasarımında daha fazla tercih edildiğini ortaya koymaktadır. Özellikle, Cupressaceae ve Rosaceae gibi familyalar, estetik ve ekolojik işlevleri nedeniyle peyzaj uygulamalarında öne çıkmaktadır.



Şekil 5. İstanbul peyzajında en fazla odunsu takson içeren ilk 10 familya

İstanbul peyzajında kullanılan odunsu bitki taksonları, en fazla takson ile temsil edilen cinsler açısından değerlendirildiğinde, *Acer* cinsinin 57 takson ile öne çıktığı görülmüştür. Bu cinsi, 42 takson ile *Juniperus* ve 31 takson ile *Chamaecyparis* takip etmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. İstanbul peyzajında en fazla odunsu takson içeren ilk 10 cins

3.3 Kampüs bahçesine ilave edilecek bitki taksonları ve öneri dikim yerlerine ilişkin bulgular

Çalışma kapsamında, kampüs bahçesindeki mevcut bitki örtüsünü tamamlayacak ve çeşitliliği artıracak 62 farklı bitki taksonu belirlenmiştir. Çizelge 2'de, kampüs bahçesine ilave edilmesi önerilen bitki taksonları listelenmiştir. Bu liste, hem yerel hem de egzotik türleri içermekte olup, kampüsün bitki çeşitliliğini zenginleştirmeyi hedeflemektedir. Önerilen bitki taksonları, kampüsün 19 alt bölgesine göre stratejik olarak planlanmış ve her bölge için ekolojik uyum, işlevsel katkı ve estetik bütünlük göz önünde bulundurularak uygun taksonlar seçilmiştir (Çizelge 3). Değerlendirme sonuçları, kampüs bahçesinin farklı bölgeleri için önerilen odunsu bitki taksonlarının çeşitliliğini ve ekolojik uyumunu ortaya koymaktadır. Özellikle, *Spartium junceum* L., *Rubus* türleri, *Teucrium fruticans* L. ve *Metasequoia glyptostroboides* Hu & W.C.Cheng gibi taksonlar, birden fazla alan için uygun bitkiler olarak dikkat çekmektedir.

Çizelge 2. Kampüs bahçesine ilave edilmesi önerilen bitki taksonları

No.	Latince bitki adı	No.	Latince bitki adı
1	<i>Amelanchier alnifolia</i> Nutt.	32	<i>Mahoberberis miethkeana</i> L.W.Melander & Eade
2	<i>Amelanchier interior</i> E.L.Nielsen	33	<i>Medicago arborea</i> L.
3	<i>Amelanchier spicata</i> (Lam.) K.Koch	34	<i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu & W.C.Cheng
4	<i>Baccharis halimifolia</i> L.	35	<i>Passiflora caerulea</i> L.
5	<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	36	<i>Phillyrea latifolia</i> L.
6	<i>Caragana arborescens</i> Lam.	37	<i>Pieris japonica</i> (Thunb.) D.Don ex G.Don
7	<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	38	<i>Pistacia atlantica</i> Desf.
8	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	39	<i>Pistacia lentiscus</i> L.
9	<i>Cercidiphyllum japonicum</i> Siebold & Zucc. ex J.J.Hoffm. & J.H.Schult.bis	40	<i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb.) Sweet
10	<i>Cistus creticus</i> L.	41	<i>Rhamnus alaternus</i> L.
11	<i>Cistus laurifolius</i> L.	42	<i>Rhaphiolepis indica</i> (L.) Lindl.
12	<i>Cistus salviifolius</i> L.	43	<i>Ribes alpinum</i> L.
13	<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	44	<i>Ribes rubrum</i> L.
14	<i>Cytisus praecox</i> Beauverd	45	<i>Ribes uva-crispa</i> L.
15	<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	46	<i>Rubus caesius</i> L.
16	<i>Daphne pontica</i> L.	47	<i>Rubus canescens</i> DC.
17	<i>Davidia involucrata</i> Baill.	48	<i>Rubus fruticosus</i> L.
18	<i>Dipteronia sinensis</i> Oliv.	49	<i>Rubus idaeus</i> L.
19	<i>Edgeworthia chrysantha</i> Lindl.	50	<i>Santolina chamaecyparissus</i> L.
20	<i>Erica arborea</i> L.	51	<i>Senna corymbosa</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby
21	<i>Firmiana simplex</i> (L.) W.Wight	52	<i>Skimmia japonica</i> Thunb.
22	<i>Grevillea juniperina</i> R.Br.	53	<i>Spartium junceum</i> L.
23	<i>Hamamelis japonica</i> Siebold & Zucc.	54	<i>Styrax officinalis</i> L.
24	<i>Hamamelis mollis</i> Oliv. ex F.B.Forbes & Hemsl.	55	<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F.Blake
25	<i>Hamamelis virginiana</i> L.	56	<i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench
26	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	57	<i>Teucrium fruticans</i> L.
27	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don	58	<i>Vaccinium corymbosum</i> L.
28	<i>Kalmia latifolia</i> L.	59	<i>Vitex agnus-castus</i> L.
29	<i>Leptospermum scoparium</i> J.R.Forst. & G.Forst.	60	<i>Vitis vinifera</i> L.
30	<i>Leycesteria formosa</i> Wall.	61	<i>Vitis vinifera</i> L. 'Purpurea'
31	<i>Maclura pomifera</i> (Raf.) C.K.Schneid.	62	<i>Ziziphus jujuba</i> Mill.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bahçeköy Kampüsü'nün odunsu bitki çeşitliliğini değerlendirip bu florayı stratejik önerilerle zenginleştirmeyi amaçlamaktadır. Sonuçlar, kampüsün biyolojik çeşitlilik açısından yalnızca eğitim ve araştırma süreçlerine katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda İstanbul'un kent ekosistemine de önemli bir destek sunduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışma kapsamında zaman içinde bahçeden eksilen taksonlar ile günümüz peyzaj düzenlemelerinde yaygın kullanılan bitki taksonları göz önünde bulundurularak öneriler getirilmiştir. Öneriler, aile ve cins düzeyindeki zenginliği artırmak ile sınırlanmıştır. Bunun en önemli nedenlerinden biri Bahçeköy'ün kendine has mikroklimatik koşullarının birçok bitki için zorlu bir ortam olabilmesi ve İstanbul peyzajında tespit edilen birçok yeni tür ve kültürün henüz yeterince uzun bir

süredir test edilmemiş olmasıdır. Bu nedenle, kampüsün mevcut ekolojik ve mikroklimatik koşullarına uyum sağlayabilecek, kanıtlanmış dayanıklılığa ve ekosistem hizmetleri sunma potansiyeline sahip türlere odaklanılmıştır. Bu strateji, kampüsün biyolojik çeşitliliğini sürdürülebilir bir şekilde artırmayı ve mevcut bitki varlığı ile uyumlu bir floristik yapıyı desteklemeyi hedeflemektedir.

Bahçeköy Kampüsü'nde tespit edilen mevcut 266 odunsu bitki taksonu, İstanbul genelindeki peyzajda kullanılan türlerle karşılaştırıldığında, kampüsün biyolojik çeşitlilik açısından güçlü bir temsil kabiliyetine sahip olduğu görülmektedir. Özellikle Rosaceae (37 takson), Pinaceae (23 takson) ve Cupressaceae (23 takson) gibi ailelerin hem İstanbul genelinde hem de kampüs florasında benzer düzeylerde temsil edilmesi, kampüsün kentin genel ekolojik yapısıyla uyumlu bir kompozisyon sunduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 3. Kampüs bahçesine ilave edilmesi önerilen bitki taksonları

Bölge adı (Bkz. Şekil 2)	Önerilen bitki taksonları
1-Dekanlık Binası Çevresi	<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd., <i>Cerasus avium</i> (L.) Moench, <i>Cercidiphyllum japonicum</i> Siebold & Zucc. ex J.J.Hoffm. & J.H.Schult.bis, <i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook., <i>Dipteronia sinensis</i> Oliv., <i>Firmiana simplex</i> (L.) W.Wight, <i>Hippophae rhamnoides</i> L., <i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu & W.C.Cheng, <i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb.) Sweet, <i>Rhamnus alaternus</i> L., <i>Ribes alpinum</i> L., <i>Ribes rubrum</i> L., <i>Ribes uva-crispa</i> L., <i>Ziziphus jujuba</i> Mill., <i>Davidia involucrata</i> Baill., <i>Grevillea juniperina</i> R.Br., <i>Spartium junceum</i> L., <i>Edgeworthia chrysantha</i> Lindl.
2-Sera Çevresi	<i>Spartium junceum</i> L., <i>Rubus caesius</i> L., <i>Rubus canescens</i> , <i>Rubus fruticosus</i> L., <i>Rubus idaeus</i> L., <i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don, <i>Leptospermum scoparium</i> J.R.Forst. & G.Forst., <i>Rhamnus alaternus</i> L., <i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook., <i>Teucrium fruticans</i> L., <i>Vitex agnus-castus</i> L., <i>Medicago arborea</i> L., <i>Passiflora caerulea</i> L., <i>Pistacia atlantica</i> Desf., <i>Pistacia lentiscus</i> L., <i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F.Blake, <i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench, <i>Senna corymbosa</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby, <i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd., <i>Cercidiphyllum japonicum</i> Siebold & Zucc. ex J.J.Hoffm. & J.H.Schult.bis
3-Otopark Çevresi	<i>Passiflora caerulea</i> L., <i>Vitis vinifera</i> L., <i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd., <i>Vitis vinifera</i> L. 'Purpurea', <i>Baccharis halimifolia</i> L., <i>Santolina chamaecyparissus</i> L., <i>Caragana arborescens</i> Lam.
4- Ahşap Atölyesi Önü	<i>Cistus creticus</i> L., <i>Cistus laurifolius</i> L., <i>Cistus salviifolius</i> L., <i>Pistacia atlantica</i> Desf., <i>Pistacia lentiscus</i> L., <i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu & W.C.Cheng, <i>Cercidiphyllum japonicum</i> Siebold & Zucc. ex J.J.Hoffm. & J.H.Schult.bis, <i>Caragana arborescens</i> Lam., <i>Ceratonía siliqua</i> L., <i>Phillyrea latifolia</i> L., <i>Rubus caesius</i> L., <i>Rubus canescens</i> , <i>Rubus fruticosus</i> L., <i>Rubus idaeus</i> L., <i>Amelanchier alnifolia</i> Nutt., <i>Amelanchier interior</i> E.L.Nielsen, <i>Amelanchier spicata</i> (Lam.) K.Koch, <i>Erica arborea</i> L., <i>Vaccinium corymbosum</i> L., <i>Styrax officinalis</i> L.
5-Dışbudaklı Yol Solu	<i>Maclura pomifera</i> (Raf.) C.K.Schneid.
6-Herbaryum Çevresi	<i>Edgeworthia chrysantha</i> Lindl., <i>Baccharis halimifolia</i> L., <i>Davidia involucrata</i> Baill., <i>Skimmia japonica</i> Thunb., <i>Rubus caesius</i> L., <i>Rubus canescens</i> , <i>Rubus fruticosus</i> L., <i>Rubus idaeus</i> L.
7-Çim Saha	<i>Senna corymbosa</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby
8-Yamanlar Binası Çevresi	<i>Rhaphiolepis indica</i> (L.) Lindl., <i>Grevillea juniperina</i> R.Br., <i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F.Blake, <i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench, <i>Amelanchier alnifolia</i> Nutt., <i>Amelanchier interior</i> E.L.Nielsen, <i>Amelanchier spicata</i> (Lam.) K.Koch, <i>Hamamelis japonica</i> Siebold & Zucc., <i>Hamamelis mollis</i> Oliv. ex F.B.Forbes & Hemsl., <i>Hamamelis virginiana</i> L., <i>Mahoberberis miethkeana</i> , <i>Edgeworthia chrysantha</i> Lindl., <i>Phillyrea latifolia</i> L.
9-Kantin Önü	<i>Pieris japonica</i> (Thunb.) D.Don ex G.Don, <i>Teucrium fruticans</i> L., <i>Santolina chamaecyparissus</i> L., <i>Skimmia japonica</i> Thunb., <i>Cytisus praecox</i> Beauverd, <i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link, <i>Rhaphiolepis indica</i> (L.) Lindl.
10-Öğrenci Yemekhanesi Çevresi	<i>Baccharis halimifolia</i> L.
11-Diker Binası Çevresi	<i>Caragana arborescens</i> Lam., <i>Vitex agnus-castus</i> L., <i>Pieris japonica</i> (Thunb.) D.Don ex G.Don, <i>Santolina chamaecyparissus</i> L., <i>Skimmia japonica</i> Thunb., <i>Spartium junceum</i> L., <i>Rhaphiolepis indica</i> (L.) Lindl.
12-Fırat Binası Çevresi	<i>Kalmia latifolia</i> L., <i>Leycesteria formosa</i> Wall., <i>Pieris japonica</i> (Thunb.) D.Don ex G.Don, <i>Ziziphus jujuba</i> Mill.
13-Irmak Binası Çevresi	<i>Erica arborea</i> L., <i>Medicago arborea</i> L., <i>Ceratonía siliqua</i> L., <i>Ziziphus jujuba</i> Mill., <i>Cerasus avium</i> (L.) Moench, <i>Firmiana simplex</i> (L.) W.Wight, <i>Kalmia latifolia</i> L., <i>Senna corymbosa</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby, <i>Hamamelis japonica</i> Siebold & Zucc., <i>Hamamelis mollis</i> Oliv. ex F.B.Forbes & Hemsl., <i>Hamamelis virginiana</i> L., <i>Grevillea juniperina</i> R.Br., <i>Rhamnus alaternus</i> L., <i>Teucrium fruticans</i> L., <i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F.Blake, <i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench, <i>Amelanchier alnifolia</i> Nutt., <i>Amelanchier interior</i> E.L.Nielsen, <i>Amelanchier spicata</i> (Lam.) K.Koch
14-MYO Çevresi	<i>Vitis vinifera</i> L. 'Purpurea'
15-Meşçere-1	<i>Daphne pontica</i> L., <i>Vaccinium corymbosum</i> L., <i>Erica arborea</i> L.
16-Meşçere-2	<i>Phillyrea latifolia</i> L., <i>Daphne pontica</i> L., <i>Cistus creticus</i> L., <i>Cistus laurifolius</i> L., <i>Cistus salviifolius</i> L., <i>Citrus japonica</i> Thunb.
17-Meşçere-3	<i>Vaccinium corymbosum</i> L., <i>Styrax officinalis</i> L., <i>Maclura pomifera</i> (Raf.) C.K.Schneid., <i>Daphne pontica</i> L., <i>Cistus creticus</i> L., <i>Cistus laurifolius</i> L., <i>Cistus salviifolius</i> L., <i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu & W.C.Cheng
18-Meşçere-4	<i>Styrax officinalis</i> L., <i>Pistacia atlantica</i> Desf., <i>Pistacia lentiscus</i> L.

Bununla birlikte, İstanbul genelinde Cupressaceae (129 takson) ve Sapindaceae (62 takson) familyalarının daha yüksek çeşitlilikle temsil edilmesi, bu familyalara ait kültür varlıklarının yoğun kullanımından kaynaklanmaktadır. Tür düzeyinde benzerlik gözlemlense de, kültür varlığı açısından kampüs bahçesinin eksiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu eksiklik, kampüsün eğitsel potansiyelini sınırlandıracak bir alanı işaret etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bahçeköy Kampüsü'ndeki bitki çeşitliliğini artırmak amacıyla toplamda 11 yeni familya ve bu familyalara ait 47 yeni cinsi temsil eden 62 yeni odunsu takson önerilmiştir. Bahçeye eklenen yeni familyalar arasında Asteraceae, Nyctaginaceae, Cercidiphyllaceae, Cistaceae, Thymelaeaceae, Nyssaceae,

Proteaceae, Passifloraceae, Podocarpaceae, Rhamnaceae, Grossulariaceae ve Styracaceae yer almaktadır. Bu familyalar, hem yerel ekosistemlerin zenginleştirilmesine katkı sağlayacak hem de eğitim süreçlerinde çeşitliliği destekleyecek bir potansiyele sahiptir.

Önerilen yeni bitki türleri, mevcut bitki koleksiyonunu tamamlamak ve kampüsün ekolojik çeşitliliğini artırmak amacıyla stratejik bir şekilde seçilmiştir. *Bougainvillea* spp., *Cerasus* spp., *Cistus* spp., *Daphne* spp., *Davidia* spp., *Grevillea* spp., *Passiflora* spp., *Podocarpus* spp., *Rhamnus* spp., *Ribes* spp., *Santolina* spp., *Styrax* spp., *Ziziphus* spp., *Amelanchier* spp., *Caragana* spp., *Ceratonía* spp., *Cunninghamia* spp., *Cytisus* spp., *Dipteronia* spp., *Erica* spp., *Firmiana* spp., *Hamamelis* spp., *Hippophae* spp., *Jacaranda* spp., *Kalmia* spp.,

Leptospermum spp., *Leycesteria* spp., *Maclura* spp., *Mahoberberis* spp., *Medicago* spp., *Metasequoia* spp., *Phillyrea* spp., *Pieris* spp., *Pistacia* spp., *Rhaphiolepis* spp., *Rubus* spp., *Senna* spp., *Skimmia* spp., *Spartium* spp., *Symphoricarpos* spp., *Teucrium* spp., *Vaccinium* spp., *Vitex* spp. ve *Vitis* spp. gibi yeni cinslere ait türler öneri listesine dahil edilmiştir.

Çalışmanın sonuçlarına göre; kampüs bahçesindeki odunsu bitkilerin ait olduğu, familya sayısı 65'ten 76'ya, cins sayısı 141'den 188'e ve takson sayısının ise 266'dan 328'e kadar çıkarılabileceği görülmektedir. İstanbul peyzajında kullanılan odunsu bitkilerle karşılaştırıldığında - bu öneriler sonrasında-kampüs bahçesinin İstanbul'daki odunsu bitki çeşitliliğinin familya düzeyinde %97'sini, cins düzeyinde %92'sini ve takson düzeyinde ise %39'unu temsil edebileceği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kampüsün biyolojik çeşitlilik açısından İstanbul'un genel peyzajıyla önemli bir uyum gösterdiğini ortaya koymakla birlikte, özellikle takson düzeyindeki temsili artırılması için kültivar çeşitliliğine odaklanılması gerektiğini göstermektedir.

Bu bağlamda, literatürde yer alan sürdürülebilir yeşil alan yönetimi stratejileri bu çalışmanın önerileriyle uyum göstermektedir. Açıksöz et al. (2014) tarafından önerilen sürdürülebilir yeşil alan yönetimi için stratejik bitkilendirme yaklaşımları, Bahçeköy Kampüsü'nde uygulanan ekosistem hizmetlerini güçlendirme ve eğitsel işlevselliği artırma hedefleri ile örtüşmektedir. Benzer şekilde, İnönü Üniversitesi ve Ankara Üniversitesi'nde yürütülen çalışmalar, arboretumlar ve tematik bahçeler aracılığıyla bitki çeşitliliğini artırmanın estetik ve eğitsel değerini vurgulamıştır (Önen ve Yılmaz, 2000; Ateş ve Sabaz, 2013). Bahçeköy Kampüsü'nde önerilen çeşitlendirme stratejileri de bu literatürdeki önerileri tamamlayıcı niteliktedir. Böylece, kampüsün biyolojik çeşitliliğini artırarak ekosistem hizmetlerini güçlendirme ve eğitim-öğretim süreçlerine katkı sağlama hedefi, literatürdeki yaklaşımlarla tutarlılık göstermektedir. Bu çalışma, Bahçeköy Kampüsü'nün biyolojik çeşitliliğini artırarak ekosistem hizmetlerini güçlendirme ve eğitsel işlevselliğini artırma stratejilerinin, mevcut literatürle uyumlu ve sürdürülebilir peyzaj yönetimi açısından etkili olduğunu desteklemektedir.

Yener (2012), İstanbul genelinde kullanılan bitkilerin büyük ölçüde egzotik türlerden (412 egzotik, 176 doğal) oluştuğunu ve bunun estetik ve işlevsel gerekçelerle ilişkili olduğunu belirtmektedir. Bahçeköy Kampüsü de benzer şekilde egzotik tür açısından baskınlık göstermekte olup, önerilen yeni taksonlarla bu yapının dengelenmesi ve yerel türlerin artırılması hedeflenmiştir. Çoban et al. (2020), kentsel biyolojik çeşitliliğin korunmasında yeşil alanların kritik rolüne dikkat çekmekte, bu bağlamda Bahçeköy Kampüsü İstanbul'un biyolojik çeşitliliğini destekleyen önemli bir "yeşil ada" olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, Hamrick et al., (1992) genetik çeşitliliğin peyzaj dayanıklılığı üzerindeki kritik önemini vurgulamıştır. Bu bağlamda önerilen yeni taksonlar ile kampüs peyzajının çevresel stres faktörlerine karşı daha dirençli hale geleceği öngörülmektedir.

Shumi et al. (2020) odunsu bitki çeşitliliği ile ekosistem hizmetleri arasındaki pozitif ilişkiyi vurgulayarak, bu zenginliğin eğitim süreçlerine katkısına işaret etmektedir. Nitekim, kampüste bulunan geniş takson çeşitliliği, öğrencilerin ekolojik etkileşimlerini gözlemleyerek deneyimsel öğrenme süreçlerini desteklemektedir. Önerilen yeni taksonlar, biyolojik çeşitliliği artırırken, gölgeleme, mikroklima düzenleme ve

habitat sağlama gibi ekosistem hizmetleri sunarak kampüsün eğitim ve araştırma potansiyelini güçlendirmektedir (Kuczman et al., 2024; Tülek et al., 2024).

Literatürdeki mevcut kampüs bahçesi çalışmalarında (Khoury et al., 2019; Dunn, 2017), bitki çeşitliliğinin artırılmasının biyolojik çeşitliliğin korunmasına yönelik çabalarla uyumlu olduğu ve bu alanların, kent ekosistemlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik olduğu belirtilmektedir. Bu çalışma, Bahçeköy Kampüsü'ndeki odunsu bitki çeşitliliğinin stratejik olarak artırılması ile ekosistem hizmetlerinin güçlendirilebileceğini ve bu yaklaşımın diğer kampüsler için model teşkil edebileceğini göstermektedir. Çalışma, bu özellikleri ile yerel türlerin artırılması ve egzotik tür baskınlığının dengelenmesi ile kentsel biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir yönetimi için önemli katkılar sağlamaktadır.

Kaynakça

- Açıksöz, S., Cengiz, B., Bekçi, B., Cengiz, C., Gökçe, G.C., 2014. Üniversite yerleşkelerinde açık ve yeşil alan sisteminin planlanması ve yönetimi: Bartın üniversitesi Kutlubey-Yazıcılar yerleşkesi. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 14(2), 222-236.
- Ateş, O., Sabaz, M., 2013. İnönü Üniversitesi merkez kampüsü'nde arboretum park oluşturulmasına yönelik bir araştırma. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 3(8)123-139.
- Başar, Z., 2016. Çatalca İlçesi'nin (İstanbul) biyotoplarının floristik ve ekolojik özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul*.
- Bayraktar, S., 2013. Zekeriyaköy vadisi biyotopları üzerine araştırmalar. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul*.
- Bayraktar, S., 2023. Sarıyer (İstanbul) ilçesinin peyzaj karakter analizi ve değerlendirme yaklaşımları. *Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul*.
- Börekçi, H., 2008. Ümraniye İlçesi (İstanbul) Kentsel Ekolojisi. *Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul*.
- Bratman, G.N., Anderson, C.B., Berman, M.G., Cochran, B., de Vries, S., Flanders, J., Kahn, P.H., 2019. Nature and mental health: An ecosystem service perspective. *Science Advances*, 5(7), eaax0903.
- Cooper, C., Wischemann, T., 1990. Campus outdoor spaces. In: Cooper, C., Francis, C. (Eds.), *People Places: Design Guidelines for Urban Open Space*. 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York, NY, USA, pp. 143-170. ISBN 0442319290.
- Çoban, S., Bayraktar, S., Akgül, M., 2016. Forest vegetation maps and its development in Turkey: A case from İstanbul Belgrade forest. *Forest Review*, 47(1), 7-16.
- Çoban, S., Yener, Ş.D., Bayraktar, S., 2021. Woody plant composition and diversity of urban green spaces in İstanbul, Turkey. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 155(1), 83-91.
- Deniz, L., 2008. Uşak Üniversitesi 1 Eylül Kampüsü (Uşak) Florası ve Etnobotanik Açısından Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon*.

- Dunn, C.P., 2017. Biological and cultural diversity in the context of botanic garden conservation strategies. *Plant Diversity*, 39(6), 396-401.
- Eggers, J., Davis, S., Doscher, C., Gregorini, P. (2023). Enhancing multifunctionality in agricultural landscapes with native woody vegetation. *Sustainability*, 15(14), 11295.
- Erbaş, E., 2003. Peyzaj Düzenlemelerinde Bitkisel Tasarım: Bahçeşehir Doğa Parkı Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Eroğlu, S., 2010. İstanbul Metropolü Dahilindeki Çevre Yollarının Bitkisel Tasarım Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Eskin, B., 2005. Pendik İlçesi (İstanbul) Kentsel Ekolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Güllü, M. M., 2009. Sarıyer İlçesi (İstanbul) Kentsel Ekolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Hamrick, J. L., Godt, M. J. W., Sherman-Broyles, S. L., 1992. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. *Population Genetics of Forest Trees: Proceedings of the International Symposium on Population Genetics of Forest Trees*, Springer Netherlands, Corvallis, Oregon, USA, pp. 95-124.
- Hipp, J.A., Gulwadi, G.B., Alves, S., Sequeira, S., 2016. The relationship between perceived greenness and perceived restorativeness of university campuses and student-reported quality of life. *Environment and Behavior*, 48(10), 1292-1308.
- İÜC Orman Fakültesi, 2024. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi Kurumsal İnternet Sitesi, <https://orman.istanbulc.edu.tr> (accessed 10.06.2024).
- Kabaalioglu, B. Y., 2013. Beşiktaş İlçesi (İstanbul) Kentsel Ekolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Kaplan, R., Kaplan, S., 1989. *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge; New York.
- Khoury, C.K., Greene, S.L., Krishnan, S., Miller, A.J., Moreau, T., 2019. A road map for conservation, use, and public engagement around North America's crop wild relatives and wild utilized plants. *Crop Science*, 59(6), 2302-2307.
- Koyama, A. and Ide, T. (2023). Plant gall diversity in burned semi-natural grasslands in Japan. *Journal of Insect Science*, 23(1), 1-5.
- Kuczman, G., Bechera, D., Rózová, Z., Tóth, A., 2024. Roadside vegetation functions, woody plant values, and ecosystem services in rural streetscapes: A qualitative study on rural settlements in western Slovakia. *Land*, 13(3), 272.
- Lai, H., Flies, E.J., Weinstein, P., Woodward, A., 2019. The impact of green space and biodiversity on health. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(7), 383-391.
- Lindemann-Matthies, P., Heber, E., Remmele, M., 2024. Find the plant—An educational game fosters plant species literacy. *Sustainability*, 16(11), 4702.
- Liu, J., Zhao, Y., Si, X., Feng, G., Slik, F., Zhang, J., 2021. University campuses as valuable resources for urban biodiversity research and conservation. *Urban Forestry & Urban Greening*, 64, 127255.
- Liu, Y., Zhu, Y., Wu, S., Wang, Y., Xie, J., Zhang, K., Xu, Y. (2024). Determinants of taxonomic, functional, and phylogenetic beta diversity in breeding birds within urban remnant woodlots: implications for conservation. *Ecology and Evolution*, 14(5), e11426.
- Majewska, A. and Altizer, S. (2019). Planting gardens to support insect pollinators. *Conservation Biology*, 34(1), 15-25.
- Mohammed, A.M., Ukai, T., 2023. Agent-based modelling for spatiotemporal patterns of urban land expansion around university campuses. *Modeling Earth Systems and Environment*, 9(1), 1119-1133.
- Nassar, U.A.E.H., 2021. Humanizing Taibah University campus open spaces in Madinah: toward a sustainable environment for walkability and green spaces. *Journal of Sustainability Science and Management*, 16(3), 235-256.
- Nurtekin, O., 2007. İstanbul Bahçeşehir örneğinde odunsu bitki kullanımının peyzaj mimarlığı ilkeleri çerçevesinde irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Osma, E., 2003. Kadıköy ilçesi (İstanbul) kentsel ekolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Önen, N., Yılmaz, O., 2001. Ankara Üniversitesi Ziraat fakültesi kampüslerinde arboretum oluşturulması üzerine bir araştırma. *Journal of Agricultural Sciences*, 7(01), 134-141.
- Parmaksız, A., Atamov, V., Aslan, M., 2006. The flora of Osmanbey Campus of the Harran University. *Journal of Biological Sciences*, 5(6), 793-804.
- Sanön, B., 1998. Balıkesir Üniversitesi Çağış Kampüsü ve Çevresinin Flora ve Vejetasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Sarı, E.N., Bayraktar, S., 2023. The role of park size on ecosystem services in urban environment: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(9), 1072.
- Sarı, D., Karaşah, B., 2023. Kampüs yerleşimlerindeki odunsu peyzaj bitkilerinin sağladıkları ekosistem hizmetleri: AÇÜ Seyitler Yerleşkesi Örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 24(2), 129-139.
- Schipperijn, J., 2010. Use of urban green space. *Forest & Landscape Research*, 45, Forest & Landscape Denmark, Frederiksberg.
- Shumi, G., Rodrigues, P., Hanspach, J., Haerdtle, W., Hylander, K., Senbeta, F., Schultner, J., 2021. Woody plant species diversity as a predictor of ecosystem services in a social-ecological system of southwestern Ethiopia. *Landscape Ecology*, 36, 373-391.
- Sökmen, E.D., Yener, Ş.D., 2022. Bentler Tabiat Parkı'nın Rekreatyon Potansiyelini Değerlendirmeye Yönelik Bir Çalışma. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(2), 176-188.
- Şen, A., 2016. Bayrampaşa İlçesinin (İstanbul) Biyotoplarının Floristik ve Ekolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şenel, S., 2013. Sultanahmet Meydanı'nın Bitkisel Tasarımı Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Şimşak, D., 2014. Artvin Çoruh Üniversitesi Seyitler Yerleşkesi ve Çevresinin Florası. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin.
- Tanfer, M., 2019. İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Orman Fakültesi Kampüsü bitki örtüsünün incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul.
- Tanfer, M., Yener, Ş.D., 2020. İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Orman Fakültesi Kampüs Florası üzerine bir araştırma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(3), 726-737.

- Töre, D., Erik, S., 2012. The flora of Bağlıca campus of Başkent University (Ankara). Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 40(3), 267-291.
- Tülek, B., Sarı, D., Körmeçli, P. (2024). Ecosystem services provided by urban woody plants in the context of spatial relations: Çankırı case area. Dendrobiology, 91, 100-112.
- Tudorie, C.A.-M., Vallés-Planells, M., Gielen, E., Arroyo, R., Galiana, F., 2020. Towards a greener university: perceptions of landscape services in campus open space. Sustainability, 12, 6047.
- Tuncay, H.O., Akalın, E., 2018. Endemism in Istanbul plants. European Journal of Biology, 77(1), 38-41.
- Turan, A., 2013. Gaziosmanpaşa İlçesi Parklarının Bitkilendirme Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Tülek, B., Sarı, D., Körmeçli, S., 2024. Ecosystem services provided by urban woody plants in the context of spatial relations: Çankırı case area. Dendrobiology, 91,100-112.
- Ünal, B., 2016. Maltepe İlçesi'nin (İstanbul) Biyotoplarının Floristik ve Ekolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Ünal, O., Gökçeoğlu, M., 2003. Akdeniz Üniversitesi Kampüs Florası (Antalya-Türkiye). Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(2), 143-154.
- Xiao, L., Chen, D., Xu, Z., Zhang, Y., 2024. Occurrence dataset of birds in university campuses of Nanjing, Juangsu Province China. Biodiversity Data Journal, 12.
- Yağmur, S., 2017. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Kampüsü tohumlu bitkilerinin çeşitliliği ve sistematiği. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Yener, Ş.D., 2012. İstanbul'da Peyzaj Düzenlemelerinde Kullanılan Odunsu Bitkiler Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Yener, Ş. D., 2020. Sustainable use of plants in coastal areas of Istanbul. Turkish Journal of Forestry, 21(2), 123-130.
- Yılmaz, C., 2012. Esenyurt İlçesinde Yapılan Peyzaj Uygulama Çalışmalarının Bitkisel Tasarım Yönünden İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
- Yılmaz, M.N., 2012. Kafkas Üniversitesi Kampüs Florası. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Kars.
- Yılmaz, O., 2016. Bozok Üniversitesi Erdoğan Akdağ Kampüsü Florası. Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Yozgat.
- Yücebaşı, Z.D., 2014. Yeditepe Üniversitesi 26 Ağustos Yerleşkesi'nin (Ataşehir-İstanbul) Floristik ve Ekolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Zhang, L., Tan, P.Y., Richards, D., 2021a. Relative importance of quantitative and qualitative aspects of urban green spaces in promoting health. Landscape and Urban Planning, 213, 104131.
- Zhang, J., Yu, Z., Zhao, B., Sun, R., Vejre, H., 2020. Links between green space and public health: A bibliometric review of global research trends and future prospects from 1901 to 2019. Environmental Research Letters, 15(6), 063001.
- Zhang, Y., Jiang, C., Chen, S., Zhang, Y., Shi, H., Chen, B., Mao, L., 2021b. Effects of landscape attributes on campuses bird species richness and diversity, implications for eco-friendly urban planning. Sustainability, 13(10), 5558.
- Zhu, Y., Liu, Y., Shang, S., Zheng, J., Wu, S., Cao, Z., Xu, Y. (2024). Quantifying the effects of landscape and habitat characteristics on structuring bird assemblages in urban habitat patches. Scientific Reports, 14(1), 12707.



Adana-Kozan yöresi Sedir meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi

Serkan Boz ¹, Fadime Sağlam ^{1*}

¹Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 24/03/2025

Kabul Tarihi: 08/05/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1664236>

*Corresponding author:

fsaglam@kastamonu.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Hedefler Bu çalışma, Adana-Kozan yöresinde bulunan sedir meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesini amaçlamaktadır.

Yöntem Çalışma kapsamında, 105 örnek ağaçtan elde edilen veriler kullanılarak 4 adet tek girişli ve 7 adet çift girişli olmak üzere toplam 11 adet ağaç hacim denklemi geliştirilmiştir. Modellerin başarıları; belirtme katsayısı (R^2), ortalama hata (OH), ortalama mutlak hata (OMH), hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), ortalama mutlak hata yüzdesi (OMHY) ve toplam hata yüzdesi

Araştırma Makalesi

(THY) kullanılarak değerlendirilmiş ve en uygun modeller belirlenmiştir.

Bulgular Yapılan değerlendirmeler sonucunda, tek girişli denklemlerden Model 4'ün ($R^2=0,958$), çift girişli denklemlerden ise Model 6'nın ($R^2=0,989$) en başarılı tahminleri sunduğu ortaya konulmuştur. Geliştirilen denklemlerden çift girişli denklemlerin genel olarak daha yüksek R^2 değerine ve daha düşük hata istatistiklerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemlerinden elde edilen tahminlerle literatürde yer alan mevcut çalışmalarla elde edilen tahminlerin karşılaştırılması sonucunda, Model 6'nın daha düşük tahmin hatalarına sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular, çift girişli modellerin sedir ağaçlarının hacmini tahmin etmede daha güvenilir sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bununla birlikte, maliyet ve zaman açısından kısıtlamaların bulunduğu uygulamalarda tek girişli modellerin de tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Sonuçlar Bu çalışma sonucunda elde edilen tek ve çift girişli denklemler, Adana-Kozan yöresi sedir meşcereleri için güvenilir gövde hacim tahminlerine olanak sağlayacak ve böylece ilgili yörede gerçekleştirilecek ormancılık faaliyetlerine olumlu katkılar sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Gövde hacmi, ağaç hacim tabloları, *Cedrus libani*, Doğu Akdeniz Bölgesi

Development of tree volume equations for Cedar stands in Adana-Kozan region

ABSTRACT

Background and Aims This study aims to develop tree volume equations for cedar stands in the Adana-Kozan region.

Methods In this context, a total of 11 different models, including single-entry and double-entry models, were developed using data obtained from 105 sample trees. The models were evaluated based on statistical criteria, including the coefficient of determination (R^2), mean error (ME), mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), mean absolute percent error (MAPE), and total percent error (TPE) to determine the most suitable models.

Results As a result of these evaluations, Model 4 ($R^2=0.958$) was identified as the most successful among the single-entry models, while Model 6 ($R^2=0.989$) was determined to be the best-performing double-entry model. It was observed that double-entry models generally exhibited higher R^2 values and lower error statistics. Furthermore, a comparison of the developed double-entry models with previous studies revealed that Model 6 had lower prediction errors. The findings indicate that double-entry models provide more reliable estimates for predicting the volume of cedar trees. However, in practical applications where cost and time constraints are critical, single-entry models may also be preferred.

Conclusions This study provide accurate volume estimation equations for cedar stands in the Adana-Kozan region, contributing to regional forestry management.

Key Words: Stem volume, tree volume tables, *Cedrus libani*, Eastern Mediterranean region

Bu makaleye atıf:

Boz, S., Sağlam, F., 2025. Adana-Kozan yöresi Sedir meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 121-128.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Orman işletmelerindeki işletme sermayesinin temel unsurlarından biri olan dikili ağaç serveti, meşcerede dikili halde bulunan ağaçların toplam hacimlerini ifade etmekte olup, meşcerelerin büyüme ve artım tahminleri ile biyokütle ve karbon birikim miktarlarının tahmininde, ormanların çeşitli fonksiyonlarının (ekonomik, ekolojik ve sosyal) kararlaştırılmasında, planlama faaliyetleri ile orman ürünleri üretim ve pazarlama faaliyetlerinin düzenlenmesinde faydalanan önemli bir meşcere özelliğidir (Yavuz, 1999; Kapucu, 2004; Dieguez-Aranda vd. 2006; Crecente-Campo vd., 2009; de-Miguel vd., 2012; Castedo-Dorado vd., 2012; Özçelik ve Çevlik, 2017, Sakıcı vd., 2018).

Ağaçların gövdeleri silindirik vb. geometrik şekillere tam olarak benzememektedir. Bu sebeple tek ağaçların hacimlerinin ve bu ağaçların hacimlerinin toplanmasıyla elde edilecek meşcere hacminin tahmininde bu geometrik şekillere ilişkin hacim formülleri kullanılamamaktadır. Ağaçlar kesilmeden hacimlerini hesaplamak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmektedir. Dikili ağaçların gövde hacim tahminine olanak sağlayan bu yöntemler arasında en yaygın olanı ağaç hacim denklemleri ve tablolarıdır (Fırat, 1973; Kalıpsız 1984; Bozkuş ve Carus, 1997; Van Laar ve Akça, 1997; Yavuz ve Sakıcı, 2002; Özçelik, 2010).

Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde kullanılan ağaç hacim denklemleri, hesaplanması daha zor olan gövde hacmi ile nispeten kolay ölçülebilen göğüs çapı ve ağaç boyu gibi ağaç özellikleri arasındaki ilişkilere bağlı olarak geliştirilmektedirler. Kullanılan bağımsız değişken sayısına göre ağaç hacim denklemleri üç grupta incelenmektedir. Sadece göğüs çapına bağlı olarak geliştirilen denklemler tek girişli, göğüs çapı ile birlikte ağaç boyuna bağlı olarak geliştirilen denklemler çift girişli ve bu iki bağımsız değişkene ek olarak herhangi bir gövde çapı ya da şekil katsayısı gibi üçüncü ya da daha fazla sayıda değişkene bağlı olarak geliştirilen denklemler ise çok girişli ağaç hacim denklemleri olarak isimlendirilmektedir. Ağaç hacim denklemleri, geçerli oldukları alanın büyüklüğüne göre yapılan sınıflandırmaya göre ise yöresel, bölgesel ve genel ağaç hacim denklemleri olarak isimlendirilmektedir (Loetsch vd., 1973; Kalıpsız, 1984; Philip, 1994; Mısır ve Mısır, 2004; Köhl vd., 2006; Van Laar ve Akça, 2007).

Orman envanter çalışmaları, tek ağaç ve meşcere hacimlerinin belirlenmesindeki en önemli aşamayı oluşturmaktadır. Bu aşamada, tek ağaç hacimlerinin ya da meşcere ağaç servetinin belirlenmesinde genellikle ağaç hacim tabloları veya ağaç hacim denklemleri tercih edilmektedir. Ancak Türkiye gibi tür çeşitliliği ve yetişme ortamı koşullarına ilişkin farklılıkların oldukça fazla olduğu yerlerde, her ağaç türü ile bu türlerin farklı yetişme ortamları için uygun hacim denklemleri mevcut değildir. Bu sebeple, güvenilir ve doğru hacim tahminleri için her ağaç türü ve farklı yetişme ortamları için hacim denklemlerinin geliştirilmesi üzerine yapılacak çalışmalar önem arz etmektedir (Çevlik, 2017).

Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) hem ekolojik hem de ekonomik bakımdan Türkiye'deki en değerli ağaç türlerinden biridir. Bu tür, doğal olarak yayılış gösterdiği Suriye ve Lübnan'da kontrolsüz kesim, aşırı otlatma ve yangın gibi etkenler nedeniyle neredeyse yok olma noktasına gelmiş ve yayılış alanı büyük ölçüde ülkemizle sınırlı kalmıştır (Boydak,

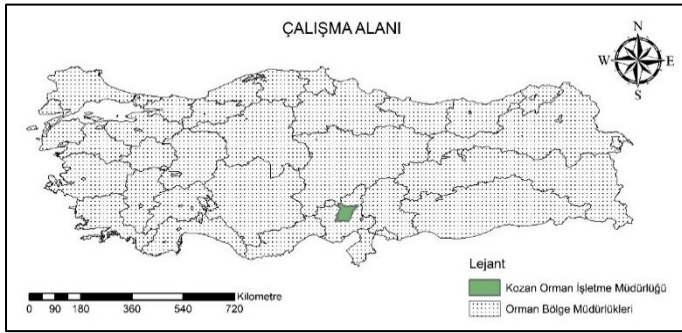
2003). Bu sebeple, ülkemiz açısından oldukça önemli doğal miras olan sedir ormanları ekolojik değerler ve tarihi öneme sahip alanlar arasında yer almaktadır. Sedir ormanları, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin hafifletilmesi, su ve toprak kaynaklarının korunması ve bu değişime uyum sağlanması ile biyolojik çeşitliliğin devamlılığı açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Öte yandan, sedir ağacı yüksek kaliteli ve çok amaçlı kullanım imkânı sunan odunu nedeniyle ekonomik açıdan da büyük bir öneme sahiptir ve piyasada yoğun talep görmektedir. Bu doğrultuda, sedir ormanlarının hem korunması hem de sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi için uzun vadeli planlamalar yapılması gerekmektedir. Bu süreçte, mevcut durumun belirlenmesi ve büyüme-gelişme özelliklerine dair güvenilir bilimsel verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ağaç hacminin belirlenmesi de bir türün büyüme ve gelişimine dair en önemli göstergelerdendir. 2012 yılına ait orman envanter verilerine göre, sedir ağaç türü Türkiye'de yaklaşık 463.500 hektarlık bir alanda yayılış yapmakta olup, bu sahalardaki toplam dikili serveti yaklaşık 27 milyon m³ dolayındadır (Özçelik ve Çevlik, 2017). Bu orman alanlarının çoğunluğu Akdeniz Bölgesi içerisinde yer almaktadır. Adana il sınırları içerisinde bulunan Kozan yöresi de sedir meşcerelerinin yayılışı bakımından önemli bir yere sahiptir.

Türkiye'de çeşitli ağaç türleri için ağaç hacim denklemleri ve tabloları geliştirilmiştir (Eraslan, 1954; Gülen, 1959; Evcimen, 1963; Alemdağ, 1962; 1967; Akalp, 1978; Sun vd., 1978; Asan, 1984; Saraçoğlu, 1991; Çalışkan ve Yeşil, 1996; Bozkuş ve Carus, 1997; Özkurt, 2000; Sakıcı ve Yavuz, 2003; Mısır ve Mısır, 2004; Durkaya ve Durkaya, 2006; Ercanlı vd., 2008; Özçelik, 2010; Carus vd., 2016; Kahrman vd., 2017; Özçelik ve Çevlik, 2017; Çatal ve Güneş, 2018; Sakıcı vd., 2018; Şahin vd., 2018; Şenyurt ve Ümit, 2019; Özçankaya vd., 2021; Ölmez ve Şenyurt, 2022; Baytaş ve Seki, 2023; Sönmez vd., 2023; Şahin ve Ercanlı, 2023; Bolat, 2024; Zaifoğlu ve Sağlam, 2024). Bu çalışmalardan Evcimen (1963), Bozkuş ve Carus (1997), Özçelik (2010) ve Özçelik ve Çevlik (2017) tarafından yapılan çalışmalar sedir meşcereleri için gerçekleştirilmiştir.

Türkiye'de yayılış gösteren sedir ağaç türünün gelişimi topografik, iklimatik ve yetişme ortamı koşulları açısından farklılıklar göstermektedir. Pillsbury vd. (1995) ve Özçelik (2010), bir ağaç türüne ait ağaç hacim denkleminin aynı türün farklı yetişme ortamı koşullarındaki meşcerelerinde kullanılması ile hacim tahminlerinde önemli hatalara neden olabileceğini ifade etmektedir. Bu nedenle, imkanlar ölçüsünde farklı yetişme ortamı koşullarına sahip meşcereler için farklı ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi önerilmektedir (Brooks ve Wiant, 2008). Bu çalışmanın amacı, Kozan yöresi sedir meşcereleri için hacim tahminlerinde kullanılacak tek ve çift girişli hacim denklemlerinin geliştirilmesidir. Bu amaçla literatürde sıklıkla kullanılan ağaç hacim denklemleri seçilerek, model geliştirme veri grubu kullanılarak modeller geliştirilmiş ve modellerin ilgili yöre için geçerlilikleri ise kontrol amacıyla ayrılan veri grubu yardımıyla test edilmiştir. Bu amaçla yöre için en uygun ve en başarılı tahminleri veren denklemler belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanında, geliştirilen ağaç hacim denklemleri kullanılarak tahmin edilen gövde hacimleri ile literatürde yer alan hacim denklemlerinden tahmin edilen gövde hacimleri karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

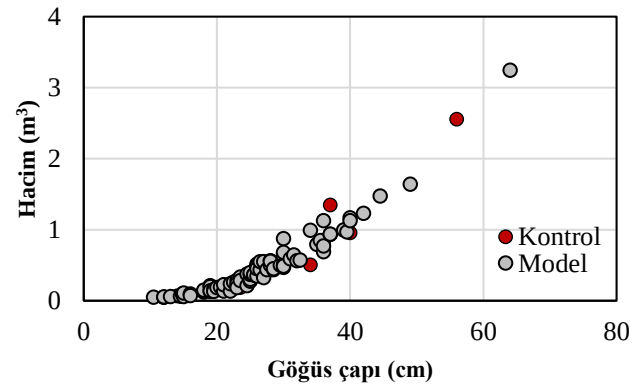
Çalışma kapsamında ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi için kullanılan veriler Kozan Orman İşletme Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Adana Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı olan Kozan Orman İşletme Müdürlüğü, 88.086 ha normal kapalı ve 21.660 ha boşluklu kapalı olmak üzere toplam 109.746 ha ormanlık alana sahiptir (Şekil 1). Yöresel ağaç hacim denklemlerinin oluşturulabilmesi için gerekli örnek ağaç sayısının 50 ile 100 arasında olması gerektiği çeşitli kaynaklarda belirtilmiştir (Kapucu vd., 2002). Bu doğrultuda, bu çalışmada 105 örnek ağaç üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

Kozan yöresi sedir meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amacıyla alınan örnek ağaçların olabildiğince farklı yetiştirme ortamı koşullarına dağıtımı sağlanmaya çalışılmış ve seçilen örnek ağaçlar kesilerek gerekli ölçümler yapılmıştır. Örnek ağaçların dip kütük (0,30 m) çapları ve göğüs yüksekliği çapları (D , cm) ölçülmüş ve ardından 1,30 m yüksekliğinden tepe ucuna kadar 1 m aralıklarla gövde çapları (D_i , cm) ölçülmüştür. Çap ölçümleri 0,1 cm duyarlılıkla ve

çapölçer ile gerçekleştirilmiştir. Örnek ağaçların boylarının (H , m) ölçümünde ise şeritmetre kullanılmış olup, boy ölçümleri 0,1 m hassasiyetle gerçekleştirilmiştir. Örnek ağaçlara ilişkin gövde hacimlerinin hesaplanmasında Bölümleme Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde ağaçlar (i) dip kütük, (ii) dip kütük ile uç parça arasında kalan seksiyonlar ve (iii) uç parça olmak üzere üç bölüme ayrılarak tüm bölümler için hacimler ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalarda dip kütüğün silindirik, uç parçanın koni şeklinde olduğu varsayılmış, seksiyon hacimlerinin hesaplanmasında ise Smalian denkleminde faydalanılmıştır. Gövde bölümlerine ilişkin hacimlerin toplanması ile de toplam gövde hacimleri belirlenmiştir. Örnek ağaç verileri; (i) ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesinde kullanılan veriler (model veri seti; toplam verinin %80'i) ve (ii) geliştirilen denklemlerin geçerliliklerinin test edilmesinde kullanılan veriler (kontrol veri seti; toplam verinin %20'si) şeklinde iki gruba ayrılmıştır (Şekil 2, Çizelge 1).



Şekil 2. Örnek ağaçların model ve kontrol veri gruplarına dağılımları

Çizelge 1. Hacim denklemlerinin geliştirilmesi ve kontrolü için ayrılan veri setleri ile toplam veri setine ilişkin betimleyici istatistikler

Veri Seti	Değişken	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Model	Göğüs yüksekliği çapı (cm)	84	10,50	64,00	26,69	8,88
	Boy (m)		5,80	25,80	14,00	4,46
	Hacim (m³)		0,05	3,25	0,49	0,46
Kontrol	Göğüs yüksekliği çapı (cm)	21	12,00	56,00	26,69	10,23
	Boy (m)		6,50	25,00	13,13	5,06
	Hacim (m³)		0,04	2,56	0,50	0,57
Toplam	Göğüs yüksekliği çapı (cm)	105	10,50	64,00	26,69	9,11
	Boy (m)		5,80	25,80	13,83	4,57
	Hacim (m³)		0,04	3,25	0,49	0,48

Model verileri kullanılarak literatürde sıklıkla kullanılan ve başarılı tahminler sunan modeller için parametre tahminleri yapılmıştır. Ayrıca, çap ve boy gibi bağımsız değişkenlerden türetilen yeni değişkenler elde edilmiş ve Aşamalı Regresyon Analizi kullanılarak başarılı hacim tahminleri sağlayan modeller geliştirilmiştir. Parametre tahminleri yapılan 4 adet tek ve 7 adet çift girişli olmak üzere toplam 11 model aşağıda sunulmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Hacim denklemleri

Model	Matematiksel Form	
Model 1	$V = a + b D$	(1)
Model 2	$V = a D^b$	(2)
Model 3	$V = e^{(a+b/D)}$	(3)
Model 4	$V = (a + b D)^2$	(4)
Model 5	$V = a + b D^2 + c H^2$	(5)
Model 6	$V = a + b D^2 + c H^2 + d D$	(6)
Model 7	$V = a + b D^2 H$	(7)
Model 8	$V = a + b D^2 H + c DH$	(8)
Model 9	$V = a (D^2 H)^b$	(9)
Model 10	$V = a + b D^2 + c D^2 H$	(10)
Model 11	$V = b D^2 H$	(11)

D: Göğüs çapı (cm), H: Ağaç boyu (m)

En başarılı modellerin seçiminde belirtme katsayısı (R^2), ortalama hata (OH), ortalama mutlak hata (OMH), hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), ortalama mutlak hata yüzdesi (OMHY) ve toplam hata yüzdesi (THY) ölçütleri kullanılmıştır. Ortalama hata, ortalama mutlak hata, hata kareler ortalamasının karekökü, ortalama mutlak hata yüzdesi ve toplam hata yüzdesi ölçütlerinde en düşük değere sahip olan modele 1 sıra numarası; belirtme katsayısı açısından ise en yüksek değere sahip modele 1 sıra numarası verilmiştir. Her bir değerlendirme ölçütü için hacim denklemlerine bahsedilen şekilde sıra numaraları verilmiş ve tüm kriterlerden elde edilen sıra numaralarının toplamı, her bir hacim denkleminin başarı düzeyini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. İstatistiksel ölçütlerin yanında grafiksel değerlendirmeler ile modellerin tahmin ve hata dağılımları incelenmiştir. Ardından modellerin geçerlilikleri kontrol için ayrılan veri grubu kullanılarak Eşleştirilmiş örnekler için *t*-testi yardımıyla test edilmiştir. Bunun yanında, bu çalışma kapsamında Kozan yöresi sedir meşcereleri için geliştirilen modeller ile farklı yörelerde yayılış gösteren sedir meşcereleri için geliştirilmiş literatürdeki farklı denklemlerin gövde hacim tahminleri de karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics (Versiyon 23.0) programı kullanılmıştır (IBM SPSS, 2015).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(V_i - \hat{V}_i)^2}{\sum(V_i - \bar{V})^2} \quad (12)$$

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum(V_i - \hat{V}_i)^2}{n-p}} \quad (13)$$

$$OH = \frac{\sum(\hat{V}_i - V_i)}{n} \quad (14)$$

$$OMH = \frac{\sum|\hat{V}_i - V_i|}{n} \quad (15)$$

$$OMHY(\%) = \frac{\sum|\hat{V}_i - V_i|}{\sum V_i} \times 100 \quad (16)$$

$$THY(\%) = \frac{\sum \hat{V}_i - \sum V_i}{\sum V_i} \times 100 \quad (17)$$

Burada V_i , $\hat{V}_i$, $\bar{V}$ sırasıyla gözlenen, tahmin edilen ve ortalama hacim değerlerini; p denklemlere ilişkin parametre sayılarını; n toplam gözlem sayısını ifade etmektedir.

3. Bulgular

Yapılan çalışma kapsamında Adana-Kozan yöresi sedir meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmış ve bu kapsamda 11 adet modele ilişkin parametre tahminleri yapılmıştır (Çizelge 3). Çizelge 3 incelendiğinde özellikle çift girişli modellere ilişkin R^2 değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Model 10 dışındaki diğer tek ve çift girişli modellerin tüm parametreleri istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

Geliştirilen modeller arasından en başarılı olanların belirlenmesi amacıyla altı adet istatistiksel ölçüte bağlı olarak değerlendirme yapılmış ve modeller bu ölçütler bakımından sıralanmıştır (Çizelge 4, Çizelge 5). Bu ölçütlerin yer aldığı çizelgeler incelendiğinde tek girişli modellerden Model 4 ve çift girişli modellerden Model 6 öne çıkmıştır. Aynı zamanda belirtme katsayısı ve hata istatistikleri bakımından çift girişli modellerin hacim tahmininde daha başarılı oldukları anlaşılmaktadır.

Modellerin geçerlilikleri, kontrol için ayrılan veri grubu kullanılarak Eşleştirilmiş örnekler için *t*-testi yardımıyla test edilmiş ve test sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde Model 11 dışındaki tüm modeller için gerçek ve tahmin edilen hacim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlemlenmemiştir ($p > 0,05$).

En başarılı tek ve çift girişli hacim denklemlerine ait tahmin ve hata dağılımları Şekil 3 ve Şekil 4'te incelenmiştir. Şekiller incelendiğinde tahmin ve hata dağılımlarında herhangi bir trend gözlemlenmediği söylenebilmektedir. Aynı zamanda tek girişli hacim denklemlerine ait hata miktarlarının daha yüksek olduğu ve çift girişli hacim denklemlerinin ise daha güvenilir tahminler sunduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 3. Tek ve çift girişli denklemler için R^2 değerleri ile denklem parametreleri

Modeller	R^2	p	a	b	c	d
Model 1	0,881	<0,001	-0,803687	0,048568		
Model 2	0,951	<0,001	0,000066	2,649266		
Model 3	0,901	<0,001	1,334370	-57,542266		
Model 4	0,958	<0,001	-0,181510	0,030932		
Model 5	0,978	<0,001	-0,174301	0,000647	0,000721	
Model 6	0,989	<0,001	0,158162	0,000934	0,001084	-0,023882
Model 7	0,978	<0,001	0,079804	0,000032		
Model 8	0,988	<0,001	-0,033123	0,000021	0,000624	
Model 9	0,987	<0,001	0,000088	0,913682		
Model 10	0,981	<0,001	0,008109 ^{ns}	0,000259	0,000021	
Model 11	0,982	<0,001		0,000034		

^{ns} $p > 0,05$

Çizelge 4. Tek ve çift girişli modellere ilişkin istatistiksel ölçütler

Modeller	R^2	HKOK	OH	OMH	THY	OMHY
Model 1	0,881	0,159	0,000	0,104	-0,004	21,128
Model 2	0,951	0,125	0,002	0,069	0,498	14,091
Model 3	0,901	0,225	-0,045	0,101	-9,157	20,526
Model 4	0,958	0,082	-0,003	0,057	-0,667	11,500
Model 5	0,978	0,068	0,000	0,049	-0,044	9,984
Model 6	0,989	0,048	0,000	0,031	-0,026	6,316
Model 7	0,978	0,069	0,006	0,051	1,241	10,314
Model 8	0,988	0,052	0,004	0,033	0,737	6,602
Model 9	0,987	0,060	0,001	0,035	0,122	7,191
Model 10	0,981	0,064	-0,005	0,044	-0,996	8,983
Model 11	0,982	0,091	-0,047	0,067	-9,638	13,676

R^2 : Belirtme katsayısı, HKOK: Hata kareler ortalamasının karekökü, OH: Ortalama hata, OMH: Ortalama mutlak hata, THY: Toplam hata yüzdesi, OMHY: Ortalama mutlak hata yüzdesi

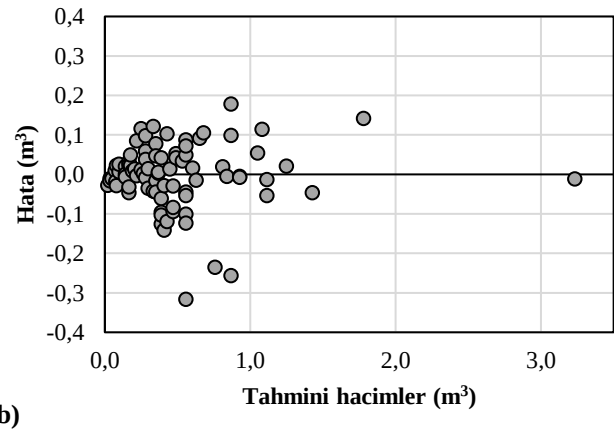
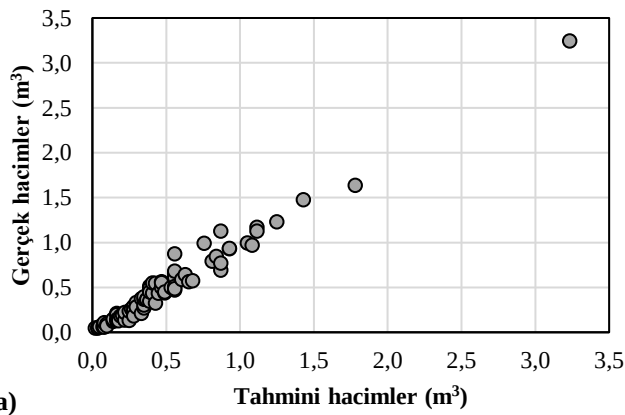
Çizelge 5. Tek ve çift girişli modellere ilişkin sıralama sonuçları

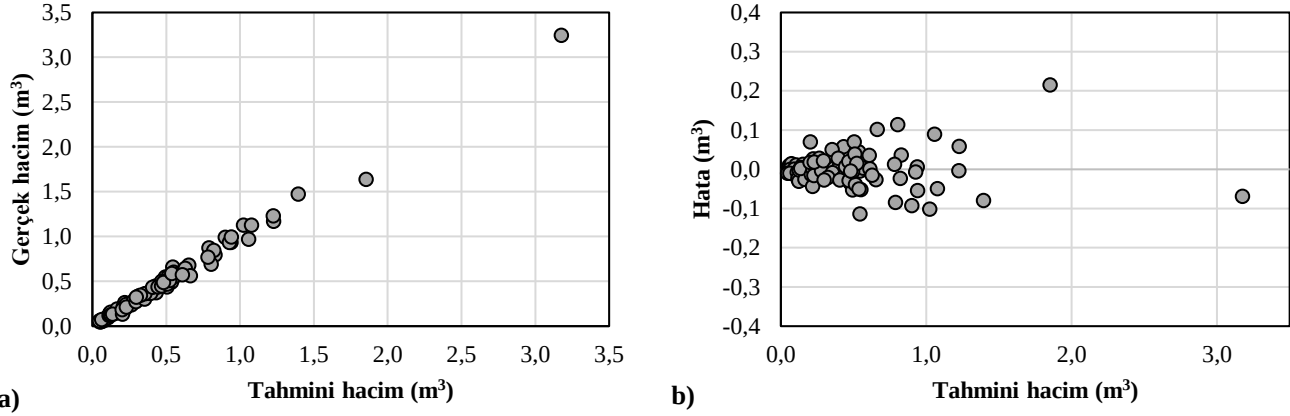
Modeller	R^2	HKOK	OH	OMH	THY	OMHY	Toplam
Model 1	4,0	3,0	1,0	4,0	1,0	4,0	17,0
Model 2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	12,0
Model 3	3,0	4,0	4,0	3,0	4,0	3,0	21,0
Model 4	1,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	10,0
Model 5	6,5	5,0	1,5	5,0	2,0	5,0	25,0
Model 6	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	6,5
Model 7	6,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	36,5
Model 8	2,0	2,0	4,0	2,0	4,0	2,0	16,0
Model 9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	18,0
Model 10	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	27,0
Model 11	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	39,0

Çizelge 6. Tek ve çift girişli modellere ilişkin t-testi sonuçları

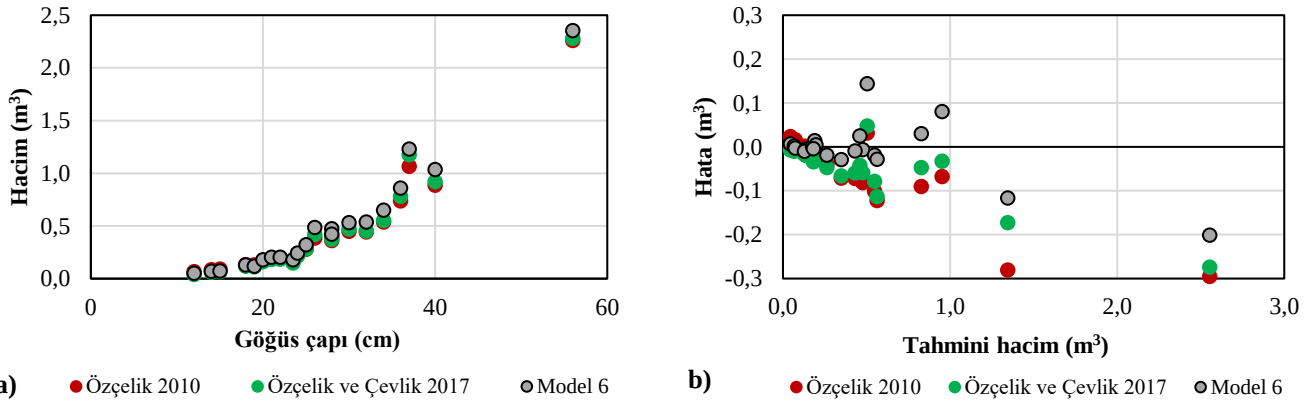
Modeller	Ortalama	Standart Sapma	t	p
Model 1	0,007	0,217	0,143	0,888
Model 2	-0,025	0,132	-0,860	0,400
Model 3	0,051	0,297	0,792	0,438
Model 4	-0,010	0,127	-0,390	0,700
Model 5	0,006	0,105	0,282	0,781
Model 6	0,007	0,065	0,487	0,631
Model 7	-0,008	0,063	-0,551	0,588
Model 8	0,006	0,060	0,488	0,631
Model 9	0,002	0,049	0,182	0,858
Model 10	0,001	0,084	0,035	0,972
Model 11	0,046	0,048	4,367	0,000*

* $p < 0,05$

**Şekil 3.** Tek girişli modele (Model 4) ilişkin a) tahmin ve b) hata grafikleri



Şekil 4. Çift girişli modele (Model 6) ilişkin a) tahmin ve b) hata grafikleri



Şekil 5. Çeşitli çift girişli modeller için a) tahmin ve b) hata grafikleri

Adana-Kozan yöresi sedir meşcereleri için bu çalışma kapsamında geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi Burdur-Bucak yöresi (Özçelik, 2010) ile Batı Akdeniz yöresi sedir meşcereleri için (Özçelik ve Çevlik, 2017) için geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5). Denklemlerin karşılaştırılmasında kontrol veri setinden faydalanılmıştır.

4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan çalışma kapsamında Adana-Kozan yöresi sedir meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda sedir meşcerelerinden seçilen 105 örnek ağaçta ölçümler gerçekleştirilmiştir. 11 adet modele ilişkin parametre tahminleri yapılmış ve 6 adet istatistiksel ölçüte bağlı olarak modeller değerlendirilmiştir.

Değerlendirmeler neticesinde tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin hata istatistiklerinin daha yüksek olduğu ve belirtme katsayısı değerlerinin ise daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda ölçütler bakımından en başarılı tek girişli ağaç hacim denklemine (Model 4) ilişkin tahmin hataları da en başarılı çift girişli modele (Model 6) kıyasla daha yüksektir. Modellerle ilişkin hata dağılımları incelendiğinde hataların herhangi bir trend izlemediği görülmekte ve aynı zamanda gerçek hacim değerleri ile tahmini hacim değerlerinin de birbirlerine oldukça yakın değerler aldığı anlaşılmaktadır.

Hataların herhangi bir trende sahip olmaması da modellerin güvenilir tahminler sunması bakımından önemli olmaktadır.

Hacim denklemlerine ilişkin *THY* ve *OMHY* değerlerinin sırası ile -1% ile $+1\%$ arasında ve 10% 'dan düşük olması güvenilir tahminler ve model başarısı açısından önemlidir (Kalıpsız, 1999). Çizelge 4 incelendiğinde tek girişli modellere ait *OMHY* değerleri 10% 'un üzerinde kalmasına rağmen çift girişli modellerin genel olarak 10% 'un altında sonuçlar verdiği görülmektedir. Modellerle ilişkin *THY* değerleri incelendiğinde ise çoğunlukla bu değerlerin -1% ile $+1\%$ arasında olduğu anlaşılmaktadır.

Tek girişli ve çift girişli modeller başarı bakımından değerlendirildiğinde; çift girişli ağaç hacim denklemlerinin tek girişli modellere göre daha yüksek belirtme katsayısına ve daha düşük hata istatistiklerine sahip olması aynı zamanda hata dağılımlarının daha düşük aralıklarda seyretmesi çift girişli modellerin tercih edilmesi gerektiğini işaret etmektedir. Çift girişli modellerin tahmin başarısının daha yüksek olduğu literatürde yer alan çalışmalarla da tutarlılık göstermektedir (Sakıcı vd., 2018; Şahin ve Ercanlı, 2023). Bu sebeple sedir ağaç türü için yapılacak gövde hacim tahminlerinde çift girişli modellerin kullanılması daha güvenilir olacaktır. Daha hassas hacim tahminleri gerektiren bilimsel çalışmalarda çift girişli ağaç hacim denklemlerinin kullanılması önerilirken, zaman ve maliyetin büyük önem taşıdığı pratik uygulamalarda tek girişli ağaç hacim denklemlerinin tercih edilebileceği görülmüştür.

Geliştirilen çift girişli model, mevcut ağaç hacim denklemleriyle karşılaştırılmış ve Model 6'nın daha düşük tahmin hatalarına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışma alanı olan Adana-Kozan yöresi sedir meşcereleri için geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi Özçelik (2010) ile Özçelik ve Çevlik (2017) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5). Şekiller incelendiğinde Model 6'ya ilişkin tahmin hatalarının Özçelik (2010) ile Özçelik ve Çevlik (2017) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin hatalardan daha düşük değerler aldığı görülmektedir. Model 6 ile yapılan tahminlerde pozitif yönlü hatalar gözlemlenirken Özçelik (2010) ile Özçelik ve Çevlik (2017) tarafından geliştirilen denklemlere ilişkin hataların negatif yönde ve daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Bu hataların yüksek düzeyde gerçekleşmesinde özellikle çalışmaların farklı yörelerde gerçekleştirilmiş olmasının etkisinin yüksek olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak istatistiksel ve grafiksel değerlendirmeler neticesinde çift girişli modellerin hacim tahmininde kullanılması daha güvenilir sonuçlar elde edilmesi açısından daha uygundur. Bunun yanında, gerek ekonomik gerekse ekolojik amaçlar doğrultusunda oldukça önemli modellerden olan ağaç hacim denklemlerinin her yöre ve her tür için geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları, Adana-Kozan yöresindeki sedir ağaçlarının gövde hacimlerinin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesine katkı sağlayacaktır. Türkiye'de yayılış gösteren asli ağaç türleri için farklı ekolojik koşullara duyarlı ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi ve bu denklemlerin karşılaştırılması üzerine yapılacak çalışmalar, Türkiye ormancılığına önemli katkılar sunacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından "2209-A Lisans Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı" kapsamında, 1919B012338177 başvuru numarası ile Serkan Boz'un proje yürütücülüğünde ve Fadime Sağlam'ın danışmanlığında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr.) ormanlarında hasılat araştırmaları. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 11, Ankara.
- Alemdağ, Ş., 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 20, Ankara.
- Asan, Ü., 1984. Kazdağı Göknarı (*Abies equi-trojani* Aschers, et Sinten.) Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 3205, O.F. Yayın No: 365, Taş Matbaası, İstanbul.
- Baytaş, S., Seki, M., 2023. Safranbolu yöresi Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşcereleri için ağaç hacim tabloları. Turkish Journal of Forestry, 24(2), 61-68.
- Bolat, F., 2024. Antalya-Yeşilvadi yöresinde yayılış yapan kızılçam meşcereleri için yeni bir ağaç hacim modelinin geliştirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 108-113.
- Boydak, M., 2003. Regeneration of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) on karstic lands in Turkey. Forest Ecology and Management, 178, 231-243.
- Bozkuş, H.F., Carus, S., 1997. Toros göknarı (*Abies cilicica* Carr.) sedir (*Cedrus libani* Link.)'in çift girişli gövde hacmi tabloları ve mevcut tablolarla karşılaştırılması. Journal of the Faculty of Forestry İstanbul University, 47(1), 51-70.
- Brooks, J.R., Wiant, H.V., 2008. Ecoregion based local volume equations for appalachian hardwoods. Northern Journal of Applied Forestry, 25(2), 87-92.
- Carus, S., Memiş, İ., Kündü, K., Alem, Ö., 2016. Şehit Ali İhsan Kalmaz Ormanı karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ağaçlandırması için tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 17(1), 37-42.
- Castedo-Dorado, F., Gomez-Garcia, E., Dieguez-Aranda, U., Barrio-Anta, M., Crecente-Campo, F., 2012. Aboveground stand-level biomass estimation: a comparison of two methods for major forest species in northwest Spain. Annals of Forest Science, 69, 735-746.
- Crecente-Campo, F., Alboreca, A.R., Dieguez-Aranda, U., 2009. A Merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. in the major mountain ranges of Spain. Annals of Forest Science, 66-808.
- Çalışkan, A., Yeşil, A., 1996. Büyükdüz Araştırma Ormanı sarıçam-göknar-kayın karışık meşcerelerinde bulunan sarıçam için tek ve çift girişli hacim tablosu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 46(1), 39-50.
- Çatal, Y., Güneş, A. 2018. Antalya yöresi ormanları için titrek kavak ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 19(1), 30-39.
- Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz Yöresi Doğal Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Meşcereleri İçin Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- de-Miguel, S., Mehtatalo, L., Shater, Z., Kraid, B., Pukkala, T., 2012. Evaluating marginal and conditional predictions of taper models in the absence of calibration data. Canadian Journal of Forest Research, 42, 1383-1394.
- Dieguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F., Alvarez- Gonzalez, J.G., Rojo, A., 2006. Compatible taper function for Scots Pine plantations in Northwestern Spain. Canadian Journal of Forest, 36(5), 1190-1205.
- Durkaya, B., Durkaya, A., 2006. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Matff.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) karışık meşcereleri için hacim tabloları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 8(10), 10-19.
- Eraslan, Ü., 1954. Trakya ve Bilhassa Demirköy Mintikası Meşe Ormanlarının Amenajman Esasları Hakkında Araştırmalar. OGM Yayını, Ankara.
- Ercanlı, İ., Güvendi, E., Güney, D., Günlü, A., Altun, L., 2008. Sinop yöresi Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarına ilişkin tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 8(1), 14-25.

- Evcimen, B.S., 1963. Türkiye Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılat ve Amenajman Esasları. OGM Yayını, Ankara.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No: 1800/193, Kurtuluş Matbaası, 359 s.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) hacim tablosu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 9(1), 97-112.
- IBM Corp. Released 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Kahriman, A., Sönmez, T., Şahin, A., 2017. Antalya ve Mersin Yöresi kızılçam meşcereleri için ağaç hacim tabloları. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(1), 9-22.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 354, 407 s, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1999. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No, 3194/354, İstanbul.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U., Mısır, N., 2002. Kestane meşcerelerinin hasılatı ve amenajman esasları. TÜBİTAK TOGTAG-TARP 2229 nolu Proje, Sonuç Raporu.
- Kapucu, F., 2004. Orman amenajmanı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- Köhl, M., Magnussen, S., Marchetti, M., 2006. Sampling Methods, Remote Sensing and GIS Multiresource Forest Inventory, Springer, Berlin.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K.E. 1973. Forest Inventory, Volume 2. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München.
- Mısır, N., Mısır, M., 2004. Developing double-entry tree volume table for ash in Turkey. Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 3(4), 135-144.
- Ölmez, K., Şenyurt, M., 2022. Sarıçam ağaçları (*Pinus sylvestris* L.) için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi (Bozalan ve Çubuk yöresi örneği). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 8(1), 73-82.
- Özçankaya, N., Batur, M., Kiracioğlu, Ö., 2021. İzmir Orman Bölge Müdürlüğü fıstıkçanı (*Pinus pinea* L.) meşcereleri için gövde hacim tablolarının düzenlenmesi. Ormancılık Araştırma Dergisi, 8(2), 125-145.
- Özçelik, R., 2010. Bucak yöresi kızılçam, sedir ve Toros göknarı türleri için hacim denklemleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 2, 1-15.
- Özçelik, R., Çevlik, M. 2017. Batı Akdeniz yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri. Turkish Journal of Forestry, 18(1), 37-48.
- Özkurt, A., 2000. Okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden) için hacim tablosu. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 6, 87-105.
- Philip, M.S., 1994. Measuring Trees and Forests. CAB International, Wallingford.
- Pillsbury, N.H., McDonald, P.M., Simon, V., 1995. Reliability of Tanoak volume equations when applied to different areas. Western Journal of Applied Forestry, 10(2), 72-78.
- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2003. Ilgaz Dağı göknar meşcereleri için hacim fonksiyonları. Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 3(2), 155-168.
- Sakıcı, O.E., Sağlam, F., Seki, M. 2018. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri. Turkish Journal of Forestry, 19(1), 20-29.
- Saraçoğlu, N., 1991. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey) Yalt.) gövde hacim ve biyokütle tablolarının düzenlenmesi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 41(1), 117-139.
- Sönmez, T., Gencal, B., Çankaya, E.Ç., 2023. Single- and double-entry volume equations for Turkey oak (*Quercus cerris* L.) stands in Bursa Regional Directorate of Forestry. Forestist, 73(1), 51-62.
- Sun, O., Eren, M.E., Orpak, M., 1978. Temel ağaç türlerimizde tek ağaç ve birim alandaki odun çeşidi oranlarının saptanması. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Proje No:288, Ankara.
- Şahin, A., Kahriman, A., Yüksel, Y.B., 2018. Artvin yöresindeki Doğu Karadeniz göknarlarının ağaç hacmini tahmin etmek için mevcut denklemlerin karşılaştırılması. Uluslararası Artvin Sempozyumu (IAS: International Artvin Symposium), Bildiriler Kitabı, 18-20 Ekim 2018, Artvin, s. 671-684.
- Şahin, A., Ercanlı, İ. 2023. Karışık etkili modelleme yaklaşımıyla karaçam hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Ormancılık Araştırma Dergisi, 10 (1), 32-44.
- Şenyurt, M., Ümit, M., 2019 Asarkaya Kızılçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 5(2), 108-116.
- Van Laar, A., Akça, A., 1997. Forest mensuration. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(5), 1181-1188.
- Yavuz, H., Sakıcı, O.E., 2002. Gövde profili modellerinin bilimsel ve pratik açıdan irdelenmesi. Orman Amenajmanı'nda Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan 2002, İstanbul, s.233-241.
- Zaifoğlu, D.N., Sağlam, F., 2024. Volume equations for Scots pine trees in Kastamonu region. Turkish Journal of Forestry, 25(4), 430-436.



Investigation of the effect of pilot hole diameter, pilot hole depth and thickness on screw direct withdrawal resistance in OSB

Emre Birinci ^{1*}, Alperen Kaymacı ¹

¹Kastamonu University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, 37150, Kastamonu, Türkiye

ARTICLE INFO

Received: 25/03/2025

Accepted : 27/04/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1665283>

*Corresponding author:

ebirinci@kastamonu.edu.tr

ABSTRACT

Research Article

Background and aims OSBs are an engineered wood-based composite material and is widely used especially in the construction and furniture sectors. Screw connections are one of the critical elements that determine the mechanical strength of OSB. The aim of this study is to investigate the effects of pilot hole diameter, pilot hole depth and board thickness on the screw direct withdrawal resistance in OSB. In the study, screw direct withdrawal resistance was tested by using 11mm and 18mm thick OSBs, taking into account different pilot hole diameters (60% and 85%), pilot hole

depths (50% and 80%) and screwing directions (edge and face).

Methods Uncoated 11mm and 18mm thick OSBs were used in the experiments. Zinc-plated sheet steel screws 3.5×30mm were used.

Results The results showed that pilot hole diameter, depth, and screwing direction significantly affected screw withdrawal resistance. A 60% pilot hole diameter and 50% depth provided higher resistance than 85% and 80%, respectively. Face screwing yielded greater strength than edge screwing. While OSB thickness had no significant effect, 18 mm boards showed slightly higher resistance on average.

Conclusions The factors should be selected correctly in order to use OSBs more safely and efficiently in engineering and construction applications. In particular, it is recommended to prefer face screwing and to use a pilot hole diameter of 60% and a depth of 50% in proportion to the screw diameter. These findings will contribute to the creation of more reliable and durable connections in the areas where OSBs are used.

Key Words: OSB, screw direct withdrawal resistance, pilot hole diameter, pilot hole depth, screwing direction, building materials, mechanical connections

OSB’lerde pilot delik çapı, pilot delik derinliği ve levha kalınlığının vida çekme direnci üzerine etkisinin incelenmesi

ÖZ

Giriş ve Hedefler OSB’ler levhalar, mühendislik ürünü ahşap esaslı kompozit malzemeler olup, özellikle yapı ve mobilya sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Vida bağlantıları, OSB levhaların mekanik dayanımını belirleyen kritik unsurlardan biridir. Bu çalışmanın amacı, OSB levhalarda pilot delik çapı, pilot delik derinliği ve levha kalınlığının vida çekme direnci üzerindeki etkilerini incelemektir. Çalışmada, 11mm ve 18mm kalınlığındaki OSB levhalar kullanılarak farklı pilot delik çapları (%60 ve %85), pilot delik derinlikleri (%50 ve %80) ve vidalama yönleri (kenar ve yüzey) dikkate alınarak vida çekme dirençleri test edilmiştir.

Yöntemler Deneylerde yüzeyi kaplanmamış 11mm ve 18mm kalınlığındaki OSB levhalar kullanılmıştır. Çalışmada 3,5×30 mm boyutlarında sunta vidalar kullanılmıştır.

Bulgular Elde edilen sonuçlara göre, vida çekme direnci üzerinde pilot delik çapı, derinliği ve vidalama yönünün önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Pilot delik çapının vida çapına oranı %60 olduğunda, %85 oranına kıyasla daha yüksek vida çekme direnci sağlanmıştır. Benzer şekilde, %50 pilot delik derinliği, %80 derinliğe göre daha yüksek mukavemet göstermiştir. Vida bağlantılarında yüzey vidalamanın kenar vidalamaya kıyasla daha yüksek çekme direnci sağladığı belirlenmiştir. OSB levha kalınlığının ise vida çekme direnci üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı, ancak 18 mm kalınlığındaki levhaların ortalama olarak daha yüksek çekme direncine sahip olduğu görülmüştür.

Sonuçlar OSB levhaların mühendislik ve yapı uygulamalarında daha güvenli ve verimli kullanılabilmesi için pilot delik çapı ve derinliği gibi faktörlerin doğru seçilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle, yüzey vidalamanın tercih edilmesi ve vida çapına oranla %60 pilot delik çapı ile %50 derinliğin kullanılması önerilmektedir. Bu bulgular, OSB levhaların kullanım alanlarında daha güvenilir ve dayanıklı bağlantılar oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: OSB, vida çekme direnci, pilot delik çapı, pilot delik derinliği, vidalama yönü, yapı malzemeleri, mekanik bağlantılar

Citing this article:

Birinci, E., Kaymacı, A., 2025. Investigation of the effect of pilot hole diameter, pilot hole depth and thickness on screw direct withdrawal resistance in OSB. Anatolian Journal of Forest Research, 11(1), 129-134.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Introduction

Oriented Strand Board (OSB) is an engineered wood material produced by orienting wood strands in a specific order, gluing them and pressing them under high temperature and pressure. These boards have a wide range of uses, especially in the construction sector, furniture production and decorative applications. According to the EN 300 standard, OSBs are divided into four classes according to their load-bearing capacity and moisture resistance. Each class is intended for different application areas (EN 300, 2006).

OSB-I, General purpose use in dry environments: This class is used in elements that do not carry mechanical loads. It is generally preferred in furniture manufacturing, packaging boxes and temporary internal partitions. Its moisture resistance is low and is only suitable for dry internal environments (Kurt and Altınok, 2015). It is generally used in furniture back plates, packaging cases and interior decoration surfaces. OSB-II, Structural use in dry environments (non-bearing structures): This class is suitable for non-bearing applications in low humidity environments within the structure. For example, it is used in interior wall cladding or decorative applications. It is generally used as interior partition walls, shelf systems, dry environment floor coverings. OSB-III, Structural use in humid environments (bearing elements): OSB-III boards, which have structural bearing capacity, can also be used in humid environments. It is widely used as exterior cladding in timber-framed structures and as water-resistant coating on roofs. It also plays an important role in carrier floor systems and prefabricated wall panels (Dündar et al. 2008; Özdemir, 2012; Ferhatoglu and Sari, 2017). It is generally used in wooden construction exterior walls, roof soffits, and exterior panels. OSB-IV, High bearing capacity, structural use for humid environments: This class of boards is used in applications requiring high mechanical strength. It is suitable for use in industrial structures, load-bearing wall systems and modular building elements. It has both higher strength and is resistant to longer-term exposure to humidity compared to other classes (Kollmann and Côté, 1968; USDA Wood Handbook, 2010). It is generally used in industrial building panels, modular containers and heavily loaded flooring systems.

The mechanical strength of OSB and its interaction with fasteners are of critical importance in ensuring the efficient and safe use of these materials (Zhang and Lee, 2005). The strength of the screw connections is one of the basic elements that determine the structural integrity of the board, and the screw direct withdrawal resistance is considered an important parameter in this context (Ayrılmış and Özkan, 2015).

Screw direct withdrawal resistance (SDWR) is one of the basic parameters that determine screw holding capacity (Kollmann and Gering, 1965; Kurt and Kılıç, 2010). In a study conducted by Akbulut and Ayrılmış (2002), it was determined that the SDWR value of OSBs was lower than plywood, but the screw withdrawal strength in certain directions was sufficient. However, in a study conducted by İstek et al. (2016), it was emphasized that some mechanical properties of OSBs could be improved and SDWR capacity could be increased with the addition of silane. In particular, it has been observed that the SDWR perpendicular to the face varies depending on the direction of the fibers in the board.

OSBs offer some advantages and disadvantages when compared to other wood-based materials in terms of screw withdrawal capacity (Moses and Prion, 2002). In a study conducted by Kasal and Diler (2013), it was determined that the screw withdrawal capacity of OSBs were lower than materials such as MDF and plywood, but they exhibited sufficient performance in certain areas of use (Guan and Rodd, 2008). In addition, a study conducted by Efe and İmirzi (2007) stated that SDWR of OSBs was lower than plywoods but showed better performance compared to MDF.

In a study conducted by Korkmaz et al. (2017), it was determined that production conditions have a significant effect on the SDWR of OSBs. It has been emphasized that factors such as the type of wood used, resin ratio and pressing temperature directly affect the SDWR of the board. Another study conducted by Esen and Yapıcı (2013) revealed that the screw withdrawal performance of OSBs obtained from different wood species varies. It has been stated that the screw withdrawal capacity of birch wood based OSBs is lower, but this capacity can be improved when the resin ratio is increased.

In this study, four basic variables affecting the SDWR of OSBs, such as OSB thickness (11 mm and 18 mm), screw direction (edge and face), pilot hole diameter (60% and 85%) and pilot hole depth (50% and 80%), were investigated. Pilot hole diameter and depth in screw connections are one of the important factors that determine the stability of the connection, and incorrectly selected hole sizes can cause the screw connection to fail and reduce the mechanical properties of the board (Yiğittap, 2016). In this context, the effects of different pilot hole ratios on SDWR of OSBs were analyzed experimentally.

In addition, internal bonding strength tests were carried out to determine the internal structural strength of OSBs and the obtained data were compared with the SDWR. Internal bond strength is a parameter that represents the adhesive strength between the inner layers of the board and can directly affect the integrity of the board and its interaction with the fasteners (Özlüsoylu, 2016). In the studies, it was observed that the boards with high internal bonding resistance exhibited higher SDWR in screw connections (Efe, 2004). Therefore, in this study, the relationship between the SDWR values and the internal bonding strength values was tried to be determined.

This research is important in understanding how OSB exhibits SDWR under different screw connection conditions. Such studies, which are carried out to determine the optimum screwing conditions of OSBs, allow the fasteners to be used more efficiently and safely (Kasal and Diler, 2013). In addition, determining the factors affecting SDWR will contribute to the creation of reliable connections, especially in the construction and furniture sectors. In conclusion, this study comprehensively analyzes the factors affecting the SDWR of OSBs and reveals the relationship between this resistance and internal bonding resistance. The findings presented in this study will guide future engineering applications for more efficient use of OSBs and will contribute to the optimization process in mechanical connections of wood-based composite materials.

2. Material and Method

In this study, 11 mm and 18 mm thick uncoated OSB-II produced by Kronospan / Türkiye company were used. Samples with dimensions of 50x50 mm² were prepared according to EN 13446 standard (Figure 1). Prepared samples were conditioned in the climate chamber at 65% relative humidity and 20±2 °C temperature according to EN 320 for two weeks. The densities of OSBs were determined according to the TS EN 323 standard. Within the scope of the study, flat-headed 3.5 mm diameter × 30 mm long sheet metal screws made of zinc-plated steel were used.



Figure 1. Prepared test samples

Density, water absorption and thickness swelling (24, 48 and 72 hours) tests of OSB were carried out according to TS EN 317 (1999) standard. In order to determine the internal bonding quality of OSB, the principles specified in the TS EN 319 (1999) standard were used. Samples with dimensions of 50mm × 50mm were prepared according to the relevant standard. The prepared samples were bonded between metal plates as seen in Figure 2. Hot silicone was used for the bonding process.

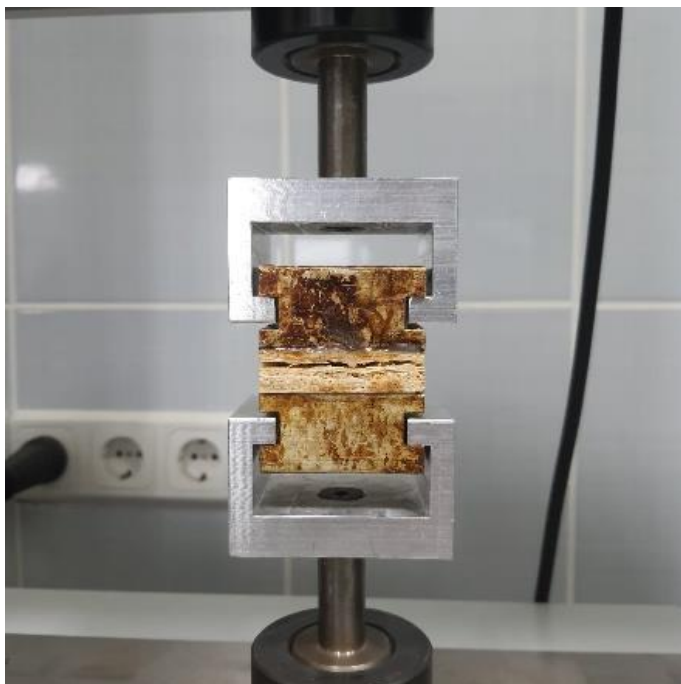


Figure 2. Internal bond tests

SDWR test variables were determined as OSB thickness, screw direction, pilot hole diameter and pilot hole depth. A total of 360 test samples were prepared, 20 for each group. The variables are shown in Table 1.

Table 1. Experiment parameters

OSB Thickness	Screw Orientation	Pilot Hole Diameter	Pilot Hole Depth
11 mm	Face	60%	50%
18 mm	Edge	85%	80%

The pilot hole diameter was drilled to be 60% and 80% of the screw diameter to be applied to the face and edge of the test blocks. Pilot hole depths were drilled to be 50% and 80% of the penetration depth. The screwing process was carried out at the same torque level with a 90° angle between the screw direction and the sample face. SDWR tests were carried out on the Shimadzu AGIC/20/50KN testing machine according to EN 320 and TS EN 13446 standards.

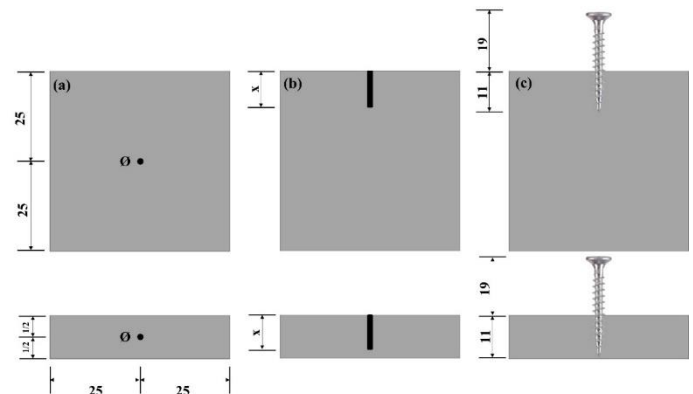


Figure 3. OSB test specimens (a. pilot hole position; b. pilot hole depth; c. screwing depth; Ø: 60% or 85% of screw diameter; x: 50% or 80% of screw penetration depth; mm)

IBM SPSS 23.0 package program was used for statistical evaluation of the obtained data. Variance analysis was applied to determine the differences between the results.

3. Results and Discussion

In this section, the experimental data obtained regarding the SDWR of OSBs are analyzed in detail and the results are discussed by comparing them with the studies in the literature. The physical properties of OSBs are given in Table 2.

Table 2. Physical properties of OSBs

Physical Properties	11 mm thick OSB	18 mm thick OSB
Moisture content (%)	7.59 ± 0.15	7.28 ± 0.27
Air dry density (g/cm ³)	0.59 ± 0.04	0.60 ± 0.03
Oven dry density (g/cm ³)	0.53 ± 0.04	0.57 ± 0.04
Wet density (g/cm ³)	0.77 ± 0.04	0.80 ± 0.03
Volumetric shrinkage rate (%)	2.88 ± 0.72	2.66 ± 0.42
Volumetric swelling rate (%)	21.81 ± 0.55	24.88 ± 0.71

According to Table 2, it is understood that the physical properties of 11 mm thick OSBs are generally similar to those of 18 mm thick. The water absorption and thickness swelling test results of OSBs at 24, 48 and 72 hours are given in Figure 4.

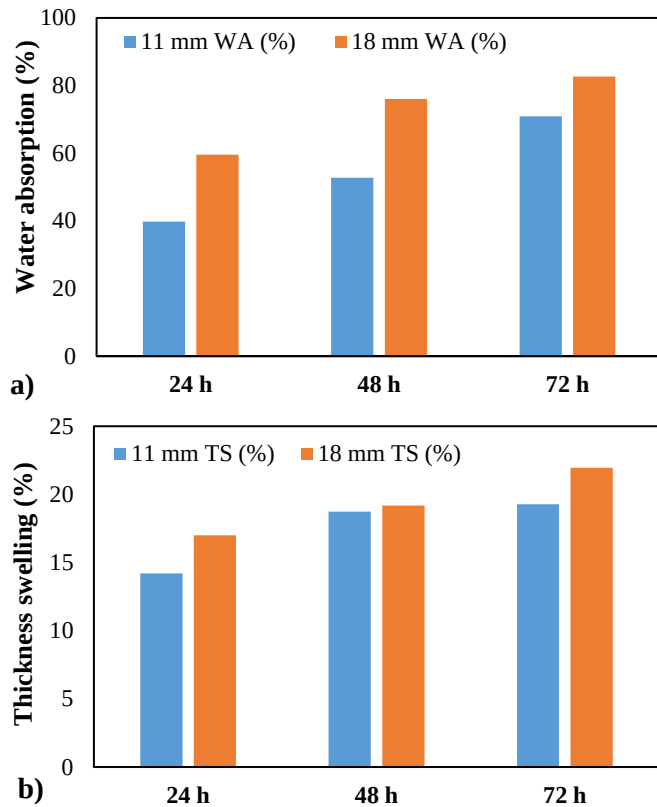


Figure 4. 24, 48 and 72 hours water absorption (a) and thickness swelling (b) test results of OSBs

Physical properties of OSB such as density, moisture content and water absorption capacity are the determining factors on SDWR. Since the densities of the OSBs used in the experiments were at similar levels (0.59-0.60 g/cm³, Table 2), the examination of the effect of this parameter on SDWR was limited. However, it was observed that the SDWR capacity of the boards with high internal adhesion resistance was higher. Similarly, in the study conducted by Efe (2004), it was stated

that OSBs with high internal bonding strength exhibited better performance in screw connections. Internal bonding resistance test results of OSBs are given in Table 3, and SDWR test results are given in Table 4.

Table 3. Internal bonding strength test results of OSBs

OSB Thickness	Internal Bond Strength (N/mm ²)
11 mm	936.25 ± 134.33
18 mm	1061.16 ± 116.74

OSB thickness has a significant effect on SDWR. As a result of the comparison of 11 mm and 18 mm thick OSBs used in the study, it was determined that the average SDWR values of 18 mm boards were higher than 11 mm boards (Table 5). However, statistical analysis showed that this difference was not significant ($p > 0.05$). This suggests that the internal bond strength properties and densities of OSBs affect the screw withdrawal performance regardless of the thickness.

Similar results have been reported in previous studies. For example, Efe and İmirzi (2007) stated that OSBs have lower SDWR values compared to plywoods but perform better compared to MDF. Korkmaz et al. (2017) revealed that OSB production processes (e.g. pressing temperature, resin ratio) can directly affect SDWR. Esen and Yapıcı (2013) stated that the screw withdrawal capacity of OSBs varies depending on the type of wood used, but in general, as the thickness increases, the screw withdrawal capacity improves somewhat.

The surface on which the screw is applied to the OSB significantly affects the SDWR. The experimental results show that screwing to the face (404.52 N) provides statistically significant higher SDWR than screwing to the edge (259.62 N) ($p < 0.05$, Table 6). When screwing is done in the edge direction, the screw withdrawal capacity decreases because the fibers do not support the connection. Ayrılmış and Özkan (2015) stated that fiber orientation in OSBs is a determining factor in screw withdrawal capacity and that screw loosening occurs earlier, especially in edge screwing.

Table 4. Screw direct withdrawal resistance results in OSBs

OSB Thickness	Screw Orientation	Pilot Hole Diameter	Pilot Hole Depth	SDWR (N)
11 mm	Face	60%	50%	388.95 ± 52.28
			80%	437.98 ± 41.88
		85%	50%	400.73 ± 38.78
			80%	309.40 ± 66.59
	Edge	60%	50%	292.02 ± 56.74
			80%	365.71 ± 66.59
		85%	50%	240.83 ± 32.90
			80%	176.07 ± 31.11
18 mm	Face	60%	50%	472.10 ± 53.21
			80%	463.39 ± 30.43
		85%	50%	451.25 ± 44.56
			80%	312.33 ± 52.02
	Edge	60%	50%	331.53 ± 46.00
			80%	279.05 ± 25.65
		85%	50%	239.00 ± 26.95
			80%	152.77 ± 30.99

Table 5. OSB thickness effect

Screw Thickness	Mean SDWR (N)	Minimum SDWR (N)	Maximum SDWR (N)
11 mm	326.46 ^A ± 96.09	144.59	486.94
18 mm	337.68 ^A ± 116.07	122.13	549.00

Mean is arithmetic means. Superscript letters of A is a homogeneous subset of post hoc test results $p>0.05$.

In a study conducted by Kasal and Diler (2013), it was reported that the edge screwing performance of OSBs was lower than materials such as MDF and plywood but provided sufficient strength in screwing in the face direction. For this reason, it can be said that surface screwing should be preferred in the structural connections of OSBs.

Table 6. Screw orientation effect

Screw Orientation	Mean SDWR (N)	Minimum SDWR (N)	Maximum SDWR (N)
Face	404.52 ^B ± 76.41	232.77	549.00
Edge	259.62 ^A ± 79.37	122.13	475.59

Mean is arithmetic means. Superscript letters of A, is a homogeneous subset of post hoc test results $p<0.05$.

The ratio of pilot hole diameter to screw diameter is a critical parameter for the stability of screw connections. Experimental results show that 60% pilot hole diameter has a more positive effect on SDWR. While the average SDWR at 60% pilot hole diameter was 378.84 N, this value decreased to 285.30 N at 85% diameter ($p<0.05$, Table 7). Larger pilot holes are thought to reduce friction between the screw and the OSB and therefore lower the SDWR.

These findings align with those of Yiğittap (2016), who reported that large-diameter pilot holes in screw connections decrease adhesion strength and compromise the internal integrity of the material. Özlüsoylu (2016) reported that the optimum pilot hole diameter in OSB should be between 50-70% of the screw diameter. The 60% rate obtained in this study is among the optimum values recommended in literature.

Table 7. Pilot hole diameter effect

Pilot Hole Diameter	Mean SDWR (N)	Minimum SDWR (N)	Maximum SDWR (N)
60%	378.84 ^B ± 84.31	227.52	549.00
85%	285.30 ^A ± 105.97	122.13	528.59

Mean is arithmetic means. Superscript letters of A, is a homogeneous subset of post hoc test results $p<0.05$.

Pilot hole depth is an important factor that determines how far the screw penetrates into the material. According to the experimental results, SDWR at 50% depth (352.05 N) is significantly higher than at 80% depth (312.09 N) ($p<0.05$, Table 8). Deeper pilot holes weaken the mechanical bond between the screw and OSB, thus reducing the SDWR.

Baltacı (2010), in his study examining screw connection performances in different wood-based materials, found that deep pilot holes reduce the compressive strength in the material and cause screw connections to loosen more quickly. İstek et al. (2016) stated that the optimum hole depth should be between 40-60% of the screw length to increase the SDWR capacity of OSBs. The 50% ratio obtained in this study is consistent with the values recommended in the literature.

Table 8. Pilot hole diameter depth effect.

Pilot Hole Depth	Mean SDWR (N)	Minimum SDWR (N)	Maximum SDWR (N)
50%	352.05 ^B ± 95.29	196.00	549.00
80%	312.09 ^A ± 113.49	122.13	498.38

Mean is arithmetic means. Superscript letters of A, is a homogeneous subset of post hoc test results $p<0.05$.

The findings obtained in this study are largely consistent with previous studies in literature. Akbulut and Ayrılmış (2002) stated that the SDWR capacity of OSBs is lower compared to plywood, but successful results can be achieved with correct pilot hole ratios and optimum screw connection strategies. Kasal and Diler (2013) stated that OSBs exhibit different strength values compared to MDF and plywood but can provide sufficient stability with appropriate connection strategies from an engineering perspective.

4. Conclusions

In this study, the main factors affecting the SDWR of OSBs were investigated and evaluated according to the experimental data. According to the results, it was observed that the OSB thickness did not have a significant effect on the SDWR, but the 18 mm thick boards generally exhibited higher SDWR. However, statistical analysis shows that this difference is not significant.

In the experiments, it was determined that the screwing direction has a significant effect on SDWR. Screwing in the face direction provided statistically significant higher SDWR values compared to screwing in the edge direction. In edge screwing, it was observed that the SDWR capacity decreased due to the fibers not being able to support the screw connection sufficiently. Therefore, it is recommended to prefer face screwing in the structural connections of OSBs.

It was found that the pilot hole diameter significantly affects SDWR. Pilot hole diameter of 60% provided higher SDWR compared to pilot hole diameter of 85%. It was observed that large diameter pilot holes reduce the friction between the screw and OSB and thus reduce SDWR capacity. These findings are consistent with the optimum pilot hole diameter range suggested in the literature.

In terms of pilot hole depth, it was determined that 50% hole depth provided higher SDWR than 80% hole depth. It was observed that deeper pilot holes weakened the mechanical bond between the screw and the material and therefore reduced the SDWR capacity. This finding is consistent with previous studies indicating that the optimum hole depth should be between 40-60% of the screw length to increase the stability of screw connections.

In conclusion, this study has comprehensively analyzed the main factors affecting the SDWR of OSBs and contributed to the determination of the optimum values of these factors. The obtained data will guide engineering practices aimed at increasing the safe and efficient use of OSBs. Determining the optimum conditions in screw connections of OSBs in structural and furniture applications will contribute to the creation of more durable and secure connections in the long term. Future studies can further expand the knowledge in this area by detailing the effects of different OSB production processes on SDWR.

References

- Akbulut, T., Ayrılmış, N. 2002. OSB levhalarının kontrplak yerine kullanılması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 1(52), 65–80.
- Ayrılmış, N., Özkan, I. 2015. Properties of sandwich wood-based composite panels and their use in furniture industry. *Van Yüzüncü Yıl University Journal of Natural and Applied Sciences*, 19(2), 145-152.
- Baltacı, S. 2010. Bazı odunların çivi ve vida tutma direnci üzerine ısıtma işlem uygulamasının etkisi. *Kastamonu University, Intitute of Applied Science, Kastamonu, Türkiye*.
- Dündar, T., As, N., Hiziroğlu, S. 2008. Mechanical properties of OSB manufactured in Turkey. *Building and Environment*, 43(4), 523–528.
- Efe, H. 2004. Mobilya endüstrisinde kullanılan ahşap levhaların soket-vida tutma yetenekleri. *Journal of Polytechnic*, 8(3), 112-119.
- Efe, H., İmirzi, H. Ö. 2007. Mobilya Üretiminde Kullanılan Çeşitli Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri. *Journal of Polytechnic*, 10(1), 93-103.
- EN 300. 2006. Oriented Strand Boards (OSB) – Definitions, classification and specifications. *European Committee for Standardization*.
- Esen, R., Yapıcı, F. 2013. The effects of press time and press pressure on the screw strength properties of oriented strength board (OSB) manufactured from poplar wood. *Wood is good - user oriented material, technology and design. Proceedings of the 24th International Scientific Conference, Zagreb, Croatia*.
- Ferhatoglu, M., Sarı, B. 2017. Structural use of OSB in cold-formed steel frame systems. *Journal of Building Engineering*, 13, 239–247.
- Guan, B., Rodd, P.D. 2008. Screw Withdrawal Resistance of Wood-Based Panels: Experimental Investigation and Modeling. *Wood and Fiber Science*, 40(1), 44-55.
- İstek, A., Tunç, H., Özlüsoylu, İ. 2016. Silan İlavasının OSB'nin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. *Bartın Journal of Faculty of Forestry*, 18(2), 1-8.
- Kasal, A., Diler, H. 2013. Alternatif Panel Mobilya Malzemesi Olarak Polivinil Klorür (PVC) Levhalardan Üretilmiş Kutu Mobilya Köşe Birleştirmelerinin Moment Kapasiteleri. *Kastamonu University, Journal of Faculty of Forestry*, 17(4), 205-212.
- Kollmann, F.F.P., Gering, L.A. 1965. Tensile and Compressive Strength Perpendicular to Grain of Oriented Strand Board. *Wood Science and Technology*, 1(1), 35-45.
- Kollmann, F.F.P., Côté, W.A. 1968. *Principles of Wood Science and Technology*. Springer-Verlag.
- Korkmaz, M., Kılınç, İ., Yapıcı, F., Baydağ, M. 2017. Üretim Faktörlerinin Yönlendirilmiş Yongalevhaların (Osb) Vida Tutma Direnci Değeri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 940-948.
- Kurt, R., Altınok, M. 2015. Ahşap esaslı levhaların yapı sektöründe kullanımı. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 28(4), 775–782.
- Kurt, R., Kılıç, M. 2010. Effect of Density and Layer Structure on the Screw Holding Strength of Oriented Strand Board. *Journal of Materials Processing Technology*, 210(9), 1217-1222.
- Moses, S. C., Prion, H.G.L. 2002. Screw Withdrawal Strength of Oriented Strand Board. *Forest Products Journal*, 52(6), 81-86.
- Özlüsoylu, İ. 2016. Üre formaldehit tutkalının sodyum-karboksimetilselüloz ile modifikasyonun yonga levhaların bazı özellikleri üzerine etkisi. *Bartın University, Institute of Applied Science*.
- Özdemir, T. 2012. OSB Levhaların Teknik Özellikleri ve Yapı Elemanı Olarak Kullanımı. *Sakarya Üniversitesi Yayınları*.
- USDA Forest Service 2010. *Wood Handbook – Wood as an Engineering Material*.
- Yiğittap, Ö. (2016). Tutkallamada yonga sıcaklığının levha özelliklerine etkisi, *Bartın University, Institute of Applied Science*.
- Zhang, J., Lee, J.N. 2005. Fastener Holding Capacity of Wood-Based Panels: Effect of Panel Density and Screw Parameters. *Journal of Wood Science*, 51(1), 1-8.



İklim değişikliği kentsel yeşil alan ilişkisinde, kullanıcı algılarının incelenmesi: Tekirdağ ili Ergene ilçesi örneği

Gizem Senanur Gözler ¹, Tuğba Kiper ^{2*}

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 20/01/2025

Kabul Tarihi: 28/05/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1623574>

*Corresponding author:

tkiper@nku.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Bu çalışma, Tekirdağ İli Ergene İlçesi özelinde kullanıcıların iklim değişikliğine ilişkin algılarını ve yeşil alanların iklim değişikliğindeki rollerini nasıl algıladıklarının belirlenmesini amaçlamaktadır.

Yöntemler Çalışma 375 kişiye uygulanan anket çalışması çerçevesinde geliştirilmiştir. İlgili süreç; örneklem büyüklüğünün belirlenmesi, anket sorularının hazırlanması,

anketlerin uygulanması, sonuçların değerlendirilmesi olmak üzere 4 ana temel üzerinde kurgulanmıştır.

Bulgular Katılımcılar iklim değişikliğinin nedenleri konusunda, hem doğal (orman yangınları) hem de insan kaynaklı (yeşil alanların azalması, kentleşme) faktörlere dikkat çekmişlerdir. Yeşil alanların iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynadığı konusunda genel bir kabul içerisindedirler.

Sonuçlar Çalışma sonucunda, Tekirdağ İli Ergene İlçesi'nde yaşayan bireylerin iklim değişikliği ve yeşil alanlara yönelik algı düzeylerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Eğitim seviyesi, yaş ve gelir düzeyleri ile, katılımcıların iklim değişikliği süreci ile iklim değişikliği yeşil alan ilişkisi konusundaki algı düzeyleri üzerinde istatistiki açıdan anlamlı ilişkiler olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, yeşil alanlar, iklim değişikliği algısı, anket, Tekirdağ-Ergene

Investigation of user perceptions in the relationship between climate change and urban green space: the case of Ergene district of Tekirdağ province

ABSTRACT

Background and Aims This study aim to determine users' perceptions of climate change and how they perceive the role of green areas in climate change in the Ergene District of Tekirdağ.

Methods The study was developed within the framework of a survey applied to 375 people. The related process was organised on 4 main bases: determination of the sample size, preparation of the survey questions, administration of the surveys, and evaluation of the results.

Results Participants drew attention to both natural (forest fires) and human-induced (reduction of green areas, urbanisation) factors as the causes of climate change. There is a general acceptance that green spaces play an important role in combating climate change.

Conclusions As a result of the study, it was determined that the perception levels of individuals living in Ergene District of Tekirdağ Province towards climate change and green spaces were high. It has been determined that there are statistically significant relationships between the level of education, age and income levels and the perception levels of the participants on the climate change process and the relationship between climate change and green spaces.

Key Words: Climate change, green spaces, perception of climate change, survey, Tekirdağ-Ergene

Bu makaleye atıf:

Gözler, S.G., Kiper, T., 2025. İklim değişikliği kentsel yeşil alan ilişkisinde, kullanıcı algılarının incelenmesi: Tekirdağ ili Ergene ilçesi örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 135-152.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Günümüz koşullarında; iklim değişikliği, küresel-bölgesel-yerel düzeyde çeşitli etkiler yaratması nedeniyle önemli bir sorun olarak çıkmıştır. Öyle ki; günümüz sürecinde afetlerin yapısı değişiklik göstermiş olup, Birleşmiş Milletler rakamlarına göre afetlerin %90'a yakın bir bölümü iklim değişikliği ile ilişkilendirilmiştir (UNDRR and CRED, 2020). İklim değişikliği kamuoyu görüşü üzerine yapılan "Special Eurobarometer 490 - Climate Change" başlıklı çalışmada Avrupalıların yaklaşık %25'inin iklim değişikliğinin dünyanın karşı karşıya olduğu en ciddi sorun olarak algıladıkları belirtilmiştir (European Union, 2019). Genellikle de iklim değişikliğine uyumun kritik bir bileşeni olarak kabul edilen şehirler, iklim değişikliğinin neden olduğu sorunları ele almada önemli bir role sahiptirler (Zhao et al., 2021). Wilby ve Perry (2006)'nin belirttiği gibi; kentsel alanlar, iklim değişikliğinin temel itici gücü olup, sera gazlarının birincil yayıcısı olmalarına rağmen, aynı zamanda iklim değişikliklerinin etkilerine karşı da savunmasızdırlar. Keza kentleşmenin çevre üzerindeki en önemli etkileri, iklim değişikliğinin nedenleri arasında yer alan sıcaklıktaki artış (kentsel ısı adası etkisi) (Wilby ve Perry, 2006), geçirimsiz yüzeyler nedeniyle akışta ve karbondioksit emisyonunda artıştır (Whitford et al., 2001). Bu süreçte, kentler özelinde; iklim değişikliği tehdidi ile değişen bir çevreye uyum sağlama ve riskleri azaltma çabalarına rehberlik etmek için stratejik plan belgeleri ve yaklaşımları geliştirilmiştir (Long ve Rice, 2018). Kentsel Strateji planlarında, yeşil alanlar; iklimsel kaynaklı etkileri azaltmak için bir araç olmuşlardır (Demuzere et al., 2014; Djedjig et al., 2015; Ulpiani et al., 2024; Aboagye ve Sharifi, 2024). Bu süreçte, yeşil alanlar; olumlu mikro iklimsel etkilerinin yanı sıra, yoğun ve sıcak şehirlerde bir soğutma kaynağı olarak, karbon tutucu olarak veya kentsel ağaçlar veya çatı yeşillikleri ile gölge sağlayarak klima için enerji tüketimini azaltırlar (Mathey et al., 2011; Reynolds et al., 2020). Dolayısıyla iklimle uyumlu kentsel planlama ve sürdürülebilirlik çabalarında kritik bir unsur olmuşlardır (Demuzere et al., 2014; Chiabai et al., 2018; Ogunbode et al., 2019). Bu durumu destekler nitelikte; Peng ve Jim (2015)'in, Hong Kong'ta bir banliyö bölgesinde yer alan yeşil bir çatının, ilkbahar, yaz ve sonbaharda önemli soğutma etkilerine karşın, kışın hafif ısınma etkileri gösterdiğini belirtmiştir. Bu bulgular, Bowler et al. (2010)'in kentsel yeşillendirmenin kasaba ve şehirleri soğutma etkisini araştıran bir incelemesinden elde edilen sonuçlara benzerdir. Sánchez et al. (2018)'nin çalışmalarında, kentsel yeşil alanların konumu ve bileşiminin iklim değişikliğiyle karşı karşıya kalan kentlerin uyum stratejisinde kilit rol oynadığını ortaya koymuştur. Akademik alanda birçok çalışmada, kentsel yeşil alanlar ile iklim koşulları üzerindeki etkiler arasında önemli bağlantılar olduğu vurgulanmıştır (Foster et al., 2011; Hunt ve Watkiss, 2011; Escobedo et al., 2011; Gómez-Baggethun ve Barton, 2013; Demuzere et al., 2014; Brown et al., 2015; Brink et al., 2016; Graça et al., 2022). Kentsel yeşil alanların ekolojik, sosyal ve sağlık yararları çerçevesinde iklim değişikliğini azaltmadaki rolünün incelendiği Athokpam et al., (2024)'in çalışmaları bu durumu destekler niteliktedir. Zhao et al., (2022), kentsel yeşil alanların, iklim değişikliğinin olumsuz etkileri ve riskleriyle mücadele etmede etkili olduğunu ve aşırı hava olaylarının neden olduğu afet kayıplarını azaltabileceğini belirtmişlerdir. Munang

et al. (2013), yeşil alanların, iklim değişikliğine adaptasyon ve afet riskinin azaltılmasında etkili olarak ekosistem hizmetleri sağladığına vurgu yapmıştır. Bununla birlikte iklim değişikliği adaptasyon çerçevesinde kentlerin geleceğini tanımlamada kullanıcı algılarına dayalı katılımcı bir süreç öngörülmüştür. Ulusal kalkınma plan süreçlerinde; katılımcı bir anlayışla iklim değişikliğiyle mücadelede kapasite ve toplumsal bilincin artırılmasının sağlanması hedeflenmiştir (Anonim, 2023). Buna istinaden bazı çalışmalarda; bireylerin ve toplumların iklim değişikliğine verdiği tepkiler ile iklim değişikliğinin nedenlerine, sonuçlarına ve etkilerine ilişkin algıları arasında bağlantı olduğu belirtilmiştir (Pietsch ve McAllister, 2010; Höppner ve Whitmarsh, 2010; Pidgeon ve Fischhoff, 2011). İklim değişikliği algısı, bireylerin iklim değişikliği hakkındaki algılarını, inançlarını ve endişelerini ifade etmekte (Lee et al., 2015; Yang et al., 2021) olup, iklim değişikliğini azaltma veya uyum davranışlarını harekete geçirmek için bir ön koşul olarak tanımlanmıştır (Hornsey et al., 2018). Albayrak ve Atasayan (2017), iklim değişikliğiyle mücadelenin ilk aşamasında, toplumun farkındalık düzeyinin artırılması olduğunu vurgulamıştır. Malka et al. (2009) ile Bohdanowicz, (2021) , Dünya'daki iklim olaylarının yeterli bir şekilde anlaşılmasının vatandaşların tutumlarını ve endişelerini etkilediğini belirtmişlerdir. Xia (2022)'nin çalışmasında da iklim değişikliği algısının, iklim değişikliğine uyum ve azaltma davranışları için öngörücü bir güce sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Brosch (2021) ile Werfel (2017)'in de bahsettikleri gibi; farkındalık ve algılar, halkın katılımı yoluyla bölgesel iklim politikası yaklaşımları ile ulusal düzeydeki iklim hedeflerini etkileyebilir. Bu durum, iklim değişikliğiyle mücadelede kullanıcı algılarının ve toplumsal bilincin belirlenmesinin önemli bir adım olduğunu göstermektedir (Howe et al., 2019; Howe, 2021). Bununla birlikte, iklim değişikliği risklerine ilişkin algılar genellikle bir bireyin görüşlerine, değerlerine ve deneyimlerine dayanır. Birçok çalışmada, kişisel deneyim, çevre bilinci ve iklim değişikliğinin doğrudan etkilerine ilişkin gözlemlerin, iklim riski algılarını etkilediği, ülkeler ve hatta topluluklar için de değişen iklim değişikliğine ilişkin çeşitli ve çok boyutlu anlayışlarla sonuçlandığı bulunmuştur (Bain et al., 2012; Hedlund-de Witt, 2012; Carlton ve Jacobson, 2013; Tapsuwan ve Rongrongmuang, 2015; Van der Linden, 2015; Altschuler ve Brownlee, 2016; Hagen et al., 2016). Bu süreçte, anketler; kentsel planlamada iklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü ve etkisinin kullanıcı algılarına dayalı olarak belirlenmesinde ve katılımcı süreçlere ilişkin vatandaşların görüşlerini toplamak için önemli bir araçtır. Buradaki önemli belirteç kullanıcıdır ve aktif paydaşlar olarak rol oynarlar (Fors et al., 2015).

Ulusal ve uluslararası ölçekli bazı çalışmalarda, iklim değişikliği etkisine ilişkin algı ve farkındalıklar işlenmiştir. Örneğin, Semenza et al. (2008), Portland Houston'da 1200 kişi ile yaptıkları anket çalışması ile iklim değişikliğine ilişkin kamuoyunun farkındalığı ve endişesini incelemişlerdir. Ogunbode et al. (2019)'ın çalışmalarında, çeşitli iklim değişikliği deneyimlerinin algılar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Xia et al. (2022) tarafından yürütülen çalışmada, iklim değişikliği deneyiminin insanların iklim değişikliği algısını şekillendirmedeki etkisi, 302 çalışmadan elde edilen verilerle bir meta-analiz çerçevesinde incelenmiştir. Van Baal et

al. (2023) ise Almanya örneğinde, iklim değişikliğine ilişkin genel algıları ve sağlık üzerindeki etkilerini incelemiştir.

“Türkiye’de İklim Değişikliği Algısı 2024” başlıklı, 30 ilde 2.595 kişi ile gerçekleştirilmiş olan çalışmada; Türkiye’deki iklim değişikliği konusunda farkındalık düzeyi, bu durumun etkileri ile iklim eylemleri kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların algılanış biçimleri değerlendirilmiştir. İlgili rapor kapsamında, 2018’den itibaren iklim değişikliğine yönelik endişe oranı 2022 yılında en yüksek seviyeye (toplamda %83 oranında “endişeli” veya “çok endişeli”) ulaşırken, sonrasında %72 seviyesinde kaldığı vurgulanmıştır (İklimhaber, 2024). Öyle ki bazı çalışmalarda, iklim değişikliğinin olası sonuçlarına ilişkin kamuoyunun risk algısının büyük önem taşıdığı ve insanların iklim değişikliğine ilişkin algılarının belirlenmesine yönelik daha fazla bilgiye ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır (Korkmaz, 2018; Lujala et al., 2015).

Albayrak ve Ötesayan (2017)’ın çalışmalarında, Gebze örneğinde iklim değişikliğiyle ilgili endişe düzeyi, bireysel ve toplumsal farkındalık düzeyi ile iklim değişikliğine yönelik politika yaklaşımlarına dair beklentilerin ortaya konulması hedeflenmiştir. Uzun (2021)’un çalışmasında, Düzce Üniversitesi Orman, Ziraat ve Mühendislik fakültelerinde öğrenim gören öğrencilerin iklim değişikliği konusundaki farkındalıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Yılmaz vd. (2021)’nin çalışmalarında, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi’nde öğrenim gören öğrencilerin küresel iklim değişikliği hakkındaki bilgilerinin çevre öncelikli davranışlara etkisi incelenmiştir. Uçar vd. (2024) ise, Bartın Üniversitesi’nde öğrenim gören öğrencilerin iklim değişikliğine yönelik endişe düzeyleri ile güneşten korunma davranışları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Göl ve Tanrıvermiş (2024)’in çalışmalarında, farklı (fen, sağlık ve sosyal) disiplin ve sınıf düzeylerinde eğitim alan üniversite öğrencilerinin çevre koruma ve küresel iklim değişikliği hakkındaki bilgi, farkındalık, tutum ve davranışları incelenmiştir.

Bütün bunlarla birlikte; Baasch et al. (2013)’ın da belirttikleri gibi iklim değişikliğine uyum için yeşil alanların etkinliği, özellikle de kent sakinleri ve kentsel yeşil alan kullanıcıları tarafından kabul edilebilirliği konusunda ayrıntılı araştırmalar sınırlı düzeydedir. İklim değişikliği sürecinde farklı paydaşların yeşil ve açık alanları nasıl algıladıkları ve değerlendirdikleri özellikle planlama ve tasarım süreçleri açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, kullanıcıların iklim değişikliğine ilişkin algılarını ve yeşil alanların iklim değişikliğindeki rollerini nasıl algıladıklarının analiz edilmesi önemli bir gerekliliktir. Buradan yola çıkılarak çalışma genel çerçevesini, “Yeşil alanlar iklim değişikliği sürecinde azaltım, uyum ve iyileştirme çabalarında etkin bir rol oynamakta olup, bu süreçte kullanıcıların yeşil alan iklim değişikliği ilişkisine yönelik algılarının belirlenmesi gerekli ve önemlidir” hipotezi oluşturmaktadır. Bu kapsamda çalışmada, kullanıcı algılarına dayalı olarak “iklim değişikliğinin nedenleri ve sonuçları nedir?” ile “iklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü nedir?” sorularına yanıt aranarak, Tekirdağ İli Ergene İlçesi’nde yaşayan yerel halkın iklim değişikliği-yeşil alan ilişkisi temelinde algı düzeylerinin belirlenerek, farkındalıklarının ölçülmesi amaçlanmıştır. Kullanıcı grubunu oluşturan hedef kitle Ergene ilçesinde yaşayan yerel halkı temsil etmiştir. Bu çalışmada; algı, kişilerin duyularıyla zihinlerinde oluşturdukları düşünce biçimini ifade ederken; farkındalık, düşüncenin

uygulamaya aktarılması olarak davranış biçimini ifade etmiştir. Bu amaçla; “iklim değişikliğinin tanımlanması ile ilişkili olan durumlar”, “iklim değişikliğinin doğal ve insan kaynaklı nedenleri”, “iklim değişikliğinin sonuçları ile iklim değişikliği-yeşil alan ilişkisi temelindeki yargılar, kullanıcıların ilgili konulardaki düşüncelerinin ve bilgi düzeylerinin saptanması için algıların belirlenmesinde kullanılmıştır. İklim değişikliği etkisini azaltmada yeşil alanlar temelli çözümlere ilişkin yargılar ise; kullanıcıların ilgili konulardaki davranış biçimlerinin saptanması için farkındalığın belirlenmesinde kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Bu bölümde öncelikle anketlerin gerçekleştirildiği alana ilişkin kısa bir bilgi verilmiştir. Çalışma sahası, Türkiye’nin Trakya Bölgesi’nde yer alan Tekirdağ ilinin Ergene ilçesi olarak belirlenmiştir. İlçe, 41°07' 30" doğu boylamı ve 27°45' 00" kuzey enlemi koordinatları arasında, yaklaşık 450 km²’lik bir yüzölçümüne sahiptir (Ergene Kaymakamlığı, 2024). Tekirdağ’ın önemli sanayi merkezlerinden olan Çorlu, Çerkezköy ve Muratlı ilçeleri ile sınır oluşturmaktadır. Aynı zamanda Tekirdağ’ın 11 ilçesi içerisinde nüfus büyüklüğü açısından beşinci sırada yer almaktadır.

Çalışmada materyal olarak; ilgili konu özelinde ulusal ve uluslararası ölçekte hazırlanmış literatürler, kullanıcıların iklim değişikliği ile yeşil alanlar arasındaki ilişki bağlamında farkındalık ve algı düzeylerini belirlemek için oluşturulan anket formları ile veri girişi ve istatistiki analizlerde SPSS25 (ki-kare, frekans ve yüzde dağılımları gibi tanımlayıcı istatistiki analizler ile Ki-Kare testi ve Faktör analizi aşamalarında), Excel (anket verilerinin girişi ile grafik ve tabloların oluşturulması aşamalarında) ve Photoshop (Şekil 1. de sunulan haritanın görselleştirilmesi sırasında) programları kullanılmıştır.

2.2 Yöntem

Çalışma yöntem süreci, Ergene İlçesi’nde ikamet eden 18 yaş üstü bireylerin iklim değişikliği ile yeşil alanlar arasındaki ilişkisi bağlamında farkındalık ve algı düzeylerini tespit etmek amacıyla yürütülen bir anket çalışması çerçevesinde gelişmiştir. Bu amaçla, kullanıcı algılarına dayalı olarak “iklim değişikliğinin nedenleri ve sonuçları nedir?” ile “iklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü nedir?” sorularına yanıt aranmıştır. İlgili süreç; örneklem büyüklüğünün belirlenmesi, anket sorularının hazırlanması, anketlerin uygulanması, sonuçların değerlendirilmesi olmak üzere 4 ana temel üzerinde kurgulanmıştır.

Örneklem büyüklüğünün belirlenmesi: Araştırmanın evrenini belirlemek amacıyla TÜİK’in 2022 yılı nüfus verileri incelenmiş ve Ergene İlçesi nüfusunun 67.033 olduğu tespit edilmiştir. Ancak, çalışmanın amacı doğrultusunda 18 yaş ve üzeri bireylerin görüşlerine başvurulduğundan, evren büyüklüğü olarak Ergene ilçesinin 50.242 kişilik 18 yaş üstü nüfusu kabul edilmiştir (TÜİK, 2022).

Örneklem büyüklüğünün tespit edilmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

Evren büyüklüğünün bilinmesi durumunda örneklem büyüklüğü; (Yıldız, 2017)

$$n = \frac{(Nt^2pq)}{(d^2(N-1)+t^2pq)} \quad (1)$$

Formülde;

N: Hedef kitledeki birey sayısı (50.242)

n: Örneklem alınacak birey sayısı

p: İncelenen olayın görülüş sıklığı (gerçekleşme olasılığı) (0.38)

q: İncelenen olayın görülme sıklığı (gerçekleşmeme olasılığı) (0.62)

t: Belirli bir anlamlılık düzeyinde, t tablosuna göre bulunan teorik değer (1.96)

d: Olayın görülüş sıklığına göre kabul edilen örneklem hatasıdır (0.05)

$$n = (50,242 \times 0,38 \times 0,62) / (0,05^2(50,242 - 1) +$$

$$(1,96^2 \times 0,38 \times 0,62))$$

$$n = 359$$

Araştırmanın güvenilirlik düzeyini sağlamak amacıyla, %5 hata payı ve %95 güven düzeyi esas alınarak hesaplanan minimum örneklem büyüklüğü 359 olarak belirlenmiştir. Ancak, veri kayıpları gibi olası durumları göz önünde bulundurarak, anket çalışmasına 375 katılımcı dahil edilmiştir.

Anket sorularının hazırlanması: Anket formları; çoktan seçmeli, 2 seçenekli ve 5'li Likert tipi (Kesinlikle katılıyorum-kesinlikle katılmıyorum) ifadelerin yer aldığı toplam 43 soru ve 3 temel bölümden oluşmaktadır. Beş sorudan oluşan ilk bölüm, katılımcıların cinsiyeti, yaşı, eğitim durumu, gelir durumu ve ikamet durumu gibi kullanıcı profilini tanımaya yönelik sorulardan oluşmaktadır. İkinci bölümde, "iklim değişikliğinin nedenleri ve sonuçları nedir?" sorusuna cevap aranmıştır. Bu kapsamda ilgili bölüm; iklim değişikliği algısına yönelik, iklim değişikliği ifadesini duyma durumu (1 madde), iklim değişikliğinin tanımlanması ile ilişkili olan durumlar (4 madde), iklim değişikliğinin doğal ve insan kaynaklı nedenleri (9 madde) ile iklim değişikliğinin sonuçlarına yönelik (13 madde) toplam 27 maddeyi içermektedir. Üçüncü bölümde; "iklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü nedir?" sorusuna cevap aranmıştır. Bu kapsamda ilgili bölüm; iklim değişikliği yeşil alan ilişkisi ile iklim değişikliği etkisini azaltmada yeşil alanlar temelli çözümlere yönelik yargılardan oluşan toplam 11 maddeyi içermektedir. Anket çalışmasına ilişkin form; Ataklı (2021), Ağıralan ve Sadioğlu (2021), Henden Şolt (2022), Çalışır (2022), Toprak (2022), Ünal (2023), Alkan (2023), Selek (2023)'in yaptıkları çalışmalardan yararlanılarak hazırlanmıştır.

Anketin uygulanması: Bu süreçte öncelikle, Ergene Kaymakamlığı ile Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Bilimsel Araştırma Yayın Etiği Kurulu'ndan gerekli izinler alınmıştır. İlgili anketler, 2023 yılı Kasım-Aralık aylarında Tekirdağ İli Ergene İlçe genelinde uygulanmıştır. Anketler katılımcılara çevrimiçi ve yüz yüze uygulanmış olup, bağlantı linki katılımcılara Google formlar üzerinden erişime sunulmuştur. İlgili anketler, özellikle 65 yaş üzeri kişiler ile 55-64 yaş grubu arasındaki kişilerden bazılarına (toplamda 50 anket) yüz yüze uygulanmıştır.

Sonuçların değerlendirilmesi: Anketlerden elde edilen veriler; frekans ve yüzde dağılımları gibi tanımlayıcı istatistiki analizlerin yanı sıra Ki-Kare testi ve Faktör analizi yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Frekans analizleri, katılımcıların; sosyo-

demografik ve ekonomik özelliklerinin belirlenmesi aşamasında; araştırmaya katılan bireylerin özelliklerini tanımlayarak, verilerin dağılımını görmek amacıyla yapılmıştır. Bununla birlikte, yüzde dağılımları ise; ankete katılan bireylerin, "iklim değişikliğinin tanımlanması ile ilişkili olan durumlar", "iklim değişikliğinin doğal ve insan kaynaklı nedenleri", "iklim değişikliğinin sonuçları" ile "iklim değişikliği-yeşil alan ilişkisi" ve "iklim değişikliği etkisini azaltmada yeşil alanlar temelli çözümler" başlıkları çerçevesindeki sorulara ilişkin görüşlerinin dağılımını anlamak ve ilgili konulardaki yargılara katılım düzeylerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. "Ki-kare testi; iki değişken arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını ortaya koymak (Güngör ve Bulut, 2008) amacıyla yapılmıştır. Bu testte, beklenen frekanslarla gözlenen frekanslar arasındaki farkın anlamlılık düzeyi 0,05'in altında olması beklenmiştir (Kubat ve Ayaşlıgil, 2004). Buna göre; Ki kare analizi ile kullanıcıların sosyo-ekonomik ve demografik özellikleri (cinsiyet, yaş grupları, eğitim düzeyleri, gelir seviyeleri, ikamet durumu) ile iklim değişikliğinin doğal ve insan kaynaklı nedenleri, iklim değişikliğinin sonuçları, iklim değişikliği yeşil alan ilişkisi ile iklim değişikliği etkisini azaltmada yeşil alanlar temelli çözümler konusundaki bilgi düzeyleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu kapsamda; "Katılımcıların cinsiyetleri, eğitim düzeyleri, yaş grupları, gelir düzeyleri, ikamet durumları ile iklim değişikliğiyle ilgili bilgi düzeyleri (nedenler, sonuçlar, yeşil alanların rolü ve çözümler) arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?" ile "Katılımcıların iklim değişikliği kavramını duyup duymama durumları ile iklim değişikliği yeşil alan ilişkisi ile iklim değişikliği etkisini azaltmada yeşil alanlar temelli çözümler hakkındaki bilgi düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?" sorularına cevap aranmıştır. İlgili analizlerde sadece anlamsal farkların olduğu sonuçlar değerlendirmeye alınmıştır. Faktör analizi; birbiriyle ilişkili fazla sayıdaki değişkenin az sayıdaki anlamlı yeni değişkenlere dönüştürmek (Büyüköztürk, 2002) amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, birçok değişken arasında benzer olanları gruplayarak daha az sayıda faktörün tanımlanması hedeflenmiştir. Aynı zamanda bu yöntem, kullanılan yargıların tutarlılığını ve geçerliğini test etmede etkindir. Beş dereceli Likert tipi ölçek şeklindeki iklim değişikliği ile ilişkili kavramlar ile nedenlerini içeren yargılar (13 madde) ile iklim değişikliği-yeşil alan ilişkisinin belirlenmesini (11 madde) içeren yargılara yönelik faktör analizi uygulanmıştır. Öncesinde güvenilirlik analizi yapılarak Cronbach Alfa iç tutarlılık katsayısı hesaplanmıştır. Cronbach's Alpha katsayısı, 0,80 ile 1,00 arasında olduğunda, ölçeğin iç tutarlılığı yüksek olarak değerlendirilmiştir (İlhan ve Çetin, 2014). Sonrasında Kaiser-Mayer-Olkin ve Bartlett testi yeterlilik durumu, faktör ortak varyansları, faktör yük değerleri ve döndürme sonrası faktör yük değerleri hesaplanmıştır. KMO katsayısı, veri yapısının faktör analizi için ne kadar uygun olduğunu gösteren bir ölçüttür. KMO katsayısının 0.90'ın üzerinde olması, veri yapısının faktör analizine oldukça uygun olduğunu göstermektedir (Çokluk ve ark., 2014). Temel bileşenler analizi ile Özdeğeri 1'in üzerinde olan faktörler belirlenmiştir. Önemli faktör sayısını belirlemek için de Yamaç-Birikinti Grafiği (Scree Plot) oluşturulmuş ve sonrasında faktörlerin daha yorumlanabilir olması için döndürme (Varimax) yöntemi yapılmıştır. Faktör analizi sonucunda; iklim değişikliği ile ilişkili kavramlar ile nedenlerini içeren yargılara

yönelik olarak, veri setinde açıklanabilir varyansın en büyük bölümünü açıklayan Özdeğeri 1'den büyük üç temel faktör belirlenirken, iklim değişikliği – yeşil alan ilişkisine yönelik olarak da iki temel faktör belirlenmiştir.

3. Bulgular

3.1 Katılımcıların sosyo-ekonomik ve demografik özellikleri

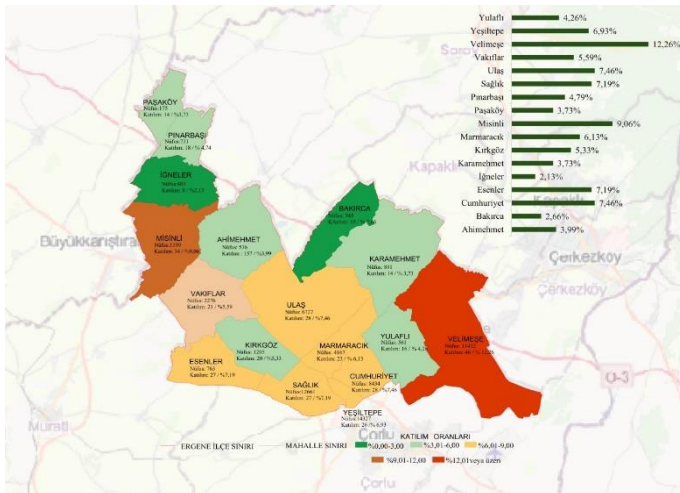
Çalışmada katılımcıların sosyo-demografik ve ekonomik durumları Çizelge 1'de verilmiştir. Yapılan anket çalışmasında, katılımcıların cinsiyet dağılımı incelendiğinde, %52'sinin kadın, %48'inin erkek olduğu görülmektedir. Katılımcıların yaş aralıkları sırasıyla; %27,5 ile 36-45, %23,2 ile 46-55 ve %20,3 ile 26-35 yaş gruplarında olduğu belirlenmiştir. Yaş grubu

aralıklarının belirlenmesinde; TÜİK (2023) de 18-24 yaş grubunun genç yaş olarak tanımlanması ile 65 yaş üzeri grup da yaşlı nüfus olarak kabul edilmesi etkili olmuştur. Gelir grubu aralıklarının belirlenmesinde alt sınırı 2023 yılı asgari ücret miktarı oluşturmuş olup, 10.000 ₺'lik aralıklarla grupların oluşturulması etkili olmuştur. Değerlendirme sırasında grup sayısını azaltmak için alt sınırdaki iki grup birleştirilmiştir. Katılımcıların çoğunluğunu %38,4 ile lisans mezunları oluşturmaktadır. Bunu %27,7 ile lise mezunları takip etmektedir. Katılımcıların en büyük kısmı %34,7'lik oran ile 20.000 ₺ ve altı düzeyinde gelire sahiptir. Bunu %34,4 ile 20.001₺-30.000₺ gelir aralığı takip etmektedir. En düşük dağılımı ise; Lisansüstü eğitim düzeyinde (%7,7), 40.001₺ ve üstü gelire (%8) sahip, 65 yaş üzeri (%4,8) kişiler oluşturmıştır.

Çizelge 1. Katılımcıların sosyo-demografik ve ekonomik özellikleri

Grup	Alt Grup	Kişi Sayısı	Yüzde %	Grup	Alt Grup	Kişi Sayısı	Yüzde %
Cinsiyet	Kadın	195	52	Eğitim seviyesi	İlkokul	45	12
	Erkek	180	48		Ortaokul	53	14,1
Yaş	18-25	53	14,1		Lise	104	27,7
	26-35	76	20,3		Lisans	144	38,4
	36-45	103	27,5		Lisansüstü	29	7,7
	46-55	87	23,2	Gelir seviyesi	20.000 ₺ ve altı	130	34,7
	56-64	38	10,1		20.001₺-30.000₺	129	34,4
	65 ve üstü	18	4,8		30.001-40.000₺	86	22,9
					40.001₺ ve üstü	30	8

Katılımcıların ikamet ettikleri mahalle düzeyine göre dağılımları incelendiğinde ise; ilk sırada %12,26'lık oran ile Velimeşe mahallesinde ikamet edenlerin yer aldığı saptanmıştır. Bunu %7,46 ile Ulaş ve Cumhuriyet mahalleleri takip etmektedir. En düşük dağılımı ise İğneler mahallesinde oturan kişiler oluşturmıştır (Şekil 1).

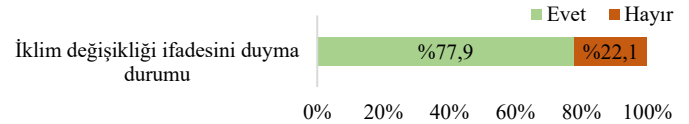


Şekil 1. Oturulan mahalleye göre ankete katılım oranı

3.2. Katılımcıların iklim değişikliği algı düzeyleri

Bu bölümde, katılımcı algılarına dayalı olarak, “İklim değişikliğinin nedenleri ve sonuçları nedir?” sorularına cevap aranmıştır. Katılımcılara, iklim değişikliği algı düzeylerinin tespit edilmesi amacıyla öncelikle iklim değişikliği ifadesini

duyma durumları incelenmiştir. Katılımcıların %77,9'luk oran ile büyük bir çoğunluğu “evet” yanıtını vermiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Katılımcıların daha önce "iklim değişikliği" ifadesini duyma durumları

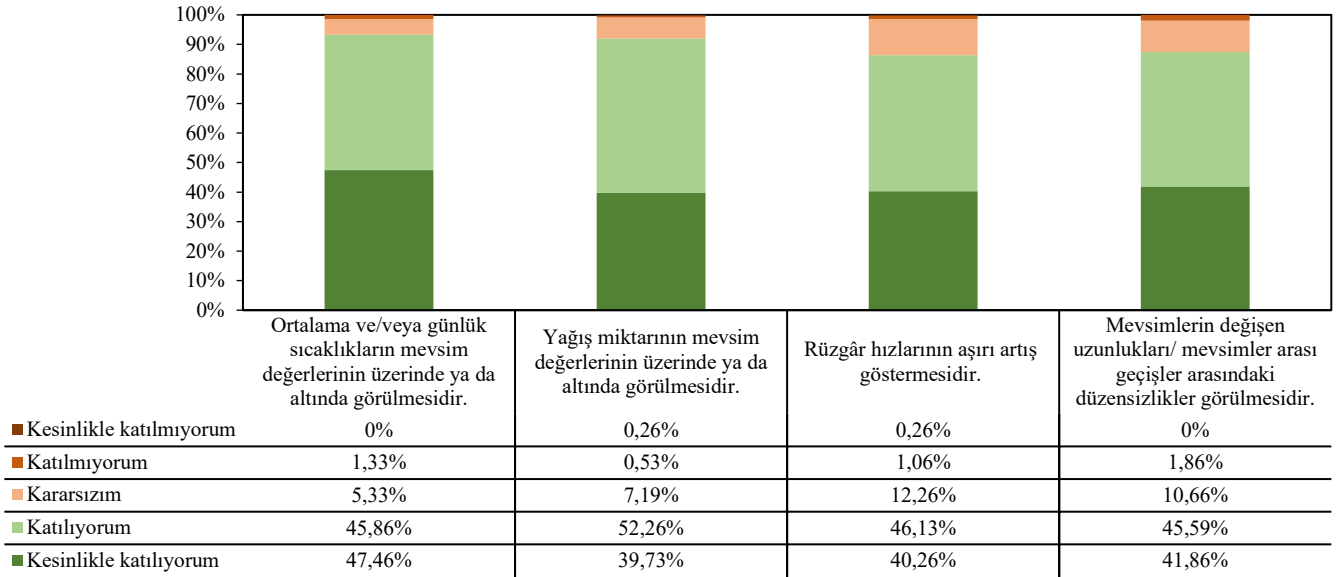
Katılımcıların iklim değişikliği algı düzeylerini belirlemek amacıyla, iklim değişikliğinin tanımı, doğal ve insan kaynaklı nedenleri ile sonuçlarına ilişkin çeşitli yargılar sorulmuştur. Katılımcıların büyük bir kısmı, bu yargılara yüksek düzeyde katılım göstermiştir. İklim değişikliği kavramı; aşırı sıcaklık, yağış düzensizliği, mevsim geçişlerinin düzensizliği ve rüzgâr hızının artışı ile ilişkilendirmiş olup, en çok “ortalama ve/veya günlük sıcaklıkların mevsim değerlerinin üzerinde ya da altında görülmesidir” (%92,32) yargısını tercih etmişlerdir. Rüzgâr hızlarının aşırı artış göstermesi olayı ise diğer değişkenlere göre en son sırada (86,39) tercih edilmiştir (Şekil 3).

Katılımcılar, iklim değişikliğinin doğal nedenleri arasında en yüksek oranda “orman yangınları” ve “sıcaklık artışlarını” (%91,72), insan kaynaklı nedenler arasında ise yeşil alanların azalmasını (%89,88) önceliklendirmişlerdir. Bu bulgu, iklim değişikliği ile yeşil alanlar arasındaki ilişkiyi destekler niteliktedir (Şekil 4, Şekil 5).

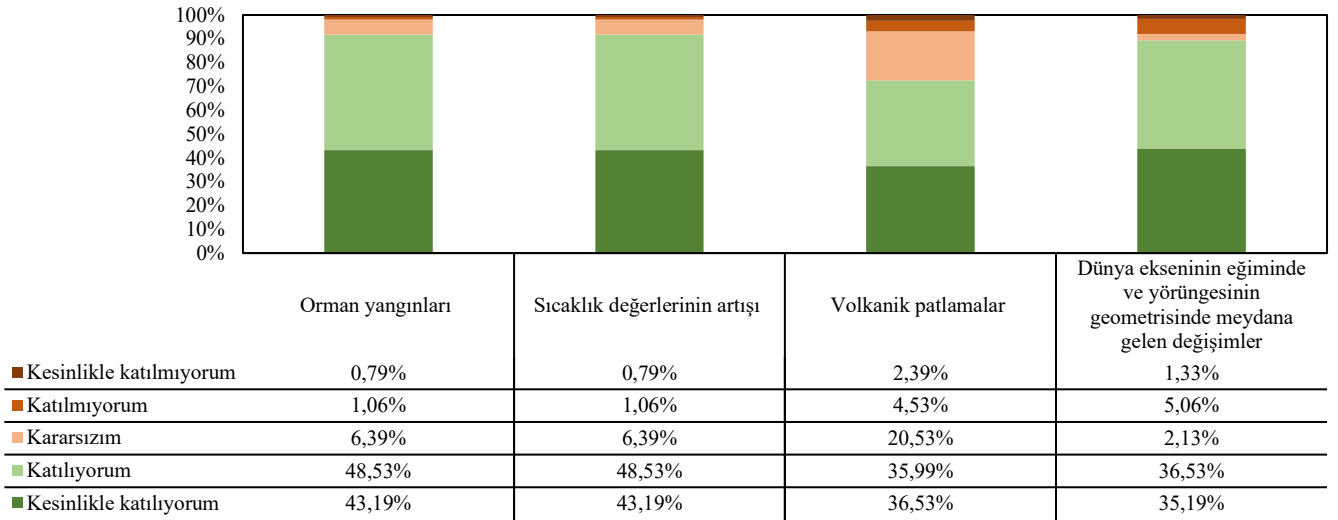
İklim değişikliğinin insan kaynaklı nedenlerine yönelik durum dağılımında tarımsal üretimden kaynaklanan atık miktarının artışı %82,05'lik bir oran ile en son sırada tercih edilmiştir (Şekil 5).

Katılımcıların çoğunluğunun iklim değişikliğinin sonuçları ile ilgili “Kar örtüsünün azalış göstermesi” (%92,52) ile

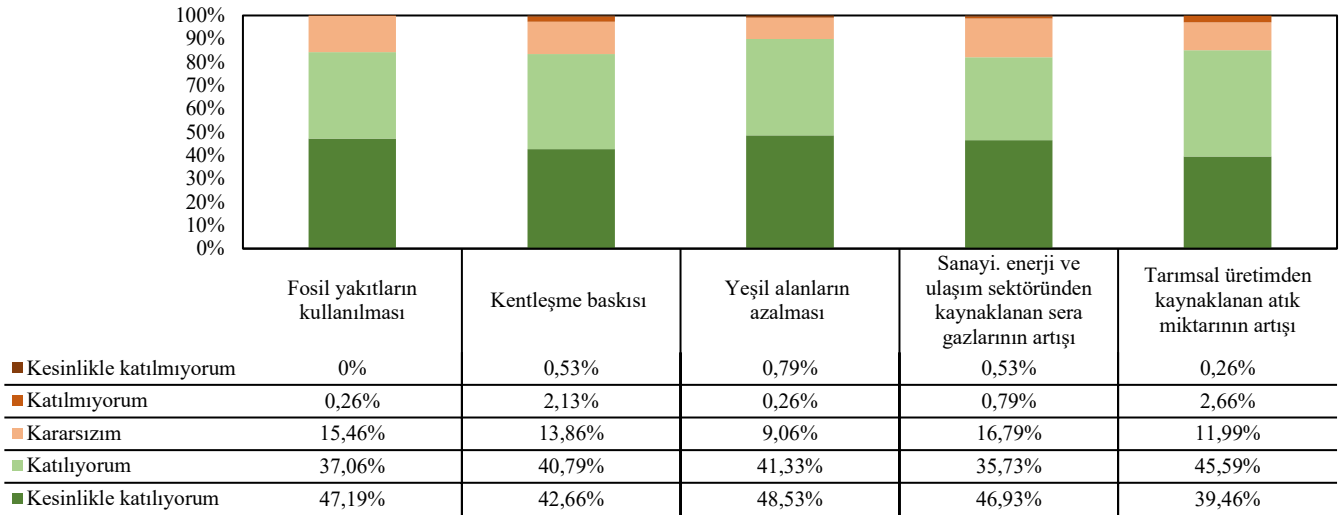
“yağmur miktarındaki artış ve sel olaylarının artışı” (%91,46) yargılarına katıldıkları görülmüştür. Bu bulgu, katılımcıların iklim değişikliğinin hidrolojik döngü üzerindeki etkileri konusunda farkındalık taşıdığını ortaya koymaktadır. Salgın hastalıkların artma olasılığı yargısına katılım oranı (%84,52) ise diğerlerine göre en son sırada yer aldığı görülmüştür (Şekil 6).



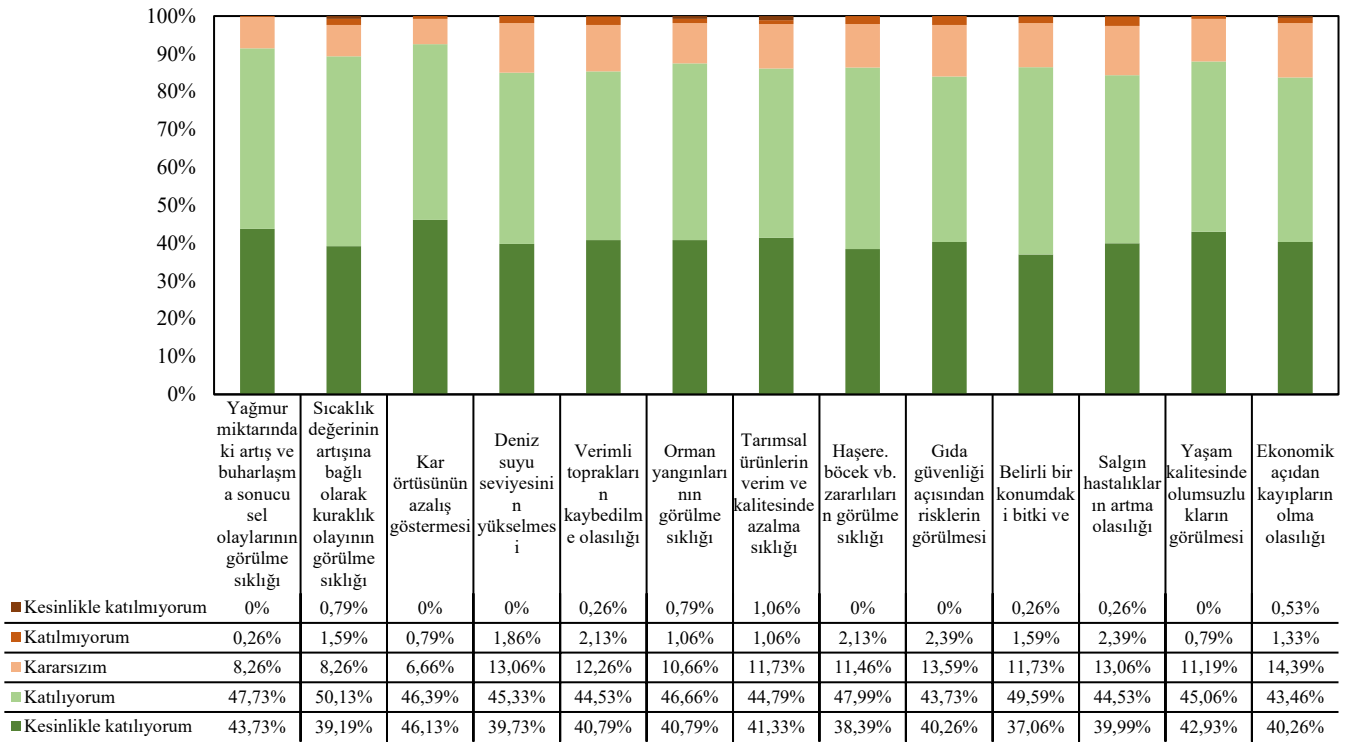
Şekil 3. İklim değişikliğinin tanımlanması ile ilişkili olan durumların oransal dağılımı



Şekil 4. İklim değişikliğinin doğal kaynaklı nedenleri ilgili yargıların oransal dağılımı



Şekil 5. İklim değişikliğinin insan kaynaklı nedenleri ilgili yargıların oransal dağılımı



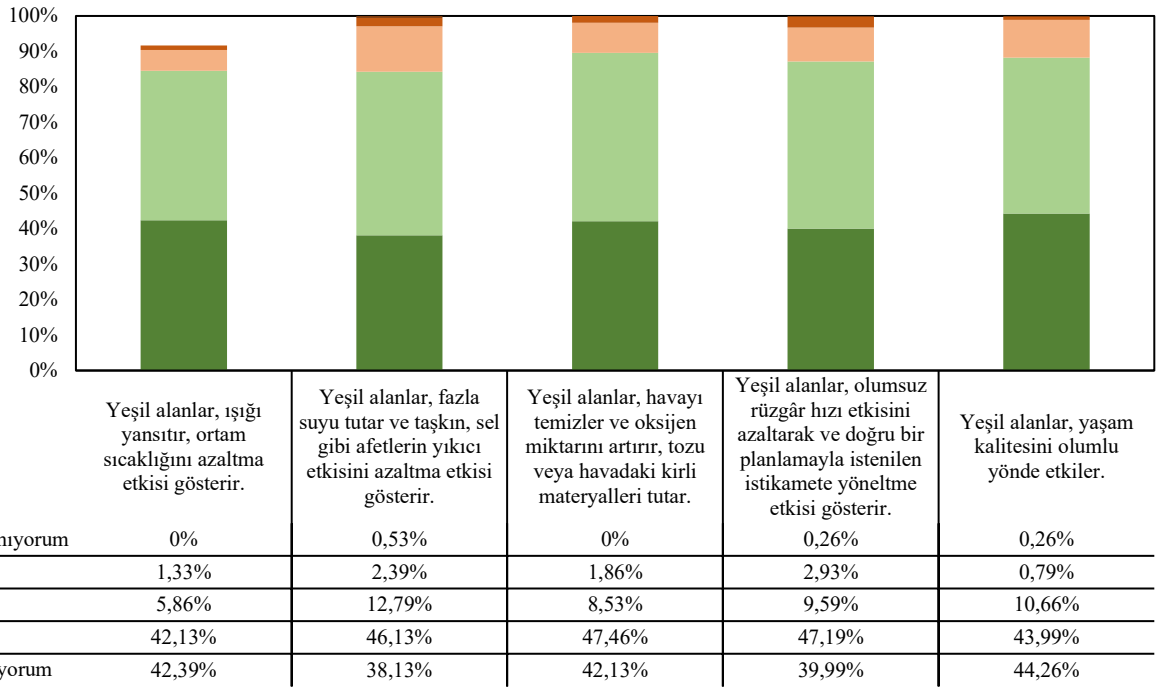
Şekil 6. İklim değişikliğinin sonuçları ile ilgili yargıların oransal dağılımı

3.2 Katılımcıların iklim değişikliği-yeşil alan ilişkisi algı düzeyleri

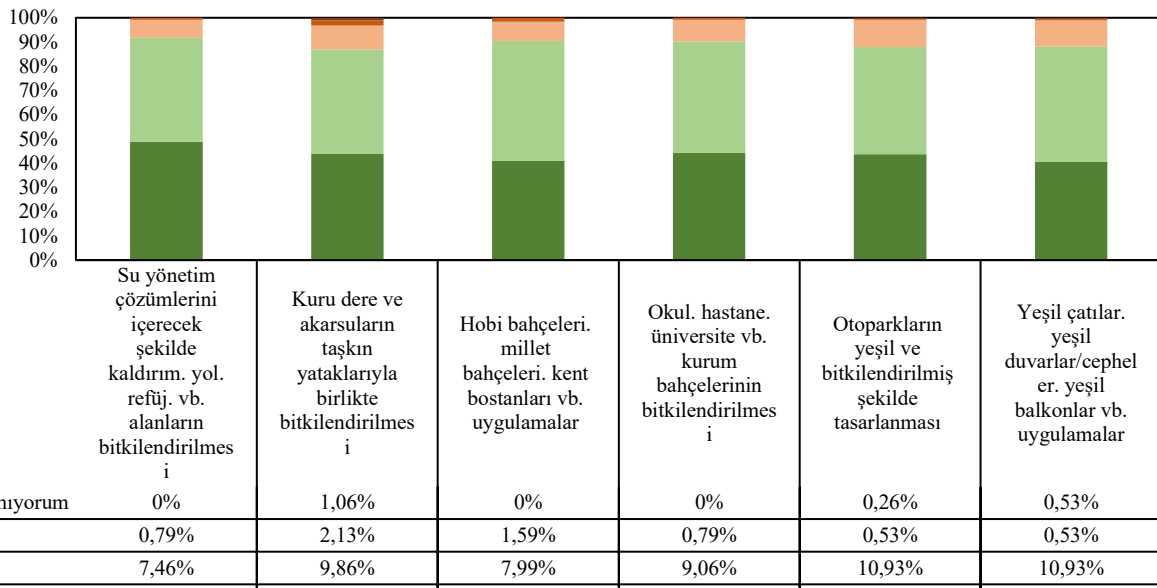
Bu bölümde “iklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü nedir?” sorusuna cevap aranmıştır. Bu kapsamda, “İklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü” ve “İklim değişikliğinin etkisini azaltmada yeşil alanlar” temelli çözümlere ilişkin yargılara ilişkin dağılım oranları incelenerek, kullanıcıların ilgili konulardaki bilgi düzeyleri ile davranış biçimleri değerlendirilmiştir.

İklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü çerçevesindeki yargılar incelendiğinde; genel olarak ilgili

maddelere katılım düzeylerinin yakın ve yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Bununla birlikte katılımcıların ilk sırada “yeşil alanlar, havayı temizler ve oksijen miktarını artırır, tozu veya havadaki kirli materyalleri tutar” (%89,59) ve “yeşil alanlar, yaşam kalitesini olumlu yönde etkiler” (%88,25) yargılarına katılım gösterdikleri saptanmıştır. Bu bulgu, katılımcıların yeşil alanların çok yönlü faydalarına dair farkındalığa sahip olduklarını göstermektedir. Katılımcıların; “yeşil alanlar fazla suyu tutar ve taşkın, sel gibi afetlerin yıkıcı etkilerini azaltır” yargısını ise diğer yargılara oranla daha geri sırada (%84,26) tercih ettikleri saptanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. İklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü ile ilgili yargıların oransal dağılımı



Şekil 8. İklim değişikliği etkisini azaltmada yeşil alanlar temelli çözümlerin oransal dağılımı

Katılımcıların büyük bir çoğunluğunun, “Su yönetim çözümlerini içerecek şekilde kaldırım, yol, refüj vb. alanların bitkilendirilmesi” (%90,72) ile “hobi bahçeleri, millet bahçeleri, kent bostanları gibi uygulamalar” (%90,39) yargılarına en yüksek oranda katıldıkları görülmüştür. Bu sonuç, katılımcıların iklim değişikliği sürecinde ekosistem hizmetleri ve yeşil altyapı kavramları hakkında genel bir farkındalık düzeyine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Katılımcıların “otoparkların yeşil ve bitkilendirilmiş şekilde tasarlanması” yargısını ise diğer yargılara oranla daha geri sırada (%85,32) tercih ettikleri saptanmıştır (Şekil 8).

3.4 Ki-kare testi sonuçları

Bu ana başlık altında yer alan alt başlıklarda sadece 0.05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu anlamda; katılımcıların cinsiyetleri ve ikamet durumları ile iklim değişikliğiyle ilgili bilgi düzeyleri (nedenler, sonuçlar, yeşil alanların rolü ve çözümler) arasında anlamlı ilişkiler tespit edilmediği için değerlendirmeye alınmamıştır.

3.4.1 Katılımcıların eğitim düzeyi ile yargılara verilen yanıtlar arasında anlamlı farklılıklar

Ki-kare analizi ile, katılımcıların eğitim düzeyleri ile “İklim değişikliği farkındalığının belirlenmesi” ile “İklim değişikliği yeşil alan ilişkisi” bölümlerinde yer alan bazı yargılar arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Eğitim düzeyi ile her bir yargı arasındaki ilişkiler ayrı ayrı saptanmış ve sadece 0.05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunan sonuçlara yer verilmiştir (Çizelge 2). Özellikle “*lisans*” düzeyinde olan katılımcıların bu yargılara katılma oranları yüksek çıkmıştır. Eğitim düzeyi ile iklim değişikliği ve iklim değişikliği-yeşil alan ilişkisi algı düzeyleri arasında doğru orantılı bir ilişki görülmektedir. Eğitim düzeyinin artmasıyla,

katılımcıların iklim değişikliği ve iklim değişikliği-yeşil alan ilişkisi algı düzeyleri de artmaktadır.

3.4.2 Katılımcıların yaş grupları ile yargılara verdikleri yanıtlar arasında anlamlı farklılıklar

Ki-kare analizi sonuçlarına göre, katılımcıların yaş grupları ile “İklim değişikliği farkındalığının belirlenmesi” ile “İklim değişikliği yeşil alan ilişkisi” başlıklı bölümlerinde yer alan bazı yargılar arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Yaş grupları ile her bir yargı arasındaki ilişkiler ayrı ayrı saptanmış ve sadece 0.05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunan sonuçlara yer verilmiştir (Çizelge 3). Buna göre, “36-55” yaş grubunda olan katılımcıların bu yargılara katılma oranlarının yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. Katılımcıların eğitim düzeyi ile yargılar arasındaki anlamlı farklılıklar

	Yargılar	χ^2	Sd	P
İklim değişikliğinin insan kaynaklı nedenleri	Fosil yakıtların kullanılması	69,474	1	*0,000
	Kentleşme baskısı	74,188	1	*0,000
	Yeşil alanların azalması	48,758	1	*0,000
	Sanayi, enerji ve ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazlarının artışı	91,299	1	*0,000
	Tarımsal üretimden kaynaklanan atık miktarının artışıdır	48,198	1	*0,000
İklim değişikliğinin sonuçları	Yağmur miktarındaki artış ve buharlaşma sonucu sel olaylarının görülme sıklığı	36,729	1	*0,000
	Sıcaklık değerinin artışına bağlı olarak kuraklık olayının görülme sıklığı	42,684	1	*0,000
	Kar örtüsünün azalış göstermesi	37,079	1	*0,000
	Deniz suyu seviyesinin yükselmesi	34,957	1	*0,000
	Verimli toprakların kaybedilme olasılığı	46,800	1	*0,000
	Orman yangınlarının görülme sıklığı	39,525	1	*0,000
	Tarımsal ürünlerin verim ve kalitesinde azalma sıklığı	39,959	1	*0,000
	Gıda güvenliği açısından risklerin görülmesi	49,070	1	*0,000
	Haşere, böcek vb. Zararlıların görülme sıklığı	24,016	1	*0,000
	Belirli bir konumdaki bitki ve hayvan türlerinin sayısı ve çeşitliliği üzerindeki olumsuz etkisi	31,975	1	*0,000
	Salgın hastalıkların artma olasılığı	35,239	1	*0,000
	Yaşam kalitesinde olumsuzlukların görülmesi	47,270	1	*0,000
	Ekonomik açıdan kayıpların olma olasılığı	38,242	1	*0,000
	Yeşil alanlar, ışıltı yansıtır, ortam sıcaklığını azaltma etkisi gösterir	50,204	1	*0,000
	Yeşil alanlar, fazla suyu tutar ve taşkın, sel gibi afetlerin yıkıcı etkisini azaltma etkisi gösterir	67,167	1	*0,000
İklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü	Yeşil alanlar, havayı temizler ve oksijen miktarını artırır, tozu veya havadaki kirli materyalleri tutar	64,813	1	*0,000
	Yeşil alanlar, olumsuz rüzgâr hızı etkisini azaltarak ve doğru bir planlamayla istenilen istikamete yöneltme etkisi gösterir	68,562	1	*0,000
	Yeşil alanlar, yaşam kalitesini olumlu yönde etkiler	74,621	1	*0,000
	Kuru dere ve akarsuların taşkın yataklarıyla birlikte bitkilendirilmesi	44,443	1	*0,000
İklim değişikliği etkisini azaltmada yeşil alanlar temelli çözümler	Hobi bahçeleri, millet bahçeleri, kent bostanları vb.	33,050	1	*0,000
	Otoparkların yeşil ve bitkilendirilmiş şekilde tasarlanması	45,883	1	*0,000
	Yeşil çatılar, yeşil duvarlar/cepheler, yeşil balkonlar vb.	38,364	1	*0,000

*Pearson Chi-Square testine göre gruplar arasındaki fark $p < 0,05$ için anlamlıdır.

3.4.3 Katılımcıların gelir düzeyi ile yargılara verdikleri yanıtlar arasında anlamlı farklılıklar

Ki-kare analiz sonuçlarına göre, katılımcıların gelir düzeyleri ile “İklim değişikliği farkındalığının belirlenmesi” ile “İklim değişikliği yeşil alan ilişkisi” başlıklı bölümleri altında yer alan bazı yargılar arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Gelir düzeyleri ile her bir yargı arasındaki ilişkiler ayrı ayrı

saptanmış ve sadece 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunan sonuçlara yer verilmiştir (Çizelge 4). Özellikle, “20.001₺-30.000₺ ile 30.001-40.000₺” gelir seviyesinde olan katılımcıların bu yargılara katılma oranları yüksek çıkmıştır. Gelir seviyesinin artmasıyla iklim değişikliği ve iklim değişikliği-yeşil alan ilişkisi algı düzeylerinin arttığı görülmüştür.

Çizelge 3. Katılımcıların yaş grupları ile yargılara arasındaki anlamlı farklılıklar

	Yargılar	χ^2	Sd	P
İklim değişikliği etkisini azaltmada yeşil alanlar temelli çözümler	Kuru dere ve akarsuların taşkın yataklarıyla birlikte bitkilendirilmesi	12,720	1	*0,000
İklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü	Yeşil alanlar, yaşam kalitesini olumlu yönde etkiler	8,953	1	*0,003
İklim değişikliğinin sonuçları	Gıda güvenliği açısından risklerin görülmesi	15,984	1	*0,000
	Orman yangınlarının görülme sıklığı	7,702	1	*0,006
	Verimli toprakların kaybedilme olasılığı	13,568	1	*0,000
İklim değişikliğinin insan kaynaklı nedenleri	Fosil yakıtların kullanılması	23,071	1	*0,000
	Kentleşme baskısı	17,842	1	*0,000
	Sanayi, enerji ve ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazlarının artışı	26,906	1	*0,000
İklim değişikliğinin doğal kaynaklı nedenleri	Orman yangınları	5,136	1	*0,023
	Volkanik patlamalar	16,852	1	*0,000
	Dünya ekseninin eğiminde ve yörüngesinin geometrisinde meydana gelen değişimler	16,847	1	*0,000

*Pearson Chi-Square testine göre gruplar arasındaki fark $p < 0,05$ için anlamlıdır.

Çizelge 4. Katılımcıların gelir düzeyi ile yargılara verdikleri yanıtlar arasında anlamlı farklılıklar

	Yargılar	χ^2	Sd	P
İklim değişikliğinin doğal kaynaklı nedenleri	Orman yangınları	36,119	1	*0,000
İklim değişikliğinin insan kaynaklı nedenleri	Fosil yakıtların kullanılması	46,403	1	*0,000
	Kentleşme baskısı	42,720	1	*0,000
	Yeşil alanların azalması	19,153	1	*0,000
	Sanayi, enerji ve ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazlarının artışı	45,147	1	*0,000
	Tarımsal üretimden kaynaklanan atık miktarının artışı	24,706	1	*0,000
İklim değişikliğinin sonuçları	Ekonomik açıdan kayıpların olma olasılığı	29,510	1	*0,000
	Yaşam kalitesinde olumsuzlukların görülmesi	18,646	1	*0,000
	Salgın hastalıkların artma olasılığı	22,537	1	*0,000
	Tarımsal ürünlerin verim ve kalitesinde azalma sıklığı	21,913	1	*0,000
	Yağmur miktarındaki artış ve buharlaşma sonucu sel olaylarının görülme sıklığı	16,272	1	*0,000
	Sıcaklık değerinin artışına bağlı olarak kuraklık olayının görülme sıklığı	19,220	1	*0,000
	Kar örtüsünün azalış göstermesi	13,091	1	*0,000
	Deniz suyu seviyesinin yükselmesi	19,005	1	*0,000
	Yeşil alanlar, ışığı yansıtır, ortam sıcaklığını azaltma etkisi gösterir	20,556	1	*0,000
İklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü	Yeşil alanlar, fazla suyu tutar ve taşkın, sel gibi afetlerin yıkıcı etkisini azaltma etkisi gösterir	39,862	1	*0,000
	Yeşil alanlar, havayı temizler ve oksijen miktarını artırır, tozu veya havadaki kirli materyalleri tutar	25,709	1	*0,000
	Yeşil alanlar, yaşam kalitesini olumlu yönde etkiler	21,792	1	*0,000
İklim değişikliği etkisini azaltmada yeşil alanlar temelli çözümler	Su yönetim çözümlerini içerecek şekilde kaldırım, yol, refüj, vb. Alanların bitkilendirilmesi	9,255	1	*0,002
	Kuru dere ve akarsuların taşkın yataklarıyla birlikte bitkilendirilmesi	26,290	1	*0,000
	Hobi bahçeleri, millet bahçeleri, kent bostanları vb.	11,937	1	*0,001
	Otoparkların yeşil ve bitkilendirilmiş şekilde tasarlanması	19,862	1	*0,000
	Yeşil çatılar, yeşil duvarlar/cepheler, yeşil balkonlar vb.	21,776	1	*0,000

*Pearson Chi-Square testine göre gruplar arasındaki fark $p < 0,05$ için anlamlıdır.

3.4.4 Katılımcıların “İklim değişikliği ifadesini duyduunuz mu?” sorusuna verdikleri yanıt ile yargılara verilen yanıtlar ile arasında anlamlı farklılıklar

Ki-kare analiz sonuçlarına göre, katılımcıların daha önce “iklim değişikliği” ifadesini duyduunuz mu? sorusuna verilen yanıtlara göre “İklim değişikliği yeşil alan ilişkisi” başlıklı bölüm altında yer alan bazı yargılar arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır (Çizelge 5). Daha önce “iklim değişikliği” ifadesini duyduunuz mu? sorusuna “*evet*” yanıtı veren katılımcıların bu yargılara katılma oranları yüksek çıkmıştır. “İklim değişikliği” ifadesini daha önce duyan katılımcıların, yeşil alanların iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolüne ve çözüm önerilerine daha fazla katılım gösterdiği görülmüştür. Bu durum, iklim değişikliği konusunda bilgi sahibi olmanın, bu konudaki algıyı ve çözüm önerilerine katılımı artırdığını göstermektedir.

Ki-kare analizleri, eğitim düzeyi, yaş grupları ve gelir düzeyleri ile iklim değişikliği algısı arasında anlamlı ilişkiler olduğunu göstermiştir. Özellikle, daha yüksek eğitim seviyesine sahip, orta yaş grubundaki ve yüksek gelir düzeyine sahip katılımcıların iklim değişikliği konusunda daha yüksek algı düzeyine sahip ve ilgili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3.5 Faktör analizine ilişkin bulgular

3.5.1 İklim değişikliği algısı ölçeğine ilişkin faktör analizi bulguları

Bu bölümde, Faktör analizi ile; iklim değişikliği ile ilişkili olan durumlar ile nedenlerini içeren 13 maddenin daha az sayıdaki faktörle birleştirilerek, benzer olanların gruplandırılmasına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Faktör analizi öncesinde Cronbach’s Alpha iç tutarlılık katsayısı ile değerlendirilmiştir. Cronbach’s Alpha katsayısı olarak elde edilen 0,906 değeri, ölçeğin yüksek düzeyde iç tutarlılığa sahip olduğunu göstermektedir (Çizelge 6). Bu bulgu, ele alınan 13 maddenin tümünün iklim değişikliği algısını tutarlı bir şekilde

ölçtüğünü ve elde edilen verilerin güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 6. İklim değişikliği algısına yönelik güvenilirlik istatistikleri

Cronbach’s Alpha	N
0,906	13

Ölçeğin güvenilirliği değerlendirildikten sonra, veri setinin faktör analizi için uygunluğu Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett küresellik testleri ile incelenmiştir. Bu çalışmada elde edilen 0.912 değeri, veri setinin faktör analizi için oldukça uygun olduğunu göstermektedir. Bartlett küresellik testi ise, veri matrisinin birim matris olup olmadığını ve değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını test eder. Her iki testin sonuçları, veri setinin faktör analizi için uygun olduğunu ve yargılar arasında yeterli ilişki olduğunu desteklemektedir (Çizelge 7).

Çizelge 7. İklim değişikliği algısına yönelik Kaiser-Mayer-Olkin ve Bartlett Testi yeterlilik durumu

Kaiser-Meyer-Olkin Örnek Yeterliliği Testi	0,912
Yaklaşık Ki-kare	2307,171
Bartlett's Testi	df
	78
Anlamlılık	0,000

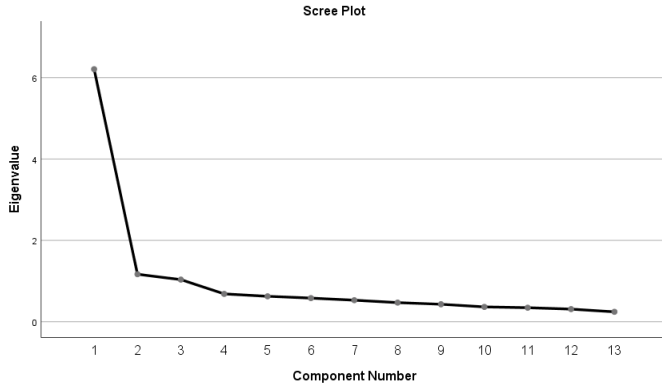
Yapılan faktör analizi sonucunda, veri setinde açıklanabilir varyansın en büyük bölümünü açıklayan üç temel faktör belirlenmiştir. Çizelge 8’te sunulan özdeğerler sırasıyla 6,208, 1,169 ve 1,036 olarak hesaplanmıştır. Bu özdeğerler, ilgili bileşenlerin toplam varyansta açıkladığı bilgi miktarını göstermektedir. Üç bileşenin toplam varyans açıklama oranı %64,715 olarak bulunmuştur. Bu döndürme yönteminde amaç; faktör yapısını basitleştirerek, daha anlamlı yorumlar yapabilmek ve maddeleri doğru faktör altında toplamaktır.

Çizelge 5. Katılımcıların “İklim değişikliği ifadesini duyduunuz mu?” sorusuna verdikleri yanıt ile yargılara verilen yanıtlar ile arasında anlamlı farklılıklar

	Yargılar	x ²	Sd	P
İklim değişikliği etkisini azaltmada yeşil alanlar temelli çözümler	Su yönetim çözümlerini içerecek şekilde kaldırım, yol, refüj, vb.	25,610	1	*0,000
	Alanların bitkilendirilmesi			
	Kuru dere ve akarsuların taşkın yataklarıyla birlikte bitkilendirilmesi	38,305	1	*0,000
	Hobi bahçeleri, millet bahçeleri, kent bostanları vb.	37,851	1	*0,000
	Otoparkların yeşil ve bitkilendirilmiş şekilde tasarlanması	37,552	1	*0,000
İklim değişikliği sürecinde yeşil alanların rolü	Yeşil çatılar, yeşil duvarlar/cepheler, yeşil balkonlar vb. Uygulamalar	28,208	1	*0,000
	Yeşil alanlar, ışıgı yansıtır, ortam sıcaklığını azaltma etkisi gösterir	31,343	1	*0,000
	Yeşil alanlar, fazla suyu tutar ve taşkın, sel gibi afetlerin yıkıcı etkisini azaltma etkisi gösterir	47,757	1	*0,000
	Yeşil alanlar, havayı temizler ve oksijen miktarını artırır, tozu veya havadaki kirli materyalleri tut tutar	47,180	1	*0,000
	Yeşil alanlar, olumsuz rüzgâr hızı etkisini azaltarak ve doğru bir planlamayla istenilen istikamete yöneltme etkisi gösterir	43,994	1	*0,000
	Yeşil alanlar, yaşam kalitesini olumlu yönde etkiler	58,534	1	*0,000

*Pearson Chi-Square testine göre gruplar arasındaki fark p<0,05 için anlamlıdır.

Faktör sayısının belirlenmesinde, Şekil 9'daki Yamaç-birikinti grafiği (scree plot grafiği) ve Çizelge 9'daki temel bileşen analizi sonuçları birlikte değerlendirilmiştir.



Şekil 9. İklim değişikliği algısı ölçeği yamaç-birikinti grafiği

On üç maddeyi içeren tüm yargılar 0,50'nin üzerinde yük değerine sahip olmuştur. Bu durum her bir yargının ölçekte yer almasının anlamlı ve tutarlı olduğunu göstermiştir. Özellikle de 0,600'un üzerindeki yargıların ölçekle güçlü bir ilişkisi olduğu görülmüştür (Çizelge 9).

Faktör analizi sonuçlarına göre, ölçekte yer alan 11 madde üç temel faktöre indirgenmiştir (Çizelge 10). Birinci faktör, faktör yükleri 0.664 ile 0.705 arasında değişen dört maddeyi içermekte olup, "iklim değişikliğinin klimatolojik kaynaklı nedenleri" olarak adlandırılmıştır. İkinci faktör, faktör yükleri 0.725 ile 0.732 arasında değişen üç maddeyi kapsamış ve "iklim değişikliğinin kentsel kaynaklı nedenleri" olarak tanımlanmıştır. Üçüncü faktör ise faktör yükleri 0.630 ile 0.723 arasında değişen altı maddeyi içermekte olup, "iklim değişikliğinin ekolojik temelli nedenleri" başlığı altında toplanmıştır. Tüm maddelerin faktör yüklerinin 0.60'ın üzerinde olması, elde edilen faktör yapısının istatistiksel olarak anlamlı ve geçerli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 8. İklim değişikliği farkındalık ölçeği açıklanan toplam varyans

Faktörler	Başlangıç Öz değerleri			Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı		
	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)
1	6,208	47,754	47,754	6,208	47,754	47,754
2	1,169	8,992	56,746	1,169	8,992	56,746
3	1,036	7,969	64,715	1,036	7,969	64,715
4	0,684	5,261	69,977			
5	0,626	4,813	74,790			
6	0,581	4,473	79,263			
7	0,530	4,076	83,339			
8	0,470	3,616	86,954			
9	0,430	3,309	90,263			
10	0,365	2,811	93,074			
11	0,346	2,658	95,732			
12	0,310	2,387	98,119			
13	0,244	1,881	100,000			

Çizelge 9. İklim değişikliği algısı ölçeği temel bileşen analizi

Yargılar	Dönüşüm	Başlangıç
Ortalama ve/veya günlük sıcaklıkların mevsim değerlerinin üzerinde ya da altında görülmesidir.	0,600	1,000
Yağış miktarının mevsim değerlerinin üzerinde ya da altında görülmesidir.	0,675	1,000
Rüzgâr hızlarının aşırı artış göstermesidir.	0,577	1,000
Mevsimlerin değişen uzunlukları/ mevsimler arası geçişler arasındaki düzensizlikler görülmesidir	0,590	1,000
Orman yangınları	0,564	1,000
Sıcaklık değerlerinin artışı	0,519	1,000
Volkanik patlamalar	0,793	1,000
Dünya ekseninin eğiminde ve yörüngesinin geometrisinde meydana gelen değişimler	0,769	1,000
Fosil yakıtların kullanılması	0,712	1,000
Kentleşme baskısı	0,613	1,000
Yeşil alanların azalması	0,645	1,000
Sanayi, enerji ve ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazlarının artışı	0,744	1,000
Tarımsal üretimden kaynaklanan atık miktarının artışı	0,611	1,000

Çizelge 10. İklim değişikliği algısı ölçeği dönüşümlü bileşen matrisi

Faktörler	Maddeler	Faktör Yükleri
İklim değişikliğinin klimatolojik kaynaklı nedenleri	Mevsimlerin değişen uzunlukları/ mevsimler arası geçişler arasındaki düzensizlikler görülmesidir	0,705
	Yağış miktarının mevsim değerlerinin üzerinde ya da altında görülmesidir.	0,694
	Ortalama ve/veya günlük sıcaklıkların mevsim değerlerinin üzerinde ya da altında görülmesidir.	0,682
	Rüzgâr hızlarının aşırı artış göstermesidir.	0,664
İklim değişikliğinin kentsel kaynaklı nedenleri	Fosil yakıtların kullanılması	0,732
	Kentleşme baskısı	0,730
	Sanayi, enerji ve ulaşım sektöründen kaynaklanan sera gazlarının artışı	0,725
İklim değişikliğinin ekolojik temelli nedenleri	Dünya ekseninin eğiminde ve yörüngesinin geometrisinde meydana gelen değişimler	0,723
	Sıcaklık değerlerinin artışı	0,706
	Orman yangınları	0,679
	Yeşil alanların azalması	0,654
	Volkanik patlamalar	0,650
	Tarımsal üretimden kaynaklanan atık miktarının artışı	0,630

3.5.2 İklim değişikliği – yeşil alan ilişkisi farkındalık ölçeğine ilişkin faktör analizi bulguları

Çalışma kapsamında, anket sorularında yer alan iklim değişikliği-yeşil alan ilişkisi ile ilgili 11 maddeyi içeren yargılara yönelik olarak, faktör analizi öncesinde, Cronbach's Alpha iç tutarlılık katsayısı hesaplanmış ve ilgili değer 0,924 olarak bulunmuştur (Çizelge 11).

Çizelge 11. İklim değişikliği – yeşil alan ilişkisi farkındalık ölçeği güvenilirlik istatistikleri

Cronbach's Alpha	N
0,924	11

Bu sonuç, ölçeğin yüksek düzeyde iç tutarlılığa sahip olduğunu ve faktör analizi için uygun olduğunu göstermektedir. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) katsayısı, 0.923 olarak hesaplanmış olup bu değer, veri yapısının faktör analizine oldukça uygun

olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Bartlett Küresellik Testi sonucu da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 12). Bu bulgular, veri setinin faktör analizi için yeterli düzeyde olduğunu ve elde edilecek faktörlerin güvenilirliğini desteklemektedir.

Çizelge 12. İklim değişikliği – yeşil alan ilişkisi farkındalık ölçeği Kaiser-Mayer-Olkin ve Bartlett Testi yeterlilik durumu

Kaiser-Meyer-Olkin Örnek Yeterliliği Testi		0,923
Bartlett's Testi	Yaklaşık ki-kare	2517,352
	df	55
	Anlamlılık	0,000

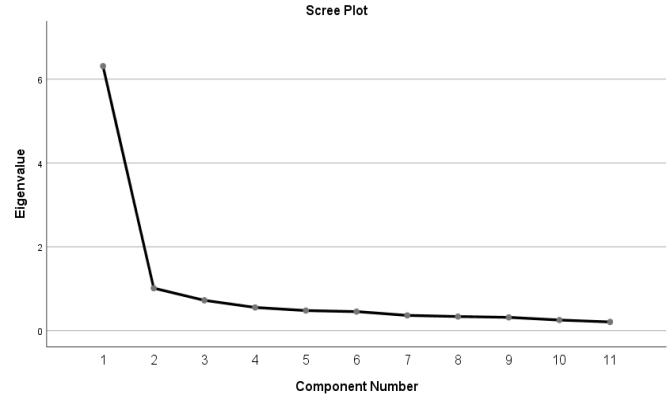
Temel bileşen analizi sonuçlarına göre, veri setinde özdeğeri 1'den büyük iki temel faktör belirlenmiştir. Bu bileşenlerin özdeğerleri sırasıyla 6.311 ve 1.012 olup, toplam varyansın %66.574'ünü açıklamaktadır (Çizelge 13).

Çizelge 13. İklim değişikliği – yeşil alan ilişkisi farkındalık ölçeği açıklanan toplam varyans

Faktörler	Başlangıç Öz değerleri			Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı		
	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)	Toplam	Varyans (%)	Kümülatif (%)
1	6,311	57,373	57,373	6,311	57,373	57,373
2	1,012	9,200	66,574	1,012	9,200	66,574
3	0,722	6,566	73,140			
4	0,552	5,020	78,160			
5	0,477	4,339	82,499			
6	0,453	4,120	86,619			
7	0,362	3,293	89,911			
8	0,335	3,049	92,961			
9	0,316	2,876	95,837			
10	0,252	2,287	98,124			
11	0,206	1,876	100,000			

Faktör sayısının belirlenmesinde, özdeğerler analizi Şekil 9'daki yamaç-birikinti grafiği ve Çizelge 10'da belirtilen temel bileşen analizi sonuçları birlikte kullanılmıştır.

Çizelge 14'e göre, yeşil alanların iklim değişikliğiyle ilişkisine yönelik farkındalık ölçeğinde yer alan tüm maddelerin faktör yükleri 0,50'nin üzerinde çıkmıştır. Bu durum, maddelerin ölçekle anlamlı ve tutarlı olduğunu göstermektedir. En yüksek yükler, yeşil alanların hava kalitesini artırma (0,779), kurum bahçelerinin yeşillendirilmesi (0,730) ve yaşam kalitesine etkisi (0,721) gibi işlevlerde görülmüştür. Buna göre katılımcıların özellikle, iklim değişikliği sürecinde yeşil alanların çevresel katkıları konusunda yüksek farkındalığa sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 19. İklim değişikliği-yeşil alan ilişkisi farkındalık ölçeği yamaç-birikinti grafiği

Çizelge 14. İklim değişikliği – yeşil alan ilişkisi farkındalık ölçeği dönüşümlü bileşen matrisi temel bileşen analizi

Yargılar	Dönüşüm	Başlangıç
Yeşil alanlar, ışığı yansıtır, ortam sıcaklığını azaltma etkisi gösterir.	0,532	1,000
Yeşil alanlar, fazla suyu tutar ve taşkın, sel gibi afetlerin yıkıcı etkisini azaltma etkisi gösterir.	0,663	1,000
Yeşil alanlar, havayı temizler ve oksijen miktarını artırır, tozu veya havadaki kirli materyalleri tutar.	0,779	1,000
Yeşil alanlar, olumsuz rüzgâr hızı etkisini azaltarak ve doğru bir planlamayla istenilen istikamete yöneltme etkisi gösterir.	0,705	1,000
Yeşil alanlar, yaşam kalitesini olumlu yönde etkiler.	0,721	1,000
Su yönetim çözümlerini içerecek şekilde kaldırım, yol, refüj, vb. alanların bitkilendirilmesi	0,561	1,000
Kuru dere ve akarsuların taşkın yataklarıyla birlikte bitkilendirilmesi	0,553	1,000
Hobi bahçeleri, millet bahçeleri, kent bostanları vb.	0,672	1,000
Okul, hastane, üniversite vb. kurum bahçelerinin bitkilendirilmesi	0,730	1,000
Otoparkların yeşil ve bitkilendirilmiş şekilde tasarlanması	0,707	1,000
Yeşil çatılar, yeşil duvarlar/cepheler, yeşil balkonlar vb.	0,700	1,000

Faktör analizi sonucunda, ölçekteki 11 madde, iki temel faktör altında toplanmıştır. İlk faktör, "iklim değişikliği sürecinde alternatif yeşil odaklı çözümler" olarak adlandırılmış olup, bu faktör altında yer alan sekiz maddenin faktör yükleri 0,699 ile 0,836 arasında değişmektedir. İkinci faktör ise "iklim değişikliği sürecinde yeşil alanların ekolojik temelli etkileri" olarak tanımlanmış ve bu faktör altında yer alan üç maddenin faktör yükleri 0,755 ile 0,66 arasında bulunmuştur (Çizelge 15). Bu bulgular, ölçeğin iki boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ve maddelerin ilgili faktörleri yeterli düzeyde temsil ettiğini göstermektedir.

Çizelge 15. İklim değişikliği – yeşil alan ilişkisi farkındalık ölçeği dönüşümlü bileşen matrisi

Faktörler	Maddeler	Faktör Yükleri
İklim değişikliği sürecinde alternatif yeşil odaklı çözümler	Okul, hastane, üniversite vb. kurum bahçelerinin bitkilendirilmesi	0,836
	Yeşil alanlar, yaşam kalitesini olumlu yönde etkiler.	0,802
	Otoparkların yeşil ve bitkilendirilmiş şekilde tasarlanması	0,793
	Hobi bahçeleri, millet bahçeleri, kent bostanları vb. uygulamalar	0,751
	Yeşil çatılar, yeşil duvarlar/cepheler, yeşil balkonlar vb. uygulamalar	0,733
	Kuru dere ve akarsuların taşkın yataklarıyla birlikte bitkilendirilmesi	0,726
	Su yönetim çözümlerini içerecek şekilde kaldırım, yol, refüj, vb. alanların bitkilendirilmesi	0,703
	Yeşil alanlar, ışığı yansıtır, ortam sıcaklığını azaltma etkisi gösterir.	0,699
	Yeşil alanlar, havayı temizler ve oksijen miktarını artırır, tozu veya havadaki kirli materyalleri tutar.	0,766
İklim değişikliği sürecinde yeşil alanların ekolojik temelli etkileri	Yeşil alanlar, olumsuz rüzgâr hızı etkisini azaltarak ve doğru bir planlamayla istenilen istikamete yöneltme etkisi gösterir.	0,756
	Yeşil alanlar, fazla suyu tutar ve taşkın, sel gibi afetlerin yıkıcı etkisini azaltma etkisi gösterir.	0,755

4. Tartışma ve Sonuç

Mevcut çalışma, Tekirdağ İli Ergene İlçesi'nde yaşayan yerel halkın iklim değişikliği-yeşil alan ilişkisi temelinde algı düzeylerinin belirlenerek, farkındalıklarının belirlenmesini amaçlamıştır. Altta yatan araştırma soruları çerçevesinde; kullanıcıların iklim değişikliğini genel olarak nasıl algıladığı; iklim değişikliğiyle ilişkili neden ve sonuçları nasıl algıladığı ve iklim değişikliği sürecinde yeşil alanların etki ve rolünü nasıl algıladıklarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu araştırma sorularıyla ilgili olarak, kullanıcıların çoğunluğunun iklim değişikliğinin varlığını kabul etmesi ve iklim değişikliğinin nedenleri ve sonuçları konusunda bilgi sahibi olduğu ile bu süreçte yeşil alanların olumlu yönden etki ve katkıda bulunduğuna ilişkin görüşe sahip oldukları saptanmıştır.

Katılımcıların iklim değişikliği ve yeşil alanlar bağlamındaki farkındalık düzeyleri, nicel araştırma yöntemleri ile ortaya konulmuştur. Veri analizinde, tanımlayıcı istatistiklerin yanı sıra çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden ki-kare testi ile faktör analizi yöntemleri kullanılmıştır.

Katılımcıların çoğunluğunu kadın, 36-45 yaş aralığındaki lisans mezunu ve 20.000 ₺ ve altı ile 20.001₺-30.000₺ gelir düzeyine sahip bireyler oluşturmuştur. Velimeşe, Ulaş ve Cumhuriyet mahallelerinde ikamet eden bireylerin de katılım oranları yüksek olmuştur.

Katılımcıların büyük bir çoğunluğu "iklim değişikliği" kavramını duymuş olmakla birlikte, bu kavramın tanımlanması ve nedenleri konusunda farklı görüşlere sahiptir. Katılımcılar, iklim değişikliğinin en belirgin göstergesi olarak "ortalama ve/veya günlük sıcaklıkların mevsim değerlerinin üzerinde ya da altında görülmesi" ni belirtmişlerdir. Bu durum, katılımcıların iklim değişikliğini daha çok sıcaklık artışı ile ilişkilendirilmiş olup, ilgili sonuç birçok çalışma ile de benzerlik göstermektedir (Uzun, 2021; Xia et al., 2022; van Baal et al., 2023). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2012); Korkmaz (2018); Ağralan ve Sadioğlu (2021)'nin çalışmalarında da katılımcıların iklim değişikliğini en çok "mevsimlerin değişmesi" ile ilişkilendirdiği ortaya konmuştur. Bu, toplumun iklim değişikliği konusundaki algısının, günlük yaşamdaki somut etkilerle şekillendiğini göstermektedir. İklim değişikliği ile ilgili farkındalık çalışmalarında, somut ve günlük yaşamla ilişkili örneklerin kullanılması, bu konudaki bilincin artırılmasında etkili olabilir.

İklim değişikliğinin nedenleri konusunda katılımcılar, hem doğal (orman yangınları) hem de insan kaynaklı (yeşil alanların azalması, kentleşme) faktörlere dikkat çekmişlerdir. Bu bulgu, iklim değişikliğinin hem doğal süreçlerin hem de insan faaliyetlerinin etkisi altında olduğu yönündeki genel kabulü desteklemektedir. İklim değişikliğinin nedenleri arasında ise en yüksek oranda sıcaklık değerlerindeki artış (doğal kaynaklı) ve yeşil alanların azalması (insan kaynaklı) ile ilişkilendirilmiştir. İlgili durum Lee et al., 2015; Hagen et al., 2016; Hagen et al., 2019'ın çalışmalarını desteklemektedir. Çetin ve Mansuroğlu (2023)'nin araştırmasına göre, katılımcıların büyük bir kısmı iklim değişikliğinin insan faaliyetlerinden kaynaklandığına inanmaktadır. Özellikle hava kirliliği, kentleşme ve sanayileşme gibi sorunların bu değişikliklerde önemli rol oynadığı vurgulanmıştır. Bu durum, iklim değişikliğinin karmaşık bir süreç olduğunu ve hem doğal hem de insan etkilerinin bir araya gelmesiyle ortaya çıktığını göstermektedir.

Katılımcıların, iklim değişikliğinin sonuçları konusundaki algı düzeyleri yüksektir. Yağış düzenindeki değişimler, sıcaklık artışları, kuraklık ve kar örtüsündeki azalma gibi etkilerin yaşam kalitesini olumsuz etkilediği yönündeki görüşler, iklim değişikliğinin yaşam kalitesi üzerindeki etkilerini destekler niteliktedir. Bu sonuç, iklim değişikliğinin sadece çevresel bir sorun olmadığını, aynı zamanda insanların yaşam kalitesini de doğrudan etkilediğini göstermektedir. Yaşam kalitesinin birçok bileşene sahip olduğu düşünüldüğünde de, iklim değişikliğiyle mücadelenin, bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiği önemlidir.

Katılımcılar, yeşil alanların iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynadığı konusunda genel bir kabul içerisindeydir. Yeşil alanların sıcaklıkları düşürme, suyu tutma, havayı temizleme gibi birçok faydası olduğu konusunda hemfikirlerdir. Mathey et al., 2011 ile Reynolds et al., 2020'in çalışmalarında da ilgili duruma atfı yapılmıştır. Ayrıca, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için yeşil alan temelli çözümlerin önemine de dikkat çekmişlerdir.

Veri analizinde, tanımlayıcı istatistiklerin yanı sıra çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden faktör analizi ve ki-kare testi ile derinlemesine analiz edilmiştir. Yapılan ki-kare analizinde, katılımcıların eğitim düzeyi, yaş grubu ve gelir seviyesi gibi sosyo-ekonomik ve demografik özelliklerinin, iklim değişikliği ve yeşil alanlar hakkındaki görüşlerini etkilediğini göstermektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddelenmiştir.

- Eğitim düzeyi yükseldikçe, katılımcılar iklim değişikliğinin insan kaynaklı nedenleri, sonuçları ve yeşil alanların bu süreçteki rolü hakkında daha bilinçli olmaktadır. Bu bulgu, Huda (2013), Altschuler ve Brownlee (2016), Hagen et al. (2016) ve Ataklı (2021)'ün çalışmalarıyla da uyumlu olup, eğitim seviyesinin iklim değişikliği konusunda farkındalık yaratmada önemli bir araç olduğunu desteklemektedir.
- Ki kare analizine göre; iklim değişikliği algısının yaş değişkenine göre değiştiği görülmekte olup, ilgili bulgular iklim değişikliği ile mücadelede stratejilerin geliştirilmesi için önemli bir veri sunmaktadır. Çalışmanın sonuçları, Korkmaz (2018)'in çalışmasını desteklemektedir. Bu durum, farklı çalışmalarda elde edilen sonuçların tutarlılığını göstermekte ve iklim değişikliği konusunda yaşın önemli bir değişken olduğunu desteklemektedir.
- Ki-kare analizi sonucuna göre, iklim değişikliği algısının gelir seviyesi ile ilişkili olması, Huda (2013)'nın çalışmasıyla benzerlik göstermektedir.
- Yapılan Ki-kare analizi ile özellikle, iklim değişikliği hakkında daha önce bilgi sahibi olan katılımcıların, yeşil alanların önemini daha iyi anladıkları ve yeşil alana dayalı çözümleri destekledikleri görülmektedir. Bu bulgu, iklim değişikliği farkındalığının, yeşil alan algısı üzerindeki önemli etkisini göstermektedir. Bu bulgu bireylerin, iklim değişikliği hakkında ne kadar bilgiye sahip oldukları, yeşil alanlara yönelik tutumlarını ve dolayısıyla iklim dostu davranışlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu durum birçok çalışma ile de desteklenmiştir (Van der Linden, 2015;

Altschuler and Brownlee, 2016; Hagen et al., 2016). Bu nedenle, iklim değişikliği konusunda kamuoyunu bilgilendirmeye yönelik çalışmaların sürdürülmesi ve genişletilmesi gerekmektedir.

- İklim değişikliği algısına yönelik yapılan faktör analizi sonucunda, ölçek yüksek iç tutarlılık göstermiştir (Cronbach's Alpha = 0,906). KMO değeri 0,912 ve Bartlett testi anlamlı bulunarak analiz için uygunluk sağlanmıştır. Özdeğerleri 1'den büyük olan 3 faktör ve bu faktörlerin altında yer alan 13 değişkenle tanımlanmıştır. Üç faktörlü yapı, toplam varyansın %64,72'sini açıklamaktadır. Bu faktörler; iklim değişikliğinin klimatolojik, kentsel ve ekolojik temelli nedenleri şeklinde adlandırılmıştır. Tüm maddeler 0,60'ın üzerinde faktör yüküne sahip olması da ölçek yapısının anlamlı ve güvenilir olduğunu göstermiştir.
- İklim değişikliği-yeşil alan ilişkisine yönelik yapılan faktör analizi sonucunda ölçek iki faktörden oluşmuştur. Ölçek yüksek iç tutarlılık göstermiştir (Cronbach's Alpha = 0,924). KMO değeri 0,923 ve Bartlett testi anlamlı bulunarak analiz için uygunluk sağlanmıştır. İki faktör toplam varyansın %66,57'sini açıklamaktadır. Bu faktörler, "İklim değişikliği sürecinde alternatif yeşil odaklı çözümler" (8 madde, faktör yükleri: 0,699–0,836), ve "İklim değişikliği sürecinde yeşil alanların ekolojik temelli etkileri" (3 madde, faktör yükleri: 0,755–0,766) şeklinde tanımlanmıştır.

Bu çalışma, Tekirdağ İli Ergene İlçesi'nde yaşayan bireylerin iklim değişikliği ve yeşil alanlar konusunda genel olarak farkındalık sahibi olduğunu göstermektedir. Katılımcılar, iklim değişikliğinin ciddi bir sorun olduğu ve bu sorunun çözümü için yeşil alanların önemini vurgulamaktadırlar. Özellikle de çalışma kapsamında elde edilen bulgular; yeşil alan temelinde kapsamlı ve bütüncül iklim politikaları oluşturmaları, kentsel yeşil alanların korunması ve artırılması gibi doğa temelli çözümlerin teşvik edilmesi, iklim değişikliği ile mücadelede farkındalığı artırmaya yönelik projelerin desteklenmesi süreçlerini önemli ölçüde desteklemektedir. Böylelikle bu çalışma bulguları, sürdürülebilir kentsel planlama ve iklim değişikliğiyle mücadele stratejilerinin geliştirilmesinde etkili olabilme potansiyeline sahip olabilir. Bu anlamda, akademik düzeyde gerçekleştirilecek bu tür araştırmaların yaygınlaştırılması, disiplinler arası bir bakış açısıyla konunun derinlemesine ele alınması önemli olacaktır.

Not: Bu çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Tasarım Anabilim Dalında yürütülen Yüksek Lisans tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Aboagye, P.D ve Sharifi, A. 2024. Pathways for future climate action planning in urban Ghana. *Habitat International*, 153, 103186.
- Ağıralan, E., Sadioğlu, U., 2021. İklim değişikliği farkındalığı ve toplum bilinci. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2), 627-654.

- Albayrak, A.N., Atasayan, Ö., 2017. Yerel düzeyde iklim değişikliği farkındalığı analizi / Gebze örneği. *TUBAV Bilim*, 10(4), 1-10.
- Alkan, Ç., 2023. Tekirdağ İl'inde Sağlık Yöneticilerinin İklim Değişikliğinin Sağlığa Etkisi Hakkındaki Farkındalık ve Endişe Düzeylerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Altschuler, B., Brownlee, M., 2016. Perceptions of climate change on the island of providencia. *Local Environmental Journal of Justice and Sustainability*. 12(5), 615-635.
- Anonim, 2023. On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028). T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara, 241s.
- Ataklı, G., 2021. Küresel iklim değişikliğine yönelik kamuoyu farkındalığı: Tokat İli örneği. *Yüksek Lisans Tezi. Kapadokya Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü*.
- Athokpam, V., Chamroy, T., Ngairangbam, H., 2024. The Role of urban green spaces in mitigating climate change: an integrative review of ecological, social, and health benefits. *Environmental Reports; an International Journal*. 6(1), 10-14.
- Baasch, S., Bauriedl, S., Hafner, S., Weidlich, S. 2013. Klimaanpassung auf regionaler Ebene: Herausforderungen einer regionalen Klimawandel-Governance. *Raumforschung und Raumordnung*, 70, 191–201.
- Bain, P.G., Homsey, M.J., Bongiorno, R., Jeffries, C., 2012. Promoting pro-environmental action in climate change deniers. *Nature Climate Change*, 2(8), 600-603.
- Bohdanowicz, Z., 2021. Different countries, common support for climate change mitigation: the case of Germany and Poland. *Climate*, 9(27), 2-18.
- Bowler, DE., Buyung-Al, LM., Knight, TM., Pullin, AS. 2010. A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments. *BMC Public Health*, 10, 456. <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/10/456>.
- Brink, E., Aalders, T., Ádám, D., Feller, R., Henselek, Y., Hoffmann, A., Ibe, K., Matthey-Doret, A., Meyer, M., Negrut, N.L., Rau, A., Riewerts, B., von Schuckmann, L., Törnros, S., von Wehrden, H., Abson, D.J., Wamsler, C. 2016. Cascades of green: A review of ecosystem based adaptation in urban areas. *Glob. Environ. Chang.*, 36, 111–123.
- Brosch, T., 2021 Affect and emotions as drivers of climate change perception and action: a review. *Curr Opin Behav Sci*, 42, 15–21.
- Büyüköztürk, Ş. 2002. Faktör analizi: temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32(32), 470 – 483.
- Carlton, S., Jacobson, S., 2013. Climate change and coastal environmental risk perception in Florida. *Journal of Environmental Management*, 130, 32-39.
- Chiabai, A., Quiroga, S., Martinez-Juarez, P., Higgins, S., M, Taylor, T., 2018. The nexus between climate change, ecosystem services and human health: Towards a conceptual framework. *Science of The Total Environment*, 635(1), 1191-1204.
- Çalışır, E., 2022., İlkokul öğrencilerinin küresel iklim değişikliği farkındalığının analizi. (Yüksek Lisans Tezi).

- Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çetin, N., Mansuroğlu, S. 2023. İklim Değişikliği Konusunda Halkın Farkındalığının Ölçülmesi ve Adaptasyon Kapsamında Yeşil Altyapı Uygulamaları. *Peyzaj- Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 5(2), 77-94.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı., 2012. İklim Değişikliğinin Farkında mıyız? <http://www.iklim.gov.tr>
- Çokluk, O., Şekercioglu, G., Büyüköztürk, S., 2014. Sosyal bilimler için çok değişkenli istatistik: SPSS ve LISREL uygulamaları. Pegem Akademi.
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhavé, A. G., Mittal, N., Feliu, E., Faehnle, M., 2014. Mitigating and adapting to climate change: Multifunctional and multi-scale assessment of green urban infrastructure, *J. Environ. Manage.*, 146, 107–115.
- Djedjig, R., Bozonnet, E., Belarbi, R. 2015. Experimental study of the urban microclimate mitigation potential of green roofs and green walls in street canyons. *Int. J. Low-Carbon Technol.*, 10(1), 34-44.
- Ergene Kaymakamlığı, 2024. Ergene ilçesi coğrafi yapısı. <http://www.ergene.gov.tr/>.
- Escobedo, F.J., Kroeger, T., Wagner, J.E., 2011. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environ. Pollut.*, 159, 2078–2087.
- European Union, 2019. Special Eurobarometer 490 — Climate Change. Bruxelles, Belgium. <https://www.buildup.eu/en/practices/publications/special-eurobarometer-490-climate-change>.
- Fors, H., Molin, J.F., Murphy, M.A., den Bosch, C.K., 2015. User participation in urban green spaces – For the people or the parks *Urban Forestry and Urban Greening*, 14(3), 722-734.
- Foster, J., Lowe, A., Winkelman, S., 2011. The Value of Green Infrastructures for Urban Climate Adaptation. Center for Clean Air Policy: Washington, USA.
- Gómez-Baggethun, E. and Barton, D.N., 2013. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecol. Econ.*, 86, 235–245.
- Göl, C., Tanrıvermiş, Ç., 2024. Fen, Sağlık ve Sosyal Bilimler üniversite öğrencilerinin iklim değişikliği hakkında bilgi ve farkındalık düzeylerinin belirlenmesi: Çankırı Karatekin Üniversitesi örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 157-162.
- Graça, M., Cruz, S., Monteiro, A., Neset T.S., 2022. Designing urban green spaces for climate adaptation: A critical review of research outputs. *Urban Climate*, 42, 101126.
- Güngör, M., Bulut, Y., 2008. Ki-kare testi üzerine. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 84-89.
- Hagen, B., Middel, A., Pijawka, D., 2016. European climate change perceptions: Public support for mitigation and adaptation policies. *Environ. Policy Gov.*, 26, 170–183.
- Hagen, P.D., Marlon, JR., Mildenerberger, M., Shield, B S., 2019. How will climate change shape climate opinion? *Environ. Res. Lett.* 14, 113001.
- Hedlund-de Witt, A., 2012. Exploring worldviews and their relationships to sustainable lifestyles: Towards a new conceptual and methodological approach. *Ecol. Econ.*, 84, 74–83.
- Henden Şolt, B., 2022. Fenerbahçe mahallesi halkının iklim değişikliğinin kentsel etkilerine dair farkındalıkları. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 7, 129-142.
- Hornsey, MJ., Harris, EA., Fielding, K S., 2018. Relationships among conspiratorial beliefs, conservatism and climate scepticism across nations. *Nat Clim Chang*, 8, 614–620.
- Howe, P.D., 2021. Extreme weather experience and climate change opinion. *Curr Opin Behav Sci*, 42, 127–131.
- Höppner, C., Whitmarsh, L., 2010. Public engagement in climate action: policy and public expectations. In: Whitmarsh, L., O'Neill, S., Lorenzoni, I (Eds.), *Engaging the Public with Climate Change: Behaviour Change and Communication*. London: Earthscan.
- Huda, M.N., 2013. Understanding indigenous people's perception on climate change and climatic hazards: A case study of Chakma indigenous communities in Rangamati Sadar Upazila of Rangamati District, Bangladesh. *Natural Hazards*, 65(3), 2147-2159.
- Hunt, A., Watkiss, P. 2011. Climate change impacts and adaptation in cities: A review of the literature. *Clim. Chang.* 104, 13–49.
- İklimhaber, 2024. Türkiye'de İklim Değişikliği Algısı 2024. Konda Araştırma ve Danışmanlık, <https://www.iklimhaber.org/wp-content/uploads/2025/01/Konda-Iklim-Degilikligi-Algisi-rapor-2024.pdf>
- İlhan, M., Çetin, B., 2014. LISREL ve AMOS programları kullanılarak gerçekleştirilen yapısal eşitlik modeli (YEM) analizlerine ilişkin sonuçların karşılaştırılması. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 5, 26-42.
- Korkmaz, M., 2018. Public awareness and perceptions of climate change: Differences in concern about climate change in the West Mediterranean Region of Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4), 4039- 4050.
- Kubat, A., Ayaşlıgil, T., 2004. Doğa bilimlerinde ki-kare bağımsızlık testi ve tek yönlü varyans analiz testi uygulamasında SPSS programı kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52(1), 155-167.
- Lee, T M., Markowitz, E M., Howe, P.D., Ko, CY., Leiserowitz, A A., 2015. Predictors of public climate change awareness and risk perception around the World. *Nat Clim Chang*. 5, 1014–1020.
- Long, J., Rice, J.L. 2018. From sustainable urbanism to climate urbanism. *Urban Studies*, 56(5), 992–1008.
- Lujala, P., Lein, H., Rød, J.K., 2015. Climate change, natural hazards, and risk perception: The role of proximity and personal experience. *Local Environment*, 20(4), 489-509.
- Malka, A., Krosnick, J.A., Langer, G., 2009. The association of knowledge with concern about global warming: Trusted information sources shape public thinking. *Risk Anal.*, 29, 633–647.
- Mathey, J., Rößler, S., Lehmann, I., Bräuer, A., 2011. Urban green spaces: potentials and constraints for urban adaptation to climate change. In: Otto-Zimmermann K (Eds). *Resilient Cities Cities and Adaptation to Climate Change- Proceedings of the Global Forum 2010*. Springer Nature, Germany, 479-485.
- Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Mumba, M., Liu, J., Rivington, M. 2013. Climate change and ecosystem-based

- adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. *Curr. Opin. Environ. Sust.*, 5(1), 67-71.
- Ogunbode, CA., Demski, C., Capstick, SB., Sposato, RG., 2019. Attribution matters: Revisiting the link between extreme weather experience and climate change mitigation responses. *Glob. Environ. Change*, 54, 31-39.
- Peng, LLHV. and Jim, CY., 2015. Seasonal and diurnal thermal performance of a subtropical extensive greenroof: The impacts of background weather parameters. *Sustainability*, 7, 11098-11113.
- Pidgeon, N., Fischhoff, B., 2011. The role of social and decision sciences in communicating uncertain climate risks. *Nat Clim Change*, 1, 35-41.
- Pietsch, J., McAllister, I., 2010. A diabolical challenge: public opinion and climate change policy in Australia. *Environ Polit*, 19, 217-236.
- Reynolds, H.L., Brandt, L., Fischer, B.C., Hardiman, B.S., Moxley, D.J., Sandweiss, E., Speer, J.H., Fei, S., 2020. Implications of climate change for managing urban green infrastructure: An Indiana, US case study. *Clim. Chang*, 163, 1967-1984.
- Sánchez, F.G., Solecki, W.D., Batalla, C.R., 2018. Climate change adaptation in Europe and the United States: A comparative approach to urban green spaces in Bilbao and New York City. *Land Use Policy*, 79, 164-173.
- Selek, M., 2023. Türkiye Cumhuriyeti Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi dönem 6 öğrencilerinde küresel iklim değişikliği farkındalığı ve ilişkili faktörler. Tıpta Uzmanlık Tezi. Tıp Fakültesi.
- Semenza, J.C., Hall, DE., Wilson, DJ., Bontempo, BD., Sailor, DJ., George, LA., 2008. Public perception of climate change voluntary mitigation and barriers to behavior change. *Behavioral and Public Communication*. 35(5), 479-487.
- Tapsuwan, S., Rongrongmuang, W., 2015. Climate change perceptions in the dive tourism industry in koh tao island, Thailand. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 11, 58-63.
- Toprak, İ., 2022. Ortaokul öğrencilerinin küresel iklim değişikliği algıları. Yüksek Lisans Tezi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- TUIK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, 2022 yılı nüfus verileri. <https://www.tuik.gov.tr/>.
- TUIK, 2023. İstatistiklerle Gençlik. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=İstatistiklerle-Gençlik-2022-49670>.
- Uçar, Ö., Çelik, S., Dursun, N., Çakıroğlu, E., Türk, H., Keskin, S., Idriss, LA., 2024. Üniversite öğrencilerinin iklim değişikliğine yönelik anksiyete düzeyleri ile güneşten korunma davranışları arasındaki ilişki. *BÜSAD*, 5(1), 183 - 196.
- Ulpiani, G., Treville, A., Bertoldi, P., Vettors, N., Barbosa, P., Feyen, L., Naumann, G., Santamouris, M., 2024. Are cities taking action against urban overheating? Insights from over 7,500 local climate actions. *One Earth*, 7(5), 848-866.
- UNDRR, CRED, 2020. The human cost of disasters: an overview of the last 20 years 2000-2019. Geneva, UNDRR.
- Uzun, S., 2021. Üniversite öğrencilerinin iklim değişikliği konusunda farkındalıklarının belirlenmesi: Düzce Üniversitesi ilgili grupları örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 161-175.
- Ünal, E., 2023. Öğretmen adaylarının yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik okuryazarlıkları ve küresel iklim değişikliği farkındalıklarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- van Baal, K., Stiel, S., Schulte, P., 2023. Public perceptions of climate change and health—a cross-sectional survey study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20, 1464.
- Van der Linden, S.V., 2015. The socio-psychological determinants of climate change risk perceptions: towards a comprehensive model. *Journal of Environmental Psychology*, 41, 112-124.
- Werfel, SH., 2017. Household behaviour crowds out support for climate change policy when sufficient progress is perceived. *Nat Clim Chang*. 7, 512-515.
- Whitford, V., Ennos, AR., Handley, J.F., 2001. City form and natural process—indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*. 57(2), 91-103.
- Wilby, R., Perry, W., 2006. Climate change, biodiversity and the urban environment: A critical review based on London, UK. *Progress in Physical Geography*, 30 (1), 73-98.
- Xia, Z., Ye, J., Zhou, Y., Howe, P.D., Xu, M., Tan, X., Tian, X., Zhang, C., 2022. A meta-analysis of the relationship between climate change experience and climate change perception. *Environ. Res. Commun.* 4, 105005.
- Yang, J., Gounaridis, D., Liu, M., Bi, J., Newell, JP., 2021. Perceptions of climate change in China: open-ended surveys in six cities. *Earth's Future*, 9, e2021EF002144.
- Yıldız, S., 2017. Sosyal bilimlerde örnekleme sorunu: nicel ve nitel paradigmalardan örnekleme kuramına bütüncül bir bakış. *The Journal of Kesit Academy*, 3, 11, 421-442.
- Yılmaz, V., Ay, P., Güleç, C., 2021. Üniversite öğrencilerinin küresel iklim değişikliğine yönelik görüşlerinin araştırılması: bir yapısal eşitlik model önerisi. *İzmir İktisat Dergisi*, 6(1), 1 - 12.
- Zhao, L., Oleson, K., Bou-Zeid, E., Krayenhoff, E.S., Bray, A., Zhu, Q., Zheng, Z., Chen, C., Oppenheimer, M., 2021. Global multi-model projections of local urban climates. *Nature Climate Change*, 11, 152-157.
- Zhao, X., Li, F., Yan, Y., Zhang, Q., 2022. Biodiversity in urban green space: a bibliometric review on the current research field and its prospects. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19(19), 12544.



Determination of social perception of the role of forest fire break roads and fire lanes in fire prevention

Çiğdem Özer Genç ^{1*}, Kadir Can Demirci ²

¹Kastamonu University, Faculty of Forestry, Department of Forest Construction and Transportation, Kastamonu, Türkiye

²Kastamonu University, Faculty of Forestry, Kastamonu, Türkiye

ARTICLE INFO

Received: 10/04/2025

Accepted : 03/06/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1673462>

*Corresponding author:

cozer@kastamonu.edu.tr

ABSTRACT

Research Article

Background and Aims As in many countries, forest fires are one of the leading factors that jeopardize the sustainable management of forests in our country. To prevent forest fires, firebreak roads and fire lanes have been established to contain fires early and limit their spread. Therefore, establishing forest fire break roads and fire lanes to protect forests from fire is important in protective, preventive, and fire extinguishing works.

Methods This study explores public awareness of the role of firebreak roads and fire lanes in forest fire prevention. It investigates knowledge levels regarding their effectiveness in combating wildfires. The research aligns with the responsibilities in Article 170 of the Constitution, promoting state-public cooperation in forest protection. The study was conducted in the Kastamonu central district and rural neighborhoods of the central district. A literature review was conducted, and survey questions were developed. The number of people to be surveyed was statistically determined as 97 at a 95% confidence level and 10% margin of error using sample size determination methods. The participants' knowledge level about forest roads, forest fire break roads and fire lanes. Their perceptions about the prevention of forest fires by these facilities were determined.

Results As a result of the study, it is revealed that people's knowledge about forest fires breaking roads and fire lanes needs to be increased, and awareness should be raised.

Conclusions It is essential to know about forest fires, break roads, and fire lanes to act safely, quickly, and effectively in preventing and fighting forest fires.

Key Words: Forest fires, forest fire break roads and lanes, social awareness

Orman yangın emniyet yolları ve şeritlerinin yangın önlemedeki rolüne dair toplumsal algının belirlenmesi

ÖZ

Giriş ve Hedefler Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de ormanların sürdürülebilir yönetim anlayışını tehlikeye atan etkenlerin başında orman yangınları gelmektedir. Orman yangınlarının çıkmasına engel olmak için alınan birçok tedbirlerle beraber, çıkan bir yangının saha olarak küçük kalmasını sağlamak ve yanan sahalara erken müdahalede bulunmak amacıyla yangın emniyet yolları ve şeritleri geliştirilmiştir. Dolayısı ile ormanların yangından korunmasında; koruyucu, önleyici ve yangınların söndürülmesi çalışmalarında yangın emniyet yol ve şeritlerinin tesis edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Yöntemler Bu çalışmada yangın emniyet yol ve şeritlerinin orman yangınlarını önlemede ve mücadelesinde sağladığı faydaların toplum açısından farkındalığının ve bilgi düzeylerinin araştırılması amaçlanmıştır. Anayasanın 170. Maddesinde öngörülen “Ormanların ve bütünlüğünün korunması bakımından ormanların gözetilmesi ve işletilmesinde devlet ve halkın iş birliğini sağlayıcı tedbirlerinin alınması” görevlerine de hizmet edilecektir. Çalışma Kastamonu Merkez İlçesi ve Merkez İlçeye Bağlı Kırsal Mahallerde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında literatür taraması yapılmış, ardından anket soruları geliştirilmiştir. Anket uygulanacak kişi sayısı istatistiksel olarak örnek büyüklüğünü belirleme yöntemleri kullanılarak %95 güven düzeyinde ve %10 hata payı ile 97 kişi olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda katılımcıların orman yolları yangın emniyet yolları ve şeritleri hakkındaki bilgi düzeyleri ve bu tesislerin orman yangınlarını önlemesi hakkındaki algıları belirlenmiştir.

Bulgular Yapılan çalışma sonucunda insanların orman yangın emniyet yolları ve şeritleri hakkında bilgi düzeylerinin yetersiz olduğu ve bilinçlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Sonuç Orman yangınlarının önlenmesi ve mücadelesinde orman yangınlarında güvenli, hızlı ve etkili bir şekilde hareket etmek için orman yangını emniyet yolları ve şeritleri hakkında bilgili olmaları oldukça önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Orman yangınları, yangın emniyet yol ve şeritleri, toplumsal farkındalık

Citing this article:

Özer Genç, Ç., Demirci, K.C., 2025. Determination of social perception of the role of forest fire break roads and fire lanes in fire prevention. Anatolian Journal of Forest Research, 11(1), 153-161.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Introduction

Forests are ecosystems that contain the world's necessary underground and above-ground resources, such as water, soil, energy, biodiversity, and wildlife. Forests are recognized as one of the most important natural resources worldwide due to their multifaceted economic and ecological benefits. However, despite all these benefits, forests are being destroyed excessively worldwide, and their existence is decreasing daily (Korkmaz, 2002). Forests cover vast areas worldwide and, in our country, providing habitat for diverse species and valuable ecological services. Their protection is crucial due to factors like the limited regrowth potential of destroyed forests. Additionally, the steep and rugged topography increases vulnerability to degradation. Urbanization, industrialization, and population growth further intensify the need for forest conservation (Bingöl, 2017).

In the last hundred years, rapid population growth and consumer demands have significantly increased the pressure on forests, a renewable natural resource. The pressure on forest resources results in clear-cutting and legal regulations that narrow forest boundaries. It also leads to an excessive demand for wood materials and non-compliant logging practices. Additionally, forest fires are a significant consequence of this pressure (Ertuğrul, 2005). Forest fires seriously destroy forests, jeopardize the sustainability of forest resources, and cause significant biological and ecological damage to plant geography (Bilici, 2009).

Since more than half of the forests in our country are spread in fire-sensitive areas, forest fires cause severe damage to forest areas and jeopardize the sustainability of forests (Bilici, 2009). As a result of fire, the value of the wood biomass of trees decreases. In addition, the soil and humus layer of the burnt areas deteriorates, the vegetation cover is damaged and threatens the sustainability of forests (Sağlam et al., 2005; Jalaludin et al., 2020; Certini et al., 2021). At the same time, forest fires cause soil erosion, acceleration of surface runoff, destruction of water resources, air pollution, and loss of recreational value. The negative impacts of forest fires should be considered not only environmentally, but also socially and economically (Tariq et al., 2021). In forests damaged by wildfires, the planned production of forest products is not realized, resulting in significant monetary losses. In addition, if forest fires spread to residential areas and affect those areas, loss of life and property also occurs (Akay et al., 2011).

The cause of 44% of forest fires in Turkey in the last ten years is unknown. It has been determined that approximately 90% of the leading causes of forest fires whose cause can be determined are human induced (Elvan et al., 2021). Therefore, the most important way to prevent forest fires from occurring is to increase social awareness (Oduncu, 2018).

Although there has been a decrease in the amount of burnt forest area in Turkey since 1937 (except for the period 2012-2021), it is seen that the number of fires has been increasing continuously since the 1970s. While the average annual number of fires was 580 between 1962-1971, this amount reached 2,165 in the 1990s and 2,715 between 2012-2021. This number decreased to 2,579 between 2021-2023 (Figure 1; Anonim, 2022a; Atmış et al., 2023; Anonim, 2023). These data show that despite technological advances and increased efforts in firefighting, the increasing trend in the number of forest fires

continues, and the effectiveness of fire management policies should be questioned.

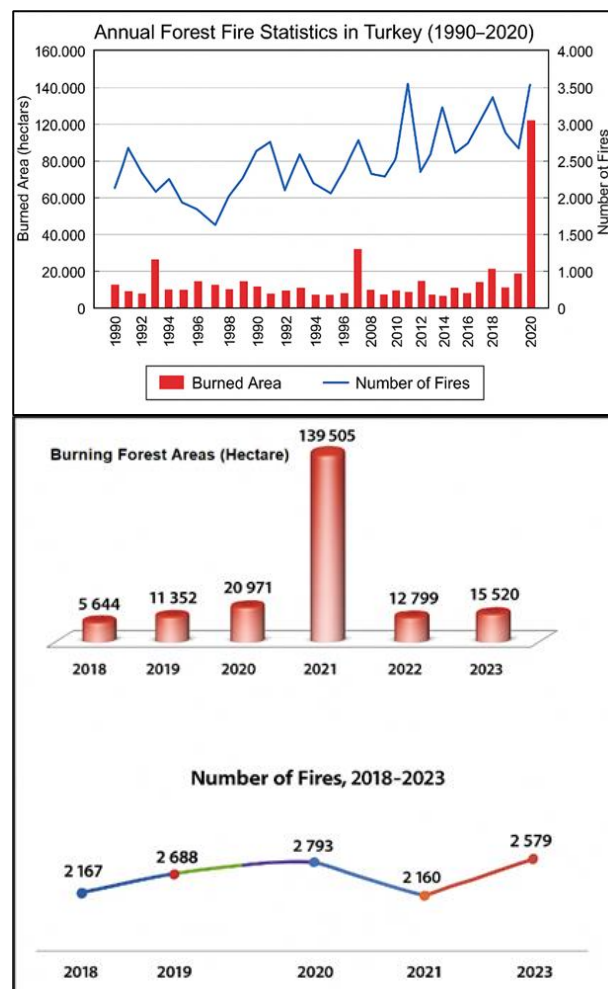


Figure 1. Forest fires and the amount of burnt area in Turkey in 1990-2021 and 2018-2023 (Anonim, 2023)

Considering the increase in forest fires, the fight against forest fires is considered to be very important for Turkey. Identifying potential fire ignition points is crucial. Efficiently distributing resources to affected areas is essential. Optimizing conditions for fire suppression is a key firefighting strategy (Emiroğlu and Koçyiğit, 2014; Ergün, 2023). Thus, early detection of forest fires and rapid first response will be very effective in preventing and responding to forest fires (Ateşoğlu et al., 2016; Akay et al., 2020). At this stage, some physical measures come to the fore. Forest fire break roads and fire lanes are important in firefighting (Hasdemir et al., 2009; Gralewicz et al., 2012; Stefanović et al., 2016). Forest fire break roads and fire lanes to prevent the spread of covered or naked fire by utilizing natural and artificial obstacles before the fire break out. Due to their cost and maintenance difficulties, they are mostly constructed in forest areas with high fire hazards. They are built to establish a defense line in firefighting. They serve as a starting point for the backfire application. They also act as a mechanical fire barrier and provide transportation access (Stefanović et al., 2016; Mostafa et al., 2024). In short, they are used to prevent the spread of fire, reduce intervention costs, and minimize damage (Küçükosmanoğlu, 1987; Hasdemir and Küçükosmanoğlu,

1991; Enez, 2002; Beguš and Pertlik, 2017; Akay et al., 2020). However, forest fire roads and lanes (fire safety roads and lanes), although very effective structures in firefighting, can also create some negative ecological effects. These effects can affect the integrity and functioning of forest ecosystems both in the short term and in the long term. For example, Alternative methods (e.g. green fire lanes, use of natural barriers, keeping lanes to a minimum width) may help reduce these impacts (Demir et al., 2009). As of the end of 2020, a total of 5,295 km of forest fires have broken roads and fire lanes have been built in Turkey, and it is estimated to increase by 2023 (Anonim, 2021).

Forest fires, a major threat to forestry management, can abruptly alter forest structure and management based on their functions. Therefore, despite the importance of forest fires, people do not have complete knowledge about the practices and facilities for firefighting and prevention (Güngöroğlu, 2013; Kuklina et al., 2020). The Eighth Five-Year Development Plan prioritizes the construction of firebreak roads, the deployment of equipped fire teams, and the use of land vehicles, helicopters, and aircraft. It also emphasizes training to raise awareness among villagers and those living near forests for fire prevention (Anonim, 2000). However, in the Eighth Development Plan, forest fires were not considered under disasters, and other disaster management was included (Anonim, 2000). Ensuring the sustainability of forests is directly proportional to the awareness of the benefits of these facilities. It is thought that increasing people's knowledge about these facilities will create positive pressure on planners and decision-makers in institutions related to the protection of forests. Scientific studies indicate that forest fire break roads and fire lanes are very important in preventing and fighting forest fires. This study highlights that forest roads and fire lanes significantly influence wildfire activity and control tactics. They serve as fuelbreaks and firebreaks, aiding in safer and more effective wildfire management (Cui et al., 2019; Carta et al., 2023; Hongsheng and Weizhao, 2025). One of the applications frequently used in firefighting and frequently defined in terms of informing the public about forest fires is the application of backfire. "Backfire" is a fire that is started by experienced personnel in a planned manner in the opposite direction of the wind towards the fire that is advancing on lines such as fire safety roads, streams and access roads in order to eliminate the flammable load along the line of the fire. This method is a method used especially in large fires and in cases where residential areas and facilities are at risk, to extinguish and control the fire by eliminating the flammable load in the path of the fire. Roads also help fire management by facilitating fire observation and prevention operations, supporting access to and exits from fire areas, providing safer places for the terrestrial extinguishing organization to intervene in the fire, and enabling conscious fire operations such as backfire or controlled burning with indirect tactics. (Thompson et al., 2021) In order for these applications to be carried out quickly and correctly, it is necessary for technical staff and other personnel to be trained, experienced and have sufficient equipment (Bilgili et al., 2021). However, it is necessary to raise awareness of the importance of forest fire break roads and fire lanes among people who directly and indirectly benefit from the products and services provided by

forests and to increase their awareness about the importance of forest fire break roads and fire lanes. In this context, this study aims to determine society's level of knowledge about forest fires, break roads and fire lanes, which play an important role in preventing and combating forest fires and increase public interest in the subject. Thus, by increasing the level of knowledge of society about forest fire break roads and fire lanes, it will be possible to use these facilities effectively with proper planning and management.

2. Material and Methods

Kastamonu central district and rural neighborhoods of the central district were selected as the study area (Figure 2). Kastamonu province is located in the western part of the Black Sea region of Turkey. The total Kastamonu central district population is 152.011. The framework of the research was created as follows H1: The hypothesis of the research is that the knowledge and perception levels of the people of Kastamonu Central district about forest fire safety roads and lanes vary according to demographic structure and H0: The knowledge and perception levels of the people of Kastamonu Central district about forest fire safety roads and lanes do not differ according to demographic structure.

The study's data were obtained through surveys prepared to determine the purpose of the study. Apart from this, some secondary data sources were also utilized. The questions aim to determine the demographic structure of the participants and their level of knowledge about forest fires and forest fire break roads and fire lanes. The survey application was carried out as a face-to-face interview method. The face-to-face survey method is accepted as a method that provides a very high response rate and speed in answering, and also allows observation (Ayyıldız and Toksoy, 2002).

The population of the research area is 152.011 people, according to 2023. The sample size for the survey was found by using the formula $n = (Z^2 \times N \times P \times Q) / [(N \times E^2) + Z^2 \times P \times Q]$ (Kurtuluş, 1982; Orhunbilge, 1997; Yavuz, 2007) In the formula; n; Number of people to be surveyed, Z; Confidence coefficient (95%→1.96%) N; Main mass subject to sampling (376377) P; Probability of presence of the characteristic to be measured in the main mass, Q; 1-P E; Accepted sampling error (0.1). To calculate the maximum number of surveys, the Q value was taken as 0.5. Accordingly, the sample size was determined to be 97 people. In the research, the villages in the central district of Kastamonu were considered rural areas. In this context, 39 surveys were conducted in the city center, and 58 surveys were conducted in rural areas by proportioning the number of surveys to the Kastamonu central district and rural neighborhoods of the central district population.

It was determined that the data obtained from the survey did not show a normal distribution. In this case, to determine the differences between the groups, Chi-Square, which is a non-parametric test, correlation in cases of relationships with each other, and Likert Scale, which is a perception scale, were analyzed. During the survey application phase, a preliminary interview was conducted with the participants, and necessary explanations were made in general.

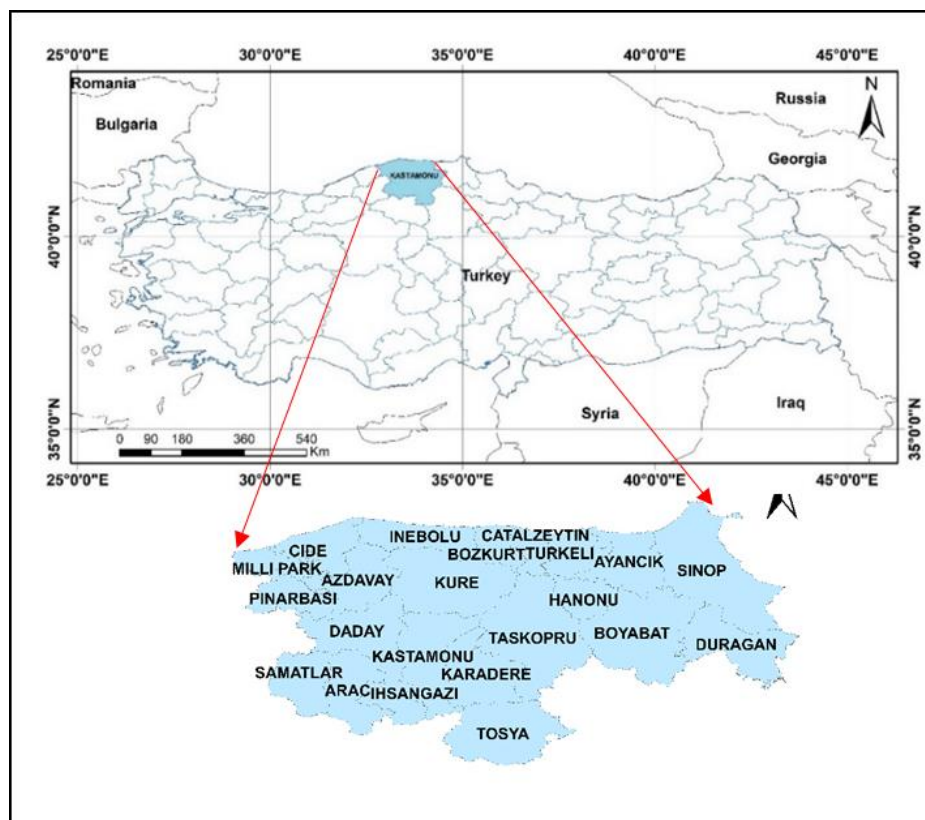


Figure 2. Geographical location of Kastamonu Province

Table 1. Some information on the individuals participating in the survey

Gender		Age groups					Education				
Female	Male	18-24	25-34	35-44	45-64	65 over	Literate	Primary school	Middle school	High school	University
44	53	10	18	10	42	17	3	36	14	12	32

3. Results and Discussion

3.1 Economic, sociological and demographic characteristics of the participants in the study

To determine the level of knowledge of society about forest fire break roads and fire lanes, which play an important role in preventing and fighting forest fires, 45% of the participants were female, and 55% were male. When the age ranges were analyzed, 10 people (10%) between the ages of 18-24, 18 people (19%) between the ages of 25-34, 10 people (10%) between the ages of 35-44, 42 people (43%) between the ages of 45-64, and 17 people (18%) over 65 participated in the study. Regarding educational status, it was determined that 3 people (3%) were literate, 36 people (37%) were in primary school, 14 people (14%) were in secondary school, 12 people (12%) were in high school, and 32 people (33%) were university level.

The study assessed societal awareness and knowledge of forest fire break roads and lanes in forest fire prevention. A chi-square test was used to analyze differences between the Kastamonu central district and the rural neighborhoods of the central district. As a result of the analysis, it was determined that

there was generally no significant difference between individuals participating from Kastamonu central district and rural neighborhoods of the central district. But just “What are the Causes of Forest Fires?” In the question, it was determined that there was a statistically significant difference between the Kastamonu central district and the rural neighborhoods of the central district ($p < 0.05$, bold colored part in p column). As a result of the analysis conducted in the Kastamonu central district, 84.6% of participants stated that the cause of fires was temperature, while 100% of participants living in the rural neighborhoods of the central district stated that it was people-caused (Table 2).

3.2 Evaluations on public perceptions regarding forest fire break roads and fire lanes

The findings of the study on awareness and knowledge of firebreak roads and lanes in forest fire prevention among Kastamonu central district and rural neighborhoods of the central district residents are presented below. First, this section gives perceptions and opinions about forest fire break roads and fire lanes (Table 3).

Table 2. The relationship between the place where the survey (Kastamonu central district and rural neighborhoods of the central district) was conducted and other variables

Survey question	Place where the survey was conducted (Kastamonu central district and rural neighborhoods of the central district)	P
What are the causes of forest fires?	Kastamonu central district -Temperature	0.004
	Kastamonu central district - People	0.032
	Kastamonu central district	Terror 0.871
	Rural neighborhoods of the central district	
Do you have information about forest fire break roads and fire lanes?	Kastamonu central district	0.579
	Rural neighborhoods of the central district	
Are forest fire break roads and fire lanes installed in places with high fire risk?	Kastamonu central district	0.354
	Rural neighborhoods of the central district	
Can a different application be made instead of building forest fire break roads and fire lanes?	Kastamonu central district	0.683
	Rural neighborhoods of the central district	
Are forest fire break roads and fire lanes harmful to forests and nature?	Kastamonu central district	0.263
	Rural neighborhoods of the central district	

Table 3. Perceptions and opinions on forest fire break roads and fire lanes by profession groups

Profession groups	Do you have information about forest fire break roads and fire lanes?				Are the maintenance and standards of forest fire break roads and fire lanes? Important?		Are forest fire break roads and fire lanes successful in firefighting?		Are forest fire break roads and fire lanes installed in places with high fire risk?			
	Yes		No		Yes		Yes		Yes		No	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Farmer	2	18,2	9	81,8	11	100	11	100	11	100	0	0
Trade	0	0	3	100	3	100	3	100	3	100	0	0
Forest worker	2	50	2	50	3	75	4	100	3	75	1	25
Retired	0	0	12	100	10	83.3	12	100	10	83.3	2	16.2
Officer	0	0	15	100	14	93.3	15	100	14	93.3	1	6.7
Student	3	42.9	4	57.1	7	100	7	100	7	100	0	0
Housewife	4	11.8	30	88.2	34	100	34	100	34	100	0	0
Other	4	36.4	7	63.6	10	90.9	11	100	10	90.9	1	9.1
Total	15	15.5	82	84.5	97	100	97	100	92	94.8	5	5.2

Table 3 shows that 84.5% of participants lacked knowledge of firebreak roads and lanes, while 15.5% were informed according to occupational groups. However, it was determined that there was no statistically significant difference between occupations. It is seen that 50% of the forest laborer occupational group has and needs more information. Interviews revealed that forest workers involved in the creation of firebreak roads and lanes are knowledgeable on the subject. However, forest workers not employed in this field do not know the subject. Based on this table, people need information about forest fires, breaking roads, and fire lanes. In the study conducted by Kuklina et al. (2022) and Emiroğlu and Bayır (2022), it is stated that people have insufficient knowledge about the importance and effects of forest fire break roads and fire lanes, and the issue is not sufficiently kept on the agenda. The results obtained agree with the study of Bilgili et al. (2021) and support the results of this study.

All participants answered 'important' to the question 'Are Maintenance and Standards of Forest fire Break Roads and Fire Lanes Important?' (Table 3). "Notably, a difference emerged in responses after participants were informed about firebreak roads and lanes during the survey. "There were different approaches as to why it is important. The two most frequently mentioned approaches were that the road would become forested without maintenance and that the road would deteriorate due to reasons such as animals or natural disasters (72%). Participants also

stated that if the forest fire break roads and fire lanes, which are used to slow down the fire speed, are inadequate, the fire can quickly spread across. In the study conducted by Demirtaş and Çiçek (2011), which had similar findings, the majority of the public recognized the importance and effectiveness of forest fire break roads and fire lanes. However, some participants stated that the maintenance of forest fire break roads and fire lanes is inadequate and should be checked regularly. Laschi et al. (2019) stated in their study that the construction and maintenance features that should be taken into consideration in order to ensure the continuity of an effective forest road network and fire roads against fires are extremely important. Also, they expressed that a not well-maintained forest road is not an efficient forest road, and it represents a useless economic and environmental cost.

As shown in Table 3, all participants responded 'successful' to the question, 'Are Forest fire break roads and fire lanes successful in protecting forests from fire?'. Although no statistically significant difference was found between different professional groups in their responses, this uniform agreement indicates a general understanding and acknowledgment of the effectiveness of these infrastructures. This outcome suggests that informational and awareness-raising efforts regarding forest fire prevention have been effective, as participants from various occupational backgrounds recognize the critical role of firebreak roads and lanes in forest protection.

94.8% of the individuals participating in the study think that forest fire break roads, and fire lanes should be planned where the risk of fire is high. The rate of those who disagree with this is 5.2%. Due to cost, maintenance challenges, and ecological impact, it is more feasible to prioritize areas with high fire potential for firebreak roads and lanes. Those who answered 'no' argue that forest fire break roads and fire lanes, adversely affecting the forest ecosystem by causing fragmentation. The participants also pointed out that no forest fire break roads and fire lanes in areas with high fire risk, but they are difficult to access due to their topographical structure.

3.3 Social responsibilities and awareness

Questions were also asked to determine the participants' level of knowledge about forest fires. The distribution of the answers to the question about the causes of forest fires is given in Table 4.

Table 4. What are the causes of forest fires?

Causes of forest fires	N	Percent (%)
Temperature	66	39.5
People	94	56.3
Terror	7	4.2
Total	167	100

As seen in Table 4, in the question 'What is the reason for the outbreak of forest fires?', among the answers of temperature, human, and terrorism, human (56%) is the most prominent answer, followed by temperature (39%). As can be understood from this, the participants think that humans are the most influential factor in forest fires. For this reason, it should be ensured that the effects of people causing fires should be reduced by focusing on education and awareness activities on the human factor, which is seen as the most important cause of forest fires. In this way, it can be ensured that people know the actions and sanctions for causing forest fires specified in the forest law numbered 6831 against factors such as not leaving garbage in forests, disposing of flammable wastes correctly, and making controlled fires. Özden et al. (2012) examined the causes of forest fires in Antalya Forestry Regional Directorate. As a result, as in the country as a whole, 44.6% of the causes of forest fires in Antalya Forestry Regional Directorate are negligence, carelessness and accidents, 34.2% are intentional. That is, they stated that the vast majority of them are human induced. When the reasons that push people to burn forests are examined, rural poverty, high land yield in some regions, need for new land for agricultural activities, need for land for tourism facilities and extensions, carelessness, imprudence, hostility, and human behavioral patterns are seen. Moreover, these areas can be designed as education and behavior change areas that will raise people's awareness about forests in general and forest fires in particular and can be offered to the public (Coşgun et al., 2023).

Table 5. What are the causes of forest fires by profession groups?

Professional groups	Participants' answers		
	People	Temperature	Terror
Farmer	11	3	0
Trade	3	2	0
Forest worker	4	4	0
Retired	11	4	2
Officer	14	13	0
Student	6	4	1
Housewife	34	26	2
Other	11	10	2
Total	94	66	7

The factors considered by the participants as the causes of forest fire break roads are given in Table 5. According to this table, the high number of housewives among the occupational groups is because they are women. In this context, women are thought to be more aware of climate change and human-caused fires than men.

The relationship between occupational groups in the selection of human and temperature factors as the cause of forest fires was determined by Chi-square analysis (Table 6).

Table 6. The relationship between professional groups in the selection of people and temperature as the cause of forest fires (Chi-square Analysis)

Within Professional Group	People		Temperature				Total	
			Yes		No			
	N	%	N	%	N	%	N	%
Farmer	11	11.7	3	4.5	8	25.8	11	11.7
Trade	3	3.2	2	3	1	3.2	3	3.2
Forest worker	4	4.3	4	6.1	0	0	4	4.3
Retired	12	11.7	4	6.1	8	25.8	12	11.7
Officer	15	14.9	13	19.7	2	6.5	15	14.9
Student	7	6.4	4	6.1	3	9.7	7	6.4
Housewife	34	36.2	26	39.4	8	25.8	34	36.2
Other	11	11.7	10	15.2	1	3.2	11	11.7
Total	97	100	66	100	31	100	97	100

Table 6 shows that the fact that the participants think that the cause of forest fires is human induced is unrelated to their profession. Only 3% of the participants did not specify the human factor as the cause of forest fires. While 32 participants stated it was related to temperature, 68% did not mention temperature. There is a statistically significant difference between the occupational groups and thinking that temperature is influential among the causes of forest fires. As shown in the table, the majority of homemakers attribute forest fires to temperature, likely due to their greater sensitivity to climate change, given their dependence on nature for their livelihood. In addition, Arora-Jonsson (2011) conducted a study titled 'Women, Gender, and Discourses on Climate Change. Global Environmental Change' by Arora-Jonsson, S. (2011) states that women are more vulnerable to the effects of climate change and therefore have more awareness. Participants were asked about the feasibility of a different application instead of building forest fire break roads and fire lanes in combating and preventing forest fires (Table 7).

Table 7. According to occupation, are any methods applied in fighting and preventing forest fires?

Professional group	Can a different application be made instead of building forest fire break roads and fire lines?				Total	
	No		Yes		N	%
	N	%	N	%		
Farmer	10	90.9	1	9.1	11	100
Trade	3	100	0	0	3	100
Forest worker	3	75	1	25	4	100
Retired	12	100	0	0	12	100
Officer	15	100	0	0	15	100
Student	5	71.4	2	28.6	7	100
Housewife	33	97.1	1	2.9	34	100
Other	8	72.7	3	27.3	11	100
Total	89	91.8	8	8.2	97	100

According to Table 7, 91.8% of the participants stated that only forest fire break roads and fire lanes could be used to fight forest fires, while 8.2% stated that other methods could be used. Analysis of occupational groups reveals a statistically significant difference in views on firebreak roads and lanes as a sole method for combating forest fires ($p < 0.05$). As seen in the table, students and those in other occupational groups have information about forest fire break roads and fire lanes. This is due to students and other occupational groups being more active on social media and having closer ties to the social environment, allowing them to access more information on current issues (Cesur and Bulut, 2023; Öner and Koruklu, 2020). Participants reported that individuals in other occupational groups are informed about firebreak roads and lanes due to their voluntary involvement in firefighting in recent years. For this reason, it is thought that they learned while helping fire-extinguishing efforts (their awareness increased).

Table 8. Are forest fire break roads and fire lanes harmful to forests and nature

Survey question	Likert scale mean
Forest fire break roads and fire lanes fragment the habitat of animals.	3.63 ± 4
Forest fire break roads and fire lanes spoil the visual landscape/scenic beauty.	3.97 ± 4
Forest fire break roads and fire lanes transform forests into a fragmented structure.	3.97 ± 4
Forest fire break roads and fire lanes, reducing the durability of forests and causing damage to wind, tornadoes, etc., making them more vulnerable to disasters.	3.79 ± 4

The participants were asked whether forest fire break roads and fire lanes damage forests and nature, and, if so, what these damages might be (Table 8). According to the 5-point Likert scale analysis result, it was evaluated as 1: I disagree, 2: I partially disagree, 3: I am undecided, 4: I partially agree, 5: I agree. The participants partially accepted that forest fire break roads and fire lanes harm nature (3.84 ± 4). However, they also stated that forest fire break roads and fire lanes should be built in areas with high fire risk. As it can be understood from here, people are aware that the effects of forest fires on roads and fire lanes on nature, so they have adopted the idea that they should not be built in every area.

4. Conclusion and Recommendations

As a result of the study, the H0 hypothesis was accepted as correct. The public's knowledge of forest fire break roads and fire lanes could be more robust. The participants stated that they need more knowledge about what these facilities are, how they function, and their effectiveness in terms of fire prevention. However, they also underlined that raising awareness of the participants would lead to practical results in the correct planning of forest fire break roads and fire lanes.

On the other hand, the study also shows that society knows that forest fire break roads and fire lanes can harm nature when built in the wrong places. Participants stated that no wrong constructions should damage the forest ecosystem, destroy natural habitats, or negatively impact biodiversity. Considering these results, forest fire break roads and fire lanes can be helpful with proper planning and site selection. For this reason, various measures should be taken to protect the natural environment and minimize negative impacts while constructing such roads. In this way, the protection of natural areas can be ensured along with adequate fire safety measures.

This study has shown that increasing society's knowledge level is important. Training programs, campaigns, and informative materials can be organized to inform the public, raise awareness, and explain the functions of forest fire break roads and fire lanes. The General Directorate of Forestry should also include the subject of these issues in the training or seminar programs. In addition, a meticulous planning and management process is required to ensure that these structures do not damage nature. Authorities must ensure that forest fire break roads and fire lanes are designed harmoniously with natural areas and are effectively maintained.

References

- Akay, A. E., Erdoğan, A. Taş, İ., 2020. Assessment of firefighting teams by using GIS-based network analysis method: A case of Yayla Forest in Turkey. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 424-435.
- Akay, A.O., Akgul, M., Demir, M., Acar, H.H., 2020. Analysis of factors associated with the amount of forest road reconstruction activity in Turkey: Autoregressive Distributed Lag Modelling. *Approach. Ecol. Manag.*, 458, 117800.
- Anonim, 2000. Prime Ministry State Planning Organization, Eighth Five-Year Development Plan (2001-2005), p 139-142, Ankara (In Turkish).
- Anonim, 2022a. Forest fire fighting activities 2021 evaluation report, General Directorate of Forestry.
- Anonim, 2021. Forest Fire Fighting Department Publication. General Directorate of Forestry, 141 S. Ankara.
- Anonim, 2023. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>. General Directorate of Forestry (In Turkish).
- Ateşoğlu, A., Melemez, K., Uğur, B., 2016. Determination of intervention rate with water truck in areas sensitive to forest fire (Bartın Forest Management example). *Artvin Çoruh University Forestry Faculty Journal*, 16(2), 132-143 (In Turkish).
- Atmış, E., Tolunay, D., Erdönmez, C., 2020. Forest fires. PART I-II Numerical Analysis of Forest Fires (In Turkish).

- Arango, E., Nogal, M., Sousa, H. S., Matos, J. C., Stewart, M. G., 2024. Improving societal resilience through a GIS-based approach to manage road transport networks under wildfire hazards. *Transportation Engineering*, 15, 100219.
- Beguş, J. Pertlik, E., 2017. Guide for planning, construction and maintenance of forest roads; food and agriculture 587 organization of the United Nations: Rome, Italy, 2017; pp. 304–311. Available online: <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/tools/tool-detail/en/c/1255267>.
- Bilgili, E., Küçük, Ö., Sağlam, B., Coşkun K.A., 2021. Mega Forest Fires: Causes, Organization and Management. "Forest Fires" Book, Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU (Ed.), TÜBA Bilim ve Düşün Serisi No: 33, Ankara, 1–23 (In Turkish).
- Bilici, E., 2009. Research on the integration, planning and implementation of forest fire safety roads and lanes and forest road networks (Gelibolu National Park Example). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 59(2), 85-101 (In Turkish).
- Bingöl B., 2017. Determination of Forest Fire Risk Areas in Burdur Province Using Geographic Information Systems. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(2), 69-182 (In Turkish).
- Carta, F., Zidda, C., Putzu, M., Loru, D., Anedda, M., Giusto, D., 2023. Advancements in forest fire prevention: A comprehensive survey. *Sensors*, 23(14), 6635 (In Turkish).
- Cesur, İ., Bulut, A., 2023. An examination of the Supreme Court decisions on the crime of burning forests. *Forestry Research Journal*, 10(1), 90-104 (In Turkish).
- Coşgun U., Erdönmez C., Günşen H. B., 2023. Evaluation of the socio-economic causes of forest fires. *Forest Fires Book*, Turkish Foresters Association, Ankara 2023.
- Cui, X., Alam, M. A., Perry, G. L., Paterson, A. M., Wyse, S. V., Curran, T. J., 2019. Green firebreaks as a management tool for wildfires: Lessons from China. *Journal of environmental management*, 233, 329-336.
- Demir, M., Kucukosmanoglu, A., Hasdemir, M., Acar, H., Ozturk, T., 2009. Assessment of forest roads and firebreaks in Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8(18), 4553-4561.
- Elvan, O. D., Birben, Ü., Özkan, U. Y., Yıldırım, H. T., Türker, Y. Ö., 2021. Forest fire and law: an analysis of Turkish forest fire legislation based on Food and Agriculture Organization criteria. *Fire Ecology*, 17, 1-15.
- Enez, K., 2002. Planning of fire safety roads and fire protection strips in the forests of Karadere Forest Management Directorate, Akkaya Forest Management Chiefdom. Master's thesis, Institute of Science (In Turkish).
- Emiroğlu Bayır, A., Koçyiğit, N., 2022. Risk management policies from 2014 to the present and evaluation of the reflections of the forest fires in July and August 2021 on social media in terms of risk management (In Turkish).
- Ergün, O. F., 2023. Forest fires and volunteering in turkey. *Journal of Emergency Aid and Disaster Science*, 3(1), 7-14 (In Turkish).
- Gralewicz, N.J., Nelson, T.A., Wulder, M.A., 2012. Spatial and temporal patterns of wildfire ignitions in Canada from 1980 to 2006. *Int. J. Wildland Fire*, 21, 230–242.
- Hasdemir, M., Küçükosmanoğlu, A., 1991. Location of fire safety roads and lanes in forest road networks. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 41(3-4), 83-92 (In Turkish).
- Hongsheng, X. U., Weizhao, H. U., 2025. Slope effect on pine needle fire spread suppression in firebreaks. *Journal of Tsinghua University (Science and Technology)*, 65(4), 672-680.
- Korkmaz, M., 2002. An Evaluation on Forest Areas and Forest Ecology. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, (003), 99-106 (In Turkish).
- Kuklina, V., Petrov, A.N., Krasnoshtanova, N., Bogdanov, V., 2020. Mobilizing benefit-sharing through transportation infrastructure: informal roads, extractive industries and benefit-sharing in the Irkutsk oil and gas region, Russia. *Resources*, 9(21), 1-19.
- Kuklina, V., Sizov, O., Bogdanov, V., Krasnoshtanova, N., Morozova, A., Petrov, A. N., 2022. Combining community observations and remote sensing to examine the effects of roads on wildfires in the East Siberian boreal forest. *Arctic Science*, 9(2), 393-407.
- Küçükosmanoğlu, A., 1987. Forest fires in Turkey with statistics. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 37(3), 103-106 (In Turkish).
- Maike, K., 2023. Taming wildfires in the context of climate change: adapting policies and practices to extreme wildfires: a cross-country review OECD Publishing, Paris.
- Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M. A., Moreno, J. M., Pereira, J. M., Catry, X.F., Armesto, J., Bond, W., González, M.E., Curt, T., Koutsias, N., McCaw, L., Price, O., Pausas, J.G., Rigolot, E., Stephens, S., Tavsanoğlu, C., Vallejo, V.R., Wilgen, B.W.V., Xanthopoulos, G., Fernandes, P. M., 2020. Wildfire management in Mediterranean-type regions: paradigm change needed. *Environmental Research Letters*, 15(1), 011001.
- Mostafa, M., Elia, M., Giannico, V., Laforteza, R., Sanesi, G., 2024. Assessing forest road network suitability in relation to the spatial occurrence of wildfires in mediterranean forest ecosystems. *Fire*, 7(6), 175.
- Müller, M. M., Vilà-Vilardell, L., Vacik, H., 2020. Towards an integrated forest fire danger assessment system for the European Alps. *Ecological Informatics*, 60, 101151.
- Laschi, A., Foderi, C., Fabiano, F., Neri, F., Cambi, M., Mariotti, B., Marchi, E., 2019. Forest road planning, construction and maintenance to improve forest fire fighting: a review. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 40(1), 207-219.
- Oduncu, O., 2018. Şehir ölçeğinde Yangın master planının hazırlanması: Sakarya örneği, Master's thesis, Sakarya Üniversitesi, Turkey (In Turkish).
- Öner, H., Koruklu, N., 2020. Toplumda çevre bilinci oluşturulabilir mi? Bir grup üniversite öğrencisinin görüşleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 94-110 (In Turkish).
- Özden, S., Kılıç, H., Ünal, H.S., Üstüner, B., 2012. Orman Yangını İnsan İlişkisi. *Türkiye Ormancılar Derneği*, Ankara.
- Salis, M., Laconi, M., Ager, A. A., Alcasena, F. J., Arca, B., Lozano, O., Oliveria, A.F., Spano, D., 2016. Evaluating alternative fuel treatment strategies to reduce wildfire losses in a Mediterranean area. *Forest Ecology and Management*, 368, 207-221.

- Schoennagel, T., Balch, J. K., Brenkert-Smith, H., Dennison, P. E., Harvey, B. J., Krawchuk, M. A., Mietkiewicz, N., Morgan P., Moritz, M.A., Rasker, R., Turner, M.G., Whitlock, C., 2017. Adapt to more wildfire in western North American forests as climate changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(18), 4582-4590.
- Stefanović, B., Stojnić, D., Danilović, M., 2016. Multi-criteria forest road network planning in fire-prone environment: a case study in Serbia. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(5), 911-926.
- Thompson, M. P., Gannon, B. M., Caggiano, M. D., 2021. Forest roads and operational wildfire response planning. *Forests*, 12(2), 110.
- Tolunay, D., 2021. Precautions that can be taken against the increasing fire risk due to climate change. 2nd Forest Fires Workshop, Muğla, Türkiye, 28 Ağustos 2021, ss.74-83 (In Turkish).
- Yavuz, H., 2007. Statistics in Scientific Research. Ministry of Environment and Forestry In-Service Training Program Notes, Antalya, 85s (In Turkish).



Göknar ve karaçam tahtalarının TS 1265 standardına göre görsel mukavemet sınıflandırması

Fatih Kurul ¹

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 34473, Bahçeköy, İstanbul

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 14/04/2025

Kabul Tarihi: 14/06/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1675730>

*Corresponding author:

fatihkurul@iuc.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve hedefler Bu çalışmada; yerli türlerimizden olan Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *Bornmuelleriana*) ve Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) kerestelerinden üretilmiş yapısal tahtaların TS 1265 standardına göre görsel mukavemet sınıflarını belirlemek ve benzer çalışmalar için altlık oluşturmak hedeflenmiştir.

Yöntemler Öncelikle göknar ve karaçam yapısal tahtalar (toplam 356 adet) TS 1265 (2012) standartlarına göre görsel sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Sonrasında TS EN 408 (2014) standardına göre 4-noktalı eğilme test düzeneğinde global elastikiyet modülü ve eğilme direnci

testleri yapılmıştır. Testlerden sonra her numuneden kusursuz parçalar kesilerek yoğunluk ve rutubet miktarları belirlenmiş ve TS EN 384 (2022) standardına göre gerekli tahvil işlemleri yapılmıştır. Sonrasında her iki tür için tüm görsel sınıflara karşılık gelen mukavemet sınıfları belirlenmiştir. **Bulgular** Geniş yüzeye paralel testlerde budak çapı oranı arttıkça yani sınıf kötüleştikçe ahşabın mekanik özelliklerinde ve mukavemet sınıflarında önemli azalmalar görüldükçe, yıllık halkaların yüzeye çıkış açısının istatistiksel olarak mekanik özellikleri etkilemediği saptanmıştır. Her bir görsel sınıf için karaçamda, göknara göre daha yüksek mekanik özellikler tespit edilmiştir.

Sonuçlar Sonuç olarak, görsel mukavemet sınıflandırması için, göknar ve karaçamdan elde edilen 1.sınıf, 2.sınıf ve 3.sınıf yapısal tahtalar sırasıyla C27-C20-C14 ve C35-C22-C16 mukavemet sınıflarına atanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre TS 1265 (2012) standardının yapısal tahtaların görsel mukavemet sınıflandırması için uygun olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Göknar, karaçam, TS 1265, görsel mukavemet sınıflandırması

Visual strength grading of fir and black pine boards according to TS 1265 standard

ABSTRACT

Background and aims In this study, it was aimed to determine the visual strength grades for structural boards produced from our native species, Uludağ fir (*Abies nordmanniana* subsp. *Bornmuelleriana*) and Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*), according to the TS 1265 standard and to create a basis for similar studies.

Methods The first, fir and black pine structural boards (356 pieces) were graded visually according to TS 1265 (2012) standards. Then, global modulus of elasticity and bending strength tests were performed in a 4-point bending test setup according to the TS EN 408 (2014) standard. After the tests, clear pieces were cut from each sample, and density and moisture content were determined. The necessary adjustment processes were carried out according to the TS EN 384 (2022) standard in light of the obtained data. Then, the strength classes corresponding to all visual grades were determined for both species.

Results In edgewise tests, as the knot diameter ratio increases (i.e., as the class deteriorates), significant decreases are observed in the mechanical properties and strength classes of the wood, while it was determined that the angle between the flat surface of the samples and the annual ring does not affect the mechanical properties statistically. It was determined that black pine has higher mechanical properties than fir in all visual classes.

Conclusions As a result, for visual strength grading, Class 1, Class 2, and Class 3 structural boards obtained from fir and black pine were assigned to C27-C20-C14 and C35-C22-C16 strength classes, respectively. According to the results, the TS 1265 (2012) standard is suitable for the visual strength grading of structural boards.

Key Words: Fir, black pine, TS 1265, visual strength grading

Bu makaleye atıf:

Kurul, F., 2025. Göknar ve karaçam tahtalarının TS 1265 standardına göre görsel mukavemet sınıflandırması. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 162-167.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ahşap, insanoğlunun ilk çağlardan beri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tercih ettiği malzemelerin başında gelmektedir. Son yıllarda, endüstriyel alanlardaki gelişmelere ahşap endüstrisi de ayak uydurmuştur. Bunun sonucunda ahşap hammaddesine olan talepte önemli bir artış meydana gelmiştir. Talepleri karşılama ve ihtiyaçlara cevap verebilmek için hammaddenin verimli kullanılması gerekmektedir. Bu da doğru alanda doğru malzeme seçimi ile mümkün olmaktadır. Ahşap malzemenin fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini bilmek ahşabın diğer malzemelerle karşılaştırılmasına olanak sağlamakta, işleme ve kullanım özellikleri hakkında bilgi sahibi olmayı sağlamaktadır (Kurul ve As, 2024).

Hayatın her alanında kullanılabilen ahşap, insanların mekanlar yaratmaya başlamasından bu yana bir yapı malzemesi olarak da kullanılmıştır. Düşük yoğunluğuna rağmen yüksek mukavemet özellikleri, yenilenebilir olması, iyi ısı yalıtımı sağlaması, çevreci, estetik ve geri dönüştürülebilir gibi özellikleri, ahşabı yapısal kullanım açısından öne çıkarmaktadır (Kurul, 2023). Ancak doğal bir malzeme olan ahşap, anizotropik bir yapıya sahiptir (Ridley-Ellis ve ark., 2016). Çeşitli kusurlar içermesi nedeniyle, aynı tür içinde bile varyasyona sahip olabilir. Bu nedenle, yapısal uygulamalarda kullanılacak masif kerestelerin (kolon-kiriş-azman) veya laminasyon için kullanılacak lamellerin (tahta, kalas, lata) mukavemet dayanımı bilinmesi gerekmektedir (Kurul ve As, 2024; Kurul ve ark., 2024, Ridley-Ellis ve ark., 2016; Burawska ve ark., 2020). Günümüzde yapısal mukavemet sınıflandırması iki şekilde yapılmaktadır. Bunlar görsel ve makine mukavemet sınıflandırmalarıdır. Görsel mukavemet sınıflandırması en eski ve popüler yöntemlerin başında gelmektedir. Ahşap malzemelerin doğal olarak ya da sonradan oluşmuş; budak, lif kıvrıklığı, yıllık halka genişliği, öz, çürüklük, renklenme, sulama ve çatlaklar gibi ahşabın mukavemetini ya da kullanımını etkileyen kusurlarını insan ya da makine yardımıyla karakterize edilmesine dayanmaktadır. (Stapel ve Kuilen, 2014; Arriaga ve ark., 2022; Kurul ve As, 2024; Kurul ve ark., 2024).

Ülkeler görsel mukavemet sınıflandırması için ulusal standartlar geliştirerek kendi yapısal sınıflandırma sistemlerini oluşturmuştur. Türkiye'de iğne yapraklı ağaç türlerinin yapısal sınıflandırılması için TS 1265 (2012), Almanya'da DIN 4074-1 (2021), İngiltere'de BS 4978:2007+A2:2017 (2017) ve İtalya'da UNI 11035-1 (2022) gibi standartlar kullanılmaktadır. TS 1265 (2012) standardında üç farklı görsel sınıf (1.Sınıf, 2.Sınıf ve 3.Sınıf), iki farklı sınıflandırma kuralı (kadron-kiriş-azman ve tahta-lata-kalas) ve korunmuş- korunmamış olarak tanımlanmıştır. Ülkelerin kendilerine ait farklı sınıflandırma kurallarının olması, ağaç türü sayısının ve yetişme bölgesinin fazla olması gibi nedenlerden dolayı bir çatı standarda ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle görsel mukavemet sınıflandırması için TS EN 14081-1 (2019) standardı geliştirilmiştir. Tüm ulusal standartların buradaki asgari koşulları karşılaması zorunludur (Ridley-Ellis ve ark., 2016). Yapısal ahşap üç temel özelliğe göre mukavemet sınıflarına ayrılmaktadır. Bunlar; mukavemet (eğilme veya çekme direnci), elastikiyet modülü (eğilme ya da çekmede elastikiyet modülü) ve yoğunluktur. Bu özellikler TS EN 408 (2014) standardındaki fiziksel ve mekanik test prosedürlerine göre belirlenmektedir. Bu testlerin sonucunda görsel sınıflar TS EN 338 (2016) standardında belirtilen

mukavemet sınıflarına atanmaktadır. Ülkelerin kendi sınıflandırma kurallarına göre elde ettikleri sonuçlar TS EN 1912 (2024) standardına işlenerek farklı pazarlar arasında yapısal kereste alışverişini sağlamaya yardımcı olmaktadır. (Stapel ve Kuilen, 2014; Ridley-Ellis ve ark., 2016; Kurul ve As, 2024).

Göknaş ve karaçam, ülkemiz için ekonomik ve ekolojik açıdan önemli ağaç türlerinin başında gelmektedir. Türkiye ormanlık alanının yaklaşık %24,7'sini bu iki tür oluşturmaktadır (OGM, 2020). Her iki tür hem ülkemiz hem de Avrupa'da yapısal kullanım için yüksek potansiyele sahip hammaddeler olarak kabul edilmektedir (Kurul ve ark., 2024). Özellikle son yıllarda, yaşanan depremler nedeniyle ülkemizde ahşap binaların inşası ivme kazanmıştır. Bu yapılarda kullanılacak hammaddelerin yapısal olarak sınıflandırılmış olması ve yapısal tasarımlarının ilgili yönetmelik ve standartlara göre kontrol edilmesi büyük önem arz etmektedir. Avrupa'da yetişen göknaş ve karaçam yapısal keresteleri üzerinde görsel ve makine mukavemet sınıflandırması çalışmaları Garcia ve ark. (2007), Nocetti ve ark. (2010), Moreno (2018) ve Arriaga ve ark. (2022) tarafından yapılarak kendi ülkelerine ait görsel sınıflandırma standartlarına karşılık gelen mukavemet sınıflarını ortaya koymuşlardır. Avrupa'nın aksine yerli türlerimiz için yapısal görsel mukavemet sınıflandırması hakkında sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Kurul ve As (2024), Kurul ve ark. (2024) ve Görgün ve Dündar (2018) yaptıkları çalışmalarda yerli göknaş, karaçam, sarıçam ve kızılçamdan elde edilmiş yapısal tahta veya kirişlerin mekanik özellikleri ile TS 1265 standardına göre elde edilen görsel sınıflar arasındaki ilişkileri incelemiştir. Yapılan bu çalışmanın amacı, göknaş ve karaçamdan elde edilen yapısal tahtalar için TS 1265'e göre görsel mukavemet sınıflarını belirlemek ve benzer çalışmalar için bir altlık oluşturmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

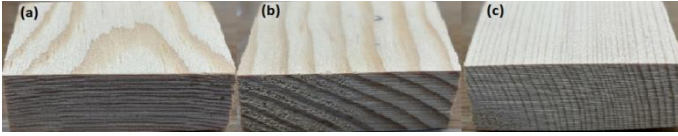
Bu çalışmada, Bolu ve Balıkesir bölgelerinden temin edilmiş muhtelif ebatlarda yaklaşık 3 m³ %12 rutubete kadar kurutulmuş göknaş ve karaçam keresteleri kullanılmıştır. Masif kerestelerden, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa ahşap atölyesinde 22x50x1500 mm (genişlik x yükseklik x uzunluk) boyutlarında örnekler biçilerek, Bolu bölgesinden 169 adet göknaş (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana*) ve Balıkesir bölgesinden 187 adet karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) olmak üzere toplam 356 adet yapısal tahta üretilmiştir.

2.2 Yöntem

2.2.1 Görsel sınıflandırma

Tüm yapısal tahtalar TS 1265 (2012) standardına göre görsel sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Bu kapsamda budak çapı oranı (BO), lif kıvrıklığı, yıllık halka genişliği ve diğer kusurlar tüm tahta boyunca görsel olarak incelenmiş ve ölçümleri yapılmıştır. Değerlendirme aşamasında tahta-kalas-lata için olan kurallar dikkate alınmıştır. Buna göre budak çapı oranı, bulunduğu yüzeye paralel budak çapının tahta genişliğinin iki katına bölünmesiyle elde edilmektedir. Bu nedenle budakların paralel

çapları budak çapı olarak 0,01 mm hassasiyetli kompaslarla ölçülmüştür. Standartta budaklar tekli ve toplu budak şeklinde ayrı olarak incelenmektedir. Toplu budaklar 150 mm uzunlukta birden fazla bağımsız budak olması durumunda değerlendirilmektedir. Tekli budak için budak çapı oranı sınıf değerleri 1. sınıf, 2. sınıf ve 3. sınıf tahtalar için sırasıyla 0,20, 0,33 ve 0,50 şeklindedir. Toplu budaklar için ise bu oranlar sırasıyla 0,33, 0,50 ve 0,66 olarak standartta yer almaktadır. Görsel ölçümlerden sonra, tüm numuneler 22x50x1000 mm (genişlik x yükseklik x uzunluk) net ölçüye getirilmiştir. Net ölçülendirme yapılırken malzeme üzerindeki en kötü kusurun 4-noktalı eğilme testinde üst yükleme başlıkları arasında kalması sağlanmıştır. Ayrıca, görsel sınıflandırmadan bağımsız olarak numunelerin geniş yüzeyi ile yıllık halkalar arasındaki açı (yıllık halkaların yüzeye çıkış açısı (α)), her bir yapısal tahta için ölçülmüştür. Böylece bu açının mekanik özellikler üzerindeki potansiyel etkisini değerlendirmek amaçlanmıştır. Ölçümden sonra örnekler TS EN 844 (2019)'a göre Şekil 1'de gösterildiği teğet, radyal ve verevine olarak gruplandırılmıştır.



Şekil 1. Numunelerin geniş yüzeyi ile yıllık halka arasındaki açı (yüzeye çıkış açısı α): a) 0°-30° (teğet), b) 30°-60° (verev) ve c) 60°-90° (radyal)

2.2.2 Fiziksel ve mekanik testler

Görsel sınıflandırmadan sonra, 356 adet yapısal tahta, TS EN 408 (2014) standardına göre 4-noktalı eğilme testlerine tabi tutulmuştur. Düzenekte mesnetler arası açıklık 900 mm (18h) ve yükleme başlıkları arası açıklık 300 mm (6h) olarak ayarlanarak geniş yüzeye paralel (edgewise) kuvvet uygulanmıştır. Testler, 5 tonluk üniversal test makinesi (BCO-DC300/LDL; BESMAK, Ankara, Türkiye) ile yapılmıştır. Deformasyonlar (w), 0,0001 mm hassasiyetli tek bir Lineer Değişken Diferansiyel Transformatör (LVDT) ile Şekil 2'de gösterildiği gibi ortadan ölçülmüştür. Testler 300 ± 120 saniyede tamamlanmıştır. Testler sonucunda, global elastikiyet modülü ($E_{m,g}$) ve eğilme direnci (f_m) sırasıyla Eşitlik 1 ve 2'ye göre hesaplanmıştır.

$$E_{m,g} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bh^3 \left(2 \frac{w_2 - w_1}{F_2 - F_1} - \frac{6a}{5Gbh} \right)} \text{ N/mm}^2 \quad (1)$$

$$f_m = \frac{3Fa}{bh^2} \text{ N/mm}^2 \quad (2)$$

Formüllerde; $E_{m,g}$ = global elastikiyet modülü (N/mm^2), f_m = eğilme direnci (N/mm^2), l = mesnetler arasındaki açıklık 18h (mm), a = yükleme başlığının en yakın mesnete olan uzaklığı 6h (mm), $F_2 - F_1$ = maksimum kuvvetin %40'ı ve %10'undaki yük farkı (N), $w_2 - w_1$ = maksimum yükün %40'ı ve %10'una karşılık gelen deformasyon miktarları arasındaki fark (mm), G = makaslama modülü N/mm^2 (mukavemet sınıfı hesaplanacağı için standardın ön gördüğü şekilde sonsuz olarak alınmıştır), b = örnek genişliği (mm) ve h = örnek yüksekliğidir (mm).



Şekil 2. TS EN 408 (2014) standardına göre 4-noktalı eğilme test düzeneği

Her bir mekanik testten sonra, örneklerden kırılma bölgesine yakın 22x50 mm kesit ölçüsünde ve 20-40 mm uzunluğunda yoğunluk ve rutubet örnekleri kesilmiştir. Kesilen parçalar hemen 0,01 gram (g) ölçüm hassasiyetine sahip tartıda tartılarak ağırlığı belirlenmiştir. Sonrasında 0,01 mm ölçüm hassasiyetine sahip kompasla boyutları ölçülerek hacimleri belirlenerek, kütle/hacim formülü ile yoğunlukları hesaplanmıştır. Ayrıca, aynı örnekler TS EN 13183-1 (2002) standardında belirtildiği gibi $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki fırında ağırlığı değişmeyinceye kadar bekletilerek tam kuru ağırlık metoduna göre rutubetleri belirlenmiştir.

2.2.3 Karakteristik değerlerin hesaplanması

Görsel mukavemet sınıflandırması karakteristik değerlerini belirlenmeden önce TS EN 384 (2022) standartlarına göre bazı tahvil işlemleri ön görülmektedir.

- 1) %12 rutubette olmayan numunelerin elastikiyet modülü ve yoğunluk değerleri sırasıyla eşitlik 3 ve 4 kullanılarak tahvil işlemleri yapılmıştır.

$$E_{m,g\%12} = MOE(u) \times [1 + 0,01 \times (u - u_{ref})] \quad (3)$$

$$\rho_{\%12} = \rho(u) \times [1 - 0,005 \times (u - u_{ref})] \quad (4)$$

Burada; u = test anındaki rutubet miktarı ($\%8 \leq u \leq \%18$) ve u_{ref} = referans rutubet miktarı (%12).

- 2) Eğilme direnci için boyut düzeltmesi yapılmıştır. Bunu için elde edilen eğilme direnci sonuçları k_h faktörüne bölünmüştür. Bu faktör eşitlik 5'e göre hesaplanmıştır.

$$k_h = \text{Min} \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2}, 1,3 \right\} \quad (5)$$

- 3) Global elastikiyet modülü değerleri eşitlik 6'ya göre lokal elastikiyet modülüne dönüştürülmüştür.

$$E_0 = E_{m,g\%12} \times 1,3 - 2690 \quad (6)$$

Gerekli düzeltmeler tamamlandıktan sonra, eğilme direncinin logaritmik, elastikiyet modülü ve yoğunluk değerlerinin ise normal olarak dağıldığı varsayılarak, göknar ve karaçamda her bir görsel sınıf için %5 persantil eğilme direnci $f_{05,i}$, %5 persantil yoğunluk değeri $\rho_{05,i}$ ve ortalama elastikiyet modülü değeri belirlenmiştir. Alt örneklem grubu kullanılmadığı için bunlara ait katsayılar hesaplamalarda ihmal edilmiştir.

2.2.4 İstatistiksel analiz

İstatistiksel analizde IBM SPSS 29.0 programı kullanılmıştır. Güven düzeyi %95 olarak belirlenmiştir. Örneklerle ait ortalama ve varyasyon katsayısı gibi betimsel istatistik değerleri tür ve görsel sınıf bazında ayrı ayrı hesaplanmıştır. Görsel sınıflar arasında istatistiksel olarak bir fark olup olmadığını araştırmak için varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Yıllık halkaların yüzeye çıkış açısının test edilen

mekanik özellikleri anlamlı olarak etkileyip etkilemediğini ortaya koymak için de varyans analizi kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Her iki tür için de görsel sınıflara göre örnek sayısı, fiziksel testlerden rutubet miktarı ve yoğunluk ortalama değerleri, mekanik testlerden ise global elastikiyet modülü ve eğilme direnci ortalama değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Değerlerin altında parantez içinde varyasyon katsayıları gösterilmiştir. Elastikiyet modülü ve eğilme direnci değerlerinde görsel sınıflara göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını incelemek için ANOVA testi yapılmış ve fark bulunan gruplarda Duncan testi yapılarak farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ortalama değerlerin üzerine konulan küçük harflerle grup farklılıkları ifade edilmiştir. Buna göre aynı harfler aynı grubu, farklı harfler ise farklı grubu temsil etmektedir.

Çizelge 1. Göknar ve karaçam yapısal tahtalarında fiziksel, mekanik ve görsel sınıflara göre ANOVA test sonuçları

Ağaç Türü	Görsel Sınıf	N	Rutubet Miktarı (%)	Yoğunluk (kg/m ³)	Elastikiyet modülü (N/mm ²)	Eğilme direnci (N/mm ²)
Göknar	1	42	12,0 (8,9)	414 (5,7)	10837 ^a (11,2)	54,7 ^a (20,7)
	2	43	12,7 (7,8)	407 (8,5)	9534 ^b (14,7)	43,8 ^b (24,6)
	3	46	12,1 (9,0)	407 (7,3)	8681 ^c (14,5)	36,0 ^c (29,1)
	Sınıf Dışı	38	12,0 (8,1)	420 (7,5)	7397 ^d (30,5)	26,3 ^d (47)
Karaçam	1	56	12,3 (7,1)	536 (13,0)	12197 ^a (26,7)	70,5 ^a (21,8)
	2	41	12,0 (9,2)	508 (13,8)	9617 ^b (24,7)	53,1 ^b (29,7)
	3	47	11,9 (7,7)	496 (9,4)	8622 ^c (19,4)	44,2 ^c (30,0)
	Sınıf Dışı	43	11,7 (8,3)	499 (14,5)	6928 ^d (29,1)	27,2 ^d (56,8)

Görsel sınıfların elastikiyet modülü ve eğilme direnci üzerine olan etkisini ortaya koymak için her iki ağaç türünde de ANOVA testi yapılmış ve görsel sınıfların istatistiksel olarak anlamlı farklılığa yol açtığı belirlenmiştir. Sonrasında yapılan Duncan testi sonucuna göre hem elastikiyet modülü hem de eğilme direncinin dört farklı grup oluşturduğu saptanmıştır. Kurul ve ark. (2024) göknar ve karaçam yapısal tahtalarında geniş yüzeye dik (flatwise) eğilme testleri yapmış ve görsel sınıflara göre elastikiyet modülü ortalama değerlerini göknar için sırasıyla 12177, 10530, 9324 ve 6384 N/mm² ve karaçam için sırasıyla 13578, 11515, 10053 ve 7876 N/mm² olarak belirlemişlerdir. Eğilme direnci ortalama değerleri ise göknar için 67, 52, 44 ve 26 N/mm² ve karaçam için sırasıyla 77, 62, 52 ve 32 N/mm² olarak tespit etmişlerdir. Buna göre, geniş yüzeye dik yapılan eğilme testlerinde, geniş yüzeye paralel yapılan testlere göre daha yüksek elastikiyet modülü ve eğilme direnci değerleri hesaplanmıştır. Bunun nedeni hem elastikiyet modülü hem de eğilme direnci formülünde paydada yer alan yükseklik (h) değerinin etkisinin, elde edilen maksimum kuvvet (F_{max}) ve deformasyon farkı (w_2-w_1) etkisinden daha yüksek olması olabilir. Görgün ve Dünder (2018) yaptıkları çalışmada yapısal karaçam kirişlerinde 4-noktalı eğilme testleri yapmış ve elastikiyet modülü ortalama değerlerini görsel sınıflara göre

sırasıyla 13258, 1203, 12706 ve 10961 N/mm² ve eğilme direnci ortalama değerlerini ise 77, 65, 56 ve 57 N/mm² olarak tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmalarda görsel sınıf kötüleştiçe daha düşük ortalama değerler elde edildiği görülmektedir. Fakat test edilen malzemelerdeki farklı sınıflandırma kuralları, kusur oranları, yükleme yönü ve yetiştirme yeri farklılıkları gibi değişkenliklerin olması benzer görsel sınıflar için farklı ortalama değerler verebilmektedir. Bu nedenle yapısal uygulamalarda ortalama değerler yerine %5-persantil değerleri denilen karakteristik değerler kullanılmaktadır.

Ek olarak, yıllık halkaların geniş yüzeye çıkış açısının elastikiyet modülü ve eğilme direnci için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa neden olmadığı Çizelge 2’de görülmektedir. Kurul ve ark. (2024), göknar ve karaçam türleri için geniş yüzeye dik eğilme testlerinde benzer sonuçlar bulmuştur. Bunun nedeninin ahşapta bulunan budaklar, lif kıvrıklığı ve yıllık halka genişliği gibi kusur ve parametrelerin malzeme mukavemetini anizotropiden daha fazla etkilemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle, yapısal ahşap malzemelerde yapılacak mukavemet testlerinde anizotropi etkisinin önemsiz bulunduğu söylenebilir.

Çizelge 2. Gökmar ve karaçam yapısal tahtalarında α açısının mekanik testlere etkisi

Ağaç Türü	α	N	Elastikiyet modülü (N/mm ²)	Eğilme direnci (N/mm ²)
Gökmar	0°-30°	45	8939 ^a	37,6 ^a
	30°-60°	74	9082 ^a	40,3 ^a
	60°-90°	50	9424 ^a	43,2 ^a
	Anlamlılık değeri			0,234
Karaçam	0°-30°	56	9076 ^a	49,4 ^a
	30°-60°	42	9724 ^a	49,7 ^a
	60°-90°	89	9706 ^a	50,8 ^a
	Anlamlılık değeri			0,305

CXX şeklinde gösterilen mukavemet sınıfı, iğne yapraklı ağaç türlerinde geniş yüzeye paralel (edgewise) testler sonucunda elde edilen karakteristik eğilme mukavemetini tanımlamaktadır. Eğilme direnci ve yoğunluğun %5-persantil değerleri ile elastikiyet modülünün ortalama değerine göre hesaplanan ve TS EN 338 (2016) göre her bir görsel sınıf için gökmar ve karaçam mukavemet sınıfları Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Gökmar ve karaçam yapısal tahtaları görsel mukavemet sınıfları

Karakteristik değer			Eğilme direnci				Elastikiyet modülü		Yoğunluk			Mukavemet Sınıfı
			(N/mm ²)				(kN/mm ²)		(Kg/m ³)			
Tür	N	Görsel Sınıf	Ort.	V.K (%)	P/NP	<i>f</i> _{05,i}	<i>E</i> _{0,ort}	V.K (%)	Ort.	V.K (%)	<i>ρ</i> _{05,i}	
Gökmar	42	1	43,9	20,7	P	28,0	11,7	13,4	413,8	5,7	370,9	C27
	43	2	35,2	24,6	P	21,3	10,0	18,2	406,9	8,5	343,6	C20
	46	3	28,9	29,1	P	15,6	8,9	18,5	352,1	7,3	352,1	C14
	38	S.D.	21,1	47,0	P	6,7	7,2	40,6	419,6	7,5	361,6	-
Karaçam	56	1	56,6	21,8	P	36,7	13,5	31,5	535,7	13,0	409,8	C35
	41	2	42,6	29,7	P	23,2	10,1	30,5	508,0	13,9	379,0	C22
	47	3	35,5	30,0	P	18,8	8,8	24,6	495,7	9,4	410,5	C16
	43	S.D.	21,9	56,8	P	4,4	6,6	39,7	499,2	14,5	366,5	-

*Ort. = Ortalama değer, V.K= varyasyon katsayısı, P/NP= parametrik/non-parametrik, $f_{05,i}$ =karakteristik eğilme direnci, $E_{0,ort}$ = Ortalama lokal elastikiyet modülü, $\rho_{05,i}$ =karakteristik yoğunluk değeri, S.D= sınıf dışı

Görsel mukavemet sınıflandırması sonucunda 1. sınıf, 2. sınıf ve 3. sınıf yapısal tahtalar gökmar için sırasıyla C27-C20-C14 ve karaçam için C35-C22-C16 mukavemet sınıflarına atanmıştır. Sınıf dışı numunelere her iki tür için de herhangi bir mukavemet sınıfı atanamamıştır. Bu çalışma TS EN 1912 (2024) standardındaki değerlerle karşılaştırıldığında, 1.sınıf hariç, gökmarın TS EN 1912 (2024)'de belirtilen mukavemet sınıflarından (1. sınıf=C27, 2. sınıf=C24 ve 3. sınıf=C18) daha düşük mukavemet sınıflarına atandığı görülmüştür. Karaçam için 1. sınıf örneklerde TS EN 1912 (2024) standardında belirtilen mukavemet sınıfıyla aynı olduğu belirlenmiştir (C35). Fakat 2. sınıf ve 3. sınıf örneklerin bu standarda göre daha düşük mukavemet sınıfına atandığı belirlenmiştir (2. sınıf=C24 ve 3. sınıf=C18). TS 1265 standardında budak çapı ölçüm kuralları tahta ve kirişler için farklıdır ve bu durum mukavemet sınıflarının farklı olmasına neden olmuştur. Başka bir nedenin ise bu çalışmada alt örneklem grubunun hesaplamalara dahil edilmemesi olduğu düşünülmektedir. Kurul ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada, geniş yüzeye dik eğilme testleri sonucunda gökmar ve karaçamın görsel mukavemet sınıflarını belirlemiştir. Buna göre, gökmar (1. sınıf=C24, 2. sınıf=C22 ve 3. sınıf=C18) ve karaçam (1. sınıf=C40, 2. sınıf=C27 ve 3. sınıf=C22) yapısal tahtaları için, sırasıyla gökmar 1. sınıf hariç, geniş yüzeye paralel eğilme testlerine kıyasla daha yüksek dayanım sınıfları bulunmuştur. Geniş yüzeye paralel eğilme testleri, geniş yüzeye dik eğilme testlerine göre daha yüksek maksimum kuvvete ulaşmasına rağmen, her iki tür için de daha düşük eğilme karakteristiği göstermiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Görsel sınıflandırma sonuçlarına göre, bu çalışmada kullanılan yapısal tahtalar için budak çapı oranı sınıf belirleyen en önemli faktör olmuştur. Örneklerde yıllık halka genişliği (<4 mm) ve lif kıvrıkları (<%5) ölçülse de elde edilen değerlerin sınıf değiştirici nitelikte olmadığı görülmüştür. Bunlar dışında kalan ve TS 1265 standardında bahsedilen diğer kusurların ise bu çalışmadaki örneklem grubunda bulunmamasından dolayı etkisi incelenememiştir.

Mekanik test sonuçlarına göre, karaçamdan elde edilen yapısal tahtaların gökmarın elde edilenlere göre daha yüksek mukavemet ve elastikiyet modülü değerlerine ulaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, her iki tür için de budak çapı oranı arttıkça mukavemetin anlamlı bir şekilde azaldığı belirlenmiştir. Bunun sonucunda her bir görsel sınıfa ait elastikiyet modülü ve eğilme direnci ortalama değerleri istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almıştır.

Geniş yüzeye paralel eğilme testlerinde elastikiyet modülü ve eğilme direnci, yıllık halkaların yüzeye çıkış açısından istatistiksel olarak etkilenmediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle, yapısal kullanımlarda kusurların etkisinin anizotropiden daha önemli olduğu söylenebilir.

Global elastikiyet modülünden lokal elastikiyet modülüne dönüşüm uygulandığında, 9000 N/mm²'den düşük elastikiyet modülü değerine sahip örneklerde dönüşüm sonucunda daha düşük elastikiyet modülü değerleri elde edildiği görülmüştür. Bu durum özellikle 2. sınıf ve 3. sınıf yapısal tahtalarda ortalama elastikiyet modülünün düşmesine sebep teşkil etmiştir. Bu gibi durumlarda lokal elastikiyet modülü test düzeneğini tercih

ederek görece daha yüksek elastikiyet modülü değeri elde edilebilir.

Görsel mukavemet sınıflandırmasında göknar ve karaçam yapısal tahtalarında tüm görsel sınıflar için karakteristik değerler hesaplanmıştır. Göknar için, 1. sınıf, 2. sınıf ve 3. sınıf yapısal tahtalar sırasıyla C27-C20-C14 mukavemet sınıflarına ve karaçam için ise sırasıyla C35-C22-C16 mukavemet sınıflarına atanmıştır. Buna göre görsel sınıf kötüleştikçe her iki tür için de mukavemet sınıflarının da düştüğü belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre TS 1265 (2012) standardının yapısal tahtaların görsel mukavemet sınıflandırması için uygun olduğu söylenebilir.

Kadron-kiriş-azman ve tahta-kalas-lata ayrımını yaparak uygun sınıflandırma kurallarını kullanmak doğru mukavemet sınıfı belirlemek için çok önemlidir. Özellikle mukavemet sınıfı bilinen kadron-kiriş-azman grubundan bir yapısal kereste biçilerek tahta-lata-kalas grubundan bir ürüne dönüştürüldüğünde mevcut mukavemet sınıfının geçerli olmayabileceği, sınıflandırma kuraları değişeceği için tekrardan değerlendirilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Daha çok laminasyon sektöründe kullanılan tahta-kalas-lata kategorisindeki malzemelerin mukavemet sınıflarını bilmek, temel üretim parametrelerinde eksiklik olmaması koşuluyla elde edilecek olan nihai ürünün (Glulam, CLT vb.) mukavemet sınıflarını bilmek anlamına geleceği için hem yerli yapısal hammadde üretimi hem de üretilen bu ürünlerin yurt dışı pazarlarına açılabilmesi adına büyük önem arz etmektedir. Yerli türlerimiz için benzer çalışmaların artması bu bağlamda son derece önemlidir.

Kaynaklar

- Arriaga, F., Osuna-Sequera, C., Bobadilla, I., Esteban, M., 2022. Prediction of the mechanical properties of timber members in existing structures using the dynamic modulus of elasticity and visual grading parameters. *Construction and Building Materials* 322, 1-13.
- Burawska-Kupniewska, I., Krzosek, S., Mańkowski, P., Grześkiewicz, M., 2020. Quality and bending properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sawn timber, *Forests*, 11(11), 1-13.
- BS 4978, 2007. Visual strength grading of softwood. Specification. 2007+A2, British Standard Institution, London, England.
- DIN 4074-1, 2012. Strength grading of wood - Part 1: Coniferous sawn timber, DIN Berlin, Germany.
- García, M.C., Seco, J.F.G., Prieto E.H., 2007. Improving the prediction of strength and rigidity of structural timber by combining ultrasound techniques with visual grading parameters. *Materiales de Construcción*, 57(288), 49-59.
- Gil-Moreno, D., 2018. Potential of noble fir, Norway spruce, western red cedar and western hemlock grown for timber production in Great Britain. PhD Thesis, Edinburgh Napier University, Edinburgh, Scotland.
- Görgün, H. V., Dündar, T., 2018. Strength grading of Turkish black pine structural timber by visual evaluation and nondestructive testing, *Maderas. Ciencia y tecnología*, 20(1), 57-66.
- Kurul, F., 2023. Sarıçam ve kızılçam yapı kerestelerinde mukavemet sınıflarının dinamik yöntemlerle belirlenme olanakları, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Kurul, F., As, N., 2024. Visual and Machine Strength Gratings of Scots and Red Pine Structural Timber Pieces from Türkiye. *BioResources*, 19(3), 4135-4154.
- Kurul, F., Şişman, Ö. A., Dündar, T., 2024. Mechanical characterization of visually graded boards from turkish fir and black pine by nondestructive and destructive tests. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 26 (17), 1-18.
- Nocetti, M., Brunetti, M., Bacher, M., 2016. Efficiency of the machine grading of chestnut structural timber: prediction of strength classes by dry and wet measurements. *Materials and Structures*, 49(11), 4439-4450.
- OGM, 2020. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü [online].
- Ridley-Ellis, D., Stapel, P., Baño, V., 2016. Strength grading of sawn timber in Europe: an explanation for engineers and researchers. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74, 291-306.
- Stapel, P., Van de Kuilen, J. W. G., 2014. Efficiency of visual strength grading of timber with respect to origin, species, cross section, and grading rules: A critical evaluation of the common standards. *Holzforschung*, 68(2), 203-216.
- TS EN 338, 2016. Yapı kerestesi – Mukavemet sınıfları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS EN 384:2016+A2, 2022. Yapı kerestesi – Mekanik özellikler ve yoğunluğun karakteristik değerlerinin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS EN 408:2010+A1, 2014. Ahşap Yapılar – Yapı kerestesi ve yapıştırılmış lamine kereste- Bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS EN 1912, 2024. Yapı kerestesi – Mukavemet sınıfları – Ağaç türleri ve görsel sınıfların tasnifi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS EN 13183-1, 2002. Biçilmiş yapacak odun (kereste) parçasının rutubet muhtevası – Bölüm 1: Fırın kurusu yöntemiyle tayin. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS EN 14081-1-2016+A1, 2019. Ahşap yapılar – Dikdörtgen kesilmiş yapı kerestelerinin mukavemet sınıflandırması- Bölüm 1: Genel gereklilikler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS EN 14358, 2016. Yapı kerestesi – Ahşap yapılar- Karakteristik değerlerin ve kabul kriterlerinin hesaplanması. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS EN 844, 2019. Yuvarlak ve biçilmiş yapacak odun (kereste) -Terimler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- UNI 11035-1, 2022. Structural timber - Visual strength grading for structural timbers-Part 1: Terminology and measurements of features, UNI Milano, Italy.



Ormancılık faaliyetlerinin kırsal halkın ekonomik ve sosyal yaşamındaki yeri ve önemi: Kütahya orman köylerinde bir araştırma

Murat Köse ¹, Bekircan Balcı ^{1*}, İsmail Tosun ²

¹Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ormancılık Politikası Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye

²Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bursa, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 11/04/2025

Kabul Tarihi: 14/06/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1673975>

*Corresponding author:

bekircan.balci@btu.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Hedefler Dağlık alanlarda, engebeli arazilerde ve merkezden uzak konumda bulunan orman köylerinde, köylülerin geçiminde ormancılık faaliyetleri önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'deki orman köyleri, ekonomik, kültürel ve sosyal yapıları bakımından farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, köylülerin orman işletmesiyle ilişkilerini, ormancılık faaliyetlerine katılım düzeylerini ve ormancılık dışı gelir kaynaklarına yönelimlerini etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, Kütahya'yı temsilen Kütahya merkez ilçeye bağlı Bayat, Kirazlıyayla ve Emrez köylerinde, orman köylüsünün ekonomik durumunu, odun hammaddesi üretimi ve ormancılık dışı gelirlerini, ayrıca orman işletmesiyle olan ilişkilerini incelemektir.

Yöntemler Köyler, Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında geniş ormanlık alanlara sahip olmaları ve odun üretiminin yoğun şekilde yürütüldüğü yerler arasında bulunmaları nedeniyle seçilmiştir. Bayat, Kirazlıyayla, Emrez köylerinden, basit rastgele örnekleme yöntemiyle seçilen toplam 100 orman köylüsüne yüz yüze anket çalışması uygulanmıştır. Anket çalışması, 2022 yılında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler öncelikle betimsel istatistikler yardımıyla değerlendirilmiş, ardından çeşitli sosyo-ekonomik değişken grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunup bulunmadığı Kruskal-Wallis H testi ile incelenmiştir. Farklı olan grup/grupların tespiti ise Duncan testi kullanılarak belirlenmiş ve tüm analizler SPSS (26.0 version) yazılımı ve Excel programı ile yapılmıştır.

Bulgular Köylülerin %72'sinin temel gelir kaynağı çiftçiliktir. Ormancılık üretim işlerinden elde ettikleri gelirlerin asgari ücretin altında kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca köylüler, ormancılık faaliyetlerinden bekledikleri gelir seviyesine ulaşamamış olmalarına rağmen, ormancılığı potansiyel gelir kaynağı olarak görmeye devam etmektedirler.

Sonuçlar Yöre koşullarına uygun olarak, arıcılık gibi potansiyel ekonomik faaliyetler uygulamaya geçirilmelidir. Odun hammaddesi üretiminin yanında, alternatif gelir kaynakları ve orman ürünleri işleme atölyeleri oluşturulabilir, tarımsal ormancılık üzerine çalışmalar başlatılabilir.

Anahtar Kelimeler: Kırsal kalkınma, orman köylüsü, odun üretim işleri, sosyoekonomik yapı, Kütahya

Araştırma Makalesi

The place and importance of forestry activities in the economic and social life of rural people: A study in forest villages of Kütahya

ABSTRACT

Background and Aims In mountainous areas, rugged terrains and forest villages located far from the center, forestry activities have an important place in the livelihood of the forest villagers. Forest villages in Türkiye show differences in terms of their economic, cultural and social structures. These differences affect the villagers' relations with the forest management, their participation levels in forestry activities and their orientation towards non-forestry income sources. The aim of this study is to examine the economic situation of the forest villagers, their wood raw material production and non-forestry incomes, and their relations with the forest management in the villages of Bayat, Kirazlıyayla and Emrez, which are affiliated to the central district of Kütahya, representing Kütahya.

Methods The villages were selected because they have large forest areas within the borders of the Kütahya Forestry Regional Directorate and because they are among the places where wood production is intensively carried out. A face-to-face survey was conducted with a total of 100 forest villagers selected from the villages of Bayat, Kirazlıyayla, and Emrez using the simple random sampling method. The survey was conducted in 2022. The data obtained in the study were first evaluated with the help of descriptive statistics, and then the Kruskal-Wallis H test was used to examine whether there was a statistically significant difference between various socio-economic variable groups. The different group/groups were determined using the Duncan test, and all analyzes were performed using SPSS (26.0 version) software and Excel.

Results The main source of income for 72% of the villagers is farming. It has been determined that the income they earn from forestry production jobs is below the minimum wage. In addition, although the villagers have not reached the income level they expected from forestry activities, they continue to see forestry as a potential source of income.

Conclusions In accordance with local conditions, potential economic activities such as beekeeping should be implemented. In addition to wood raw material production, alternative income sources and forest product processing workshops can be created, and studies on agricultural forestry can be initiated.

Key Words: Rural development, forest villager, wood production works, socioeconomic structure, Kütahya

Bu makaleye atf:

Köse, M., Balcı, B., Tosun, İ., 2025. Ormancılık faaliyetlerinin kırsal halkın ekonomik ve sosyal yaşamındaki yeri ve önemi: Kütahya orman köylerinde bir araştırma. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 168-179.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ormancılık, çok yönlü faydalanma ve sürdürülebilirlik doğrultusunda, toplumun ihtiyaçlarını dikkate alarak çeşitli ürün ve hizmetler sunmayı amaçlayan teknik, biyolojik, ekonomik ve sosyal çalışmaları içeren yönetsel bir faaliyet olarak tanımlanmaktadır (Akesen ve Ekizoğlu, 2010). Toplumun talep ettiği ürünleri karşılamak amacıyla ormanlarda üretim çalışmaları yapılmaktadır. Oduna dayalı hammadde, temel olarak uygunluk çağına ulaşmış ormanlardan elde edilen odun hammaddesinin sağlanması sürecidir (Buğday, 2016). Bu süreçte mekanizasyon kullanımı ile insan gücü ihtiyacı da önemli düzeydedir. Gereken insan gücünün karşılanması öncelikle orman köylüleri aracılığıyla olmaktadır. Odun hammaddesi üretim işlerinde, gereken insan gücünün, devlet tarafından işletilen ormanlarda kullanılması, T.C. 1982 Anayasası'nın 170. maddesinde ve 6831 sayılı Orman Kanunu'nun 13, 34, 40. maddelerinde belirtilmektedir. Dolayısıyla orman köylüsünün sunduğu iş gücü, odun hammaddesi üretim işlerinin vazgeçilmez bir parçasıdır.

Odun hammaddesi üretim işleri, orman köylülerinin ekonomik yaşamlarının temelini oluşturmaktadır. Ayrıca, odun dışı orman ürünleri hasadı da, orman köylüleri için önemli gelir kaynakları arasında yer almaktadır. Bu tür faaliyetler orman köylülerinin alternatif gelir kaynaklarına ulaşmalarına ve yerel ekonomilerini sürdürebilme düzeylerine katkı sağlarken, aynı zamanda sosyal ve kültürel açıdan da onları desteklemektedir. Bu sayede orman köylüleri yerel kimliklerini korumakta, toplumsal dayanışmayı artırmaktadır. Aynı zamanda geleneksel bilgilerini, kültürel miraslarını gelecek kuşaklara aktarmaktadır. Toplumun bir parçası olarak sağladıkları bu faydalara karşın ülkemizde orman köylüleri, sosyoekonomik açıdan ülkenin en geri kalmış kesimdir (İnce ve Tolunay, 2009). Kırsal alanlarda yaşanan sosyal, ekonomik güçlükler, orman köylerinde daha yoğun bir şekilde kendini göstermektedir (Günşen, 2012). Bu köyler, devlet ve özel sektör yatırımlarından en az payı almakta ve köylerde sağlık ve eğitim hizmetleri kısıtlı kalmakta olup (Bulut, 2018), köylere sağlanan finansman imkânları da yetersizdir (Menemencioğlu, 2009).

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yayınlanan 2023 yılı resmi istatistiklerine göre 23.344 orman köyünde 7.426.831 orman köylüsü yaşamaktadır (OGM, 2024). Odun hammaddesi üretim işlerinin vazgeçilmez bir parçası olan orman köylüleri, yaşamlarını orman köyü olmayan yerleşimlere kıyasla daha yüksek rakımlarda ve daha zor coğrafi ve iklimsel koşullarda sürdürmektedir. Ayrıca, orman köylerinin bulunduğu bölgeler tarım alanlarının yetersiz ve engebeli olduğu, pazara ve/veya merkeze uzak, ulaşım olanaklarının kısıtlı ve nüfus yoğunluğunun düşük olduğu yerlerdir (Dewi ve ark, 2005; Alkan ve Toksoy, 2008; Günşen, 2012; Durkaya ve ark, 2017). Ayrıca, köylülerin üretim yapabileceği tarım, mera alanları ile su kaynakları yetersizdir (Tolunay ve ark, 2005; Menemencioğlu, 2012). Bu koşullar altında yaşamlarını sürdürmeye devam eden orman köylüleri gelirlerinin bir kısmını odun hammaddesi üretim işlerinden elde etmektedir. Ancak bu gelirlerin, geçim için yetersiz kaldığı bilinmektedir. Gelir düzeyindeki bu yetersizlik, orman köylülerinin ormanlardan beklentilerinin azalmasına, orman köylerinden göçlerin artmasına neden olmaktadır (Alkan 2014; Eker ve Nazik, 2017). Artan göç ile üretim işlerinde çalışacak insan gücünün

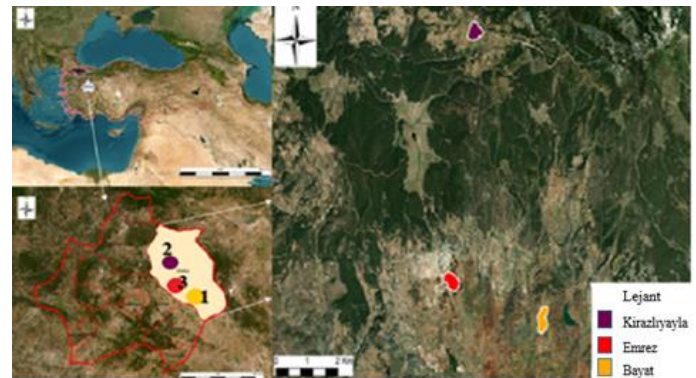
bulunmasının güçleşeceği açıktır. Dolayısıyla orman köylülerinin odun üretim faaliyetlerinden elde ettikleri gelir, üretim işlerinin devamlılığının sağlanmasında önemli bir husustur. Hem kırsaldan kentlere olan bu göçleri azaltmak hem de orman köylülerinin kalkınmasını sağlamak amacıyla 6831 sayılı Orman Kanunu'nun 13, 31, 32, 34, 37, 39, 40 ve 66. maddeleri çeşitli hükümler içermektedir. Bununla birlikte, Orman ve Köy İlişkileri Daire Başkanlığı (ORKÖY) tarafından bireysel krediler ve kooperatifler aracılığıyla orman köylüleri sosyal ve ekonomik kapsamlı krediler sağlanmak suretiyle desteklenmektedir.

Orman köylülerinin sosyal ve ekonomik açıdan gelişmesini sağlamak amacıyla, her bir köyün içinde bulunduğu şartlar göz önünde bulundurularak sorunlara yönelik çözümler üretmek son derece mühimdir. Orman içi ve bitişigindeki köylerde ekonomik, kültürel, sosyal yapı, çoğunlukla köylerin konumlarından kaynaklanan özgünlükler taşıdığı bilinmektedir (Toksoy ve ark, 2008; Yılmaz, 2018). Dolayısıyla her orman köyündeki sorunları anlamak ve bu doğrultuda çözümler üretmek gerekir. Bu bağlamda bu çalışma, Kütahya merkez ilçeye bağlı Bayat, Kirazlıyayla, Emrez olmak üzere üç orman köyünde, orman köylüsünün ekonomik durumunu, odun hammaddesi üretimi ve ormancılık dışı faaliyetlerden elde ettikleri gelirlerini ve köylülerin orman işletmesiyle olan ilişkilerini ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı ve veriler

Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü; yedi orman işletme müdürlüğü ve yetmiş altı orman işletme şefliğinden oluşmakta olup, toplam 646.552 hektarlık ormanlık alanın yönetiminden sorumludur (KOBM, 2025). Çalışma alanı, Kütahya Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Ketenova Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer almakta olup, bu şefliğin sorumluluk alanı 6.229 hektardır. Araştırma kapsamında, Kütahya'yı temsilen (1) Bayat, (2) Kirazlıyayla ve (3) Emrez köyleri çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Söz konusu köylerin, Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde en geniş ormanlık alanlara sahip köyler arasında bulunması ve odun hammaddesi üretim faaliyetlerinin yoğun olarak yürütüldüğü yerler olması nedeniyle, köyler bu araştırma için örnek çalışma alanı olarak tercih edilmiştir.



Şekil 1. Köylerin coğrafi konumları

Çalışma kapsamında, odun hammaddesi üretim işlerinin orman köylüsüne sosyo-ekonomik katkısının araştırılması amacıyla anket formu geliştirilmiş, çalışma kapsamında belirlenen orman köylerinde yaşayan orman köylüleriyle anket çalışması yapılmıştır. Anket formu, uygulamada köylerin ve orman köylüsünün genel yapısı büyük ölçüde tanındığı ve mevcut durumları bilindiği için, temel sosyo-ekonomik göstergeler ile ormancılık ve ormancılık dışı faaliyetler de dikkate alınarak hazırlanmıştır. Anket formunda genel hatlarıyla şu konulara yer verilmiştir: (1) orman köylülerinin sosyo-ekonomik durumları, (2) odun hammaddesi ve ormancılık dışı ekonomik faaliyetlerden aylık ve yıllık gelirleri, (3) köylülerin ormanlardan faydalanma biçimleri, (4) köylü- ormancılık kurumu ilişkisi, (5) ormancılık ve diğer ekonomik faaliyetlerin köy halkının ekonomik yapısına etkisi. Anket formunda, 5'li Likert ölçeğinin "kararsızım" seçeneği, katılımcıların kesin görüş belirtmesini zorlaştırabileceği düşünüldüğünden, tercih edilen 4'lü Likert tipi ölçek yapısında bu seçenek yer almamış ve böylece daha net ve kararlı sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir. Yapılan anket çalışması sonucunda elde edilen veriler ile resmi kurumlardan, literatür taramasından sağlanan her türlü nitel ve nicel veri bu araştırmada materyal olarak kullanılmıştır.

2.2 Veri toplama yöntemi

Çalışma kapsamına alınan Kütahya Orman İşletme Müdürlüğü Ketenova Orman İşletme Şefliği'ne bağlı Bayat, Kirazlıyayla ve Emrez orman köyleri örnekleminde yürütülen bu çalışmada, anket uygulanması gereken asgari orman köylüsü sayısı, aşağıda yer alan sınırlı toplumlarda örnek büyüklüğüne ilişkin formül (1) yardımıyla (Orhunbilge, 2000; Daşdemir, 2016) hesaplanmıştır.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{N \times D^2 + Z^2 \times p \times q} \quad (1)$$

Formülde (1); n: Örneklem büyüklüğünü, N: Ana kütle büyüklüğünü (2022 yılı için Bayat orman köyünün nüfusu 112, Kirazlıyayla orman köyünün nüfusu 51, Emrez orman köyünün nüfusu 98 şeklinde olmak üzere toplam ana kütle büyüklüğü 261'dir (TÜİK, 2022). Z: Güven katsayısını (%95 güven düzeyi için Z değeri 1,96), p: Ölçülmek istenen özelliğin ana kütlede bulunma olasılığı, q: Ölçülmek istenen özelliğin ana kütlede bulunmama olasılığı (p ve q =0,5 alınmıştır), D: Kabul edilen örnekleme hatasını göstermektedir (0,10 alınmıştır). Buna göre örneklem büyüklüğü;

$$n = \frac{261 \times 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{261 \times 0,10^2 + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5} \cong 70 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bununla birlikte çalışmada 70 sayısı aşılarak, 100 kişi ile anket yapılmıştır. Çalışma kapsamındaki köylerin nüfusları dikkate alınarak, her bir köyde asgari yapılması gereken ve uygulanan anket sayısı Çizelge 1'de gösterildiği biçimde hesaplanmıştır. Basit rastgele örnekleme yöntemiyle Bayat köyünden 43, Kirazlıyayla köyünden 20, Emrez köyünden 37 kişi olmak üzere, toplam 100 orman köylüsü belirlenmiş ve bu kişilerle yüz yüze görüşülerek anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket çalışmasında, her aileden yalnızca bir kişiyle görüşülmesine dikkat edilmiştir.

Çizelge 1: Köylerde yapılması gereken asgari anket sayıları ve uygulanan anket sayıları

Köy	Nüfus	Hesaplanan Asgari Anket Sayısı	Uygulanan Anket Sayısı
Bayat	112	30	43
Kirazlıyayla	51	14	20
Emrez	98	26	37
Toplam	261	70	100

Anket çalışması, 2022 yılında Ocak-Haziran ayları arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın kısıtları arasında, yöresel koşullar, bölgesel farklılıklar ve köyler bazında değişen sosyo-ekonomik özellikler yer almaktadır. Bu tür çalışmaların bölgesel bazda yapılması, her köyün kendine özgü sosyo-ekonomik yapısı ve kültürel dinamiklerinin dikkate alınmasını gerektirir. Bu çalışmada, Kütahya'yı temsilen, odun hammaddesi üretimin yoğun olduğu ve geniş ormanlık alanlara sahip olan Bayat, Kirazlıyayla, Emrez köyleri seçilmiş olup, diğer orman köylerine örnek teşkil etmektedir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB) verilerine göre 2022 yılının ilk altı ayında asgari ücret 4.253,40 ₺'dir. (ÇSGB, 2022). Anket çalışması sonucu elde edilen verilerin analizi SPSS (26.0 version) ve Excel programları ile gerçekleştirilmiş olup, çizelge ve grafikler halinde sunulmuştur.

2.3 Verileri değerlendirme yöntemi

Orman köylülerine uygulanan anketlerden elde edilen veriler, çalışmanın amacına uygun olarak Çizelge 2'de belirtildiği şekilde değişkenler olarak tanımlanmış ve sayısallaştırılmıştır. Her bir değişkene ait açıklama, kod ve ölçek Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Araştırmada kullanılan değişkenler, açıklaması ve sayısallaştırılması

No	Değişken adı	Açıklaması ve sayısallaştırılması	Kod
1	Eğitim düzeyi	1=İlköğretim, 2=Ortaöğretim, 3=Lise, 4=Lisans	1-4
2	Ana gelir kaynağı	1=Emekli, 2= İşçi, 3=Memur, 4=Çiftçi, 5=Esnaf, 6=Serbest	1-6
3	Ek gelir kaynağı	1=Tarım, 2=Hayvancılık, 3=Ormancılık, 4=Ticaret	1-4
4	Isınma için kullanılan yöntem	1=Kömür, 2=Odun, 3=Tüp, 4=Doğalgaz	1-4
No	Değişken adı	Açıklaması ve sayısallaştırılması	Ölçek
5	Hanede yaşayan kişi sayısı	1=1-2 Kişi, 2=3-4 Kişi, 3=5 ve üzeri	1-3
6	Geçim için aylık masraf	1=1.000-2.500₺, 2=2.500-4.000₺, 3=4.000-6.000₺, 4=6.000₺ ve üzeri	1-4
7	Aylık toplam gelir	1=1.000-2.500₺, 2=3.000-4.000₺, 3=5.000-6.000₺, 4=8.000₺ ve üzeri	1-4
8	Yıllık toplam gelir	1=12.000- 20.000₺, 2=30.000-50.000₺, 3=50.000-75.000₺, 4=100.000₺ ve üzeri	1-4
9	Odun hammaddesi üretiminden elde edilen aylık gelir	1=1.000-2.000₺, 2=2.500-3.500₺, 3=3.500-5.000₺, 4=5.000₺ ve üzeri	1-4
10	Odun hammaddesi üretim faaliyetlerinden elde edilen yıllık gelir	1= 10.000-20.000₺, 2=20.000-30.000₺, 3= 35.000-50.000₺, 4=50.000₺ ve üzeri	1-4
11	Orman ve ormancılık faaliyetlerinin köy halkının ekonomik yapısına etkisi	1=Hiç önemli değil, 2=Önemli değil, 3=Önemli, 4=Çok önemli	1-4
12	Orman köylülerinin son 10 yılda ormanlardan ve orman kaynaklarından yararlanma biçimi	1=Yakacak odun, 2= Yapacak odun, 3=Odun dışı orman ürünleri toplama, 4=Üretim içinde yer alma, 5=Diğer	1-5
13	Gelecek 10 yılda ormanlardan ve orman kaynaklarından talep edilen yararlanma biçimi hakkında düşünce	1=Yakacak odun, 2= Yapacak odun, 3=Odun dışı orman ürünleri toplama, 4=Üretim içinde yer alma, 5=Diğer	1-5
14	Orman İşletme Müdürlüğü'nün köye yaptığı yardımların yeterliliği	1=Kesinlikle yeterli bulmuyorum, 2=Yeterli bulmuyorum, 3=Yeterli buluyorum, 4=Kesinlikle yeterli buluyorum	1-4
15	Köy halkına ekonomik açıdan daha fazla yarar sağlayacak ekonomik faaliyet	1=Hayvancılık, 2=Tarım, 3=Ormancılık, 4=Turizm	1-4
16	Köyünüzde en fazla tanınan devlet kurumu	1=Belediye, 2=Kaymakamlık, 3=Tarım müdürlüğü, 4=Orman işletme müdürlüğü	1-4
17	"Yapacak ve yakacak ihtiyacımı ormandan karşılarım" düşüncesine katılım düzeyi	1=Kesinlikle katılmıyorum, 2=Kısmen katılmıyorum, 3=Kısmen katılıyorum, 4=Kesinlikle katılıyorum	1-4
18	Orman İşletme Müdürlüğü'nün verdiği ORKÖY kredisinin yeterliliği	1=Kesinlikle yeterli bulmuyorum, 2=Yeterli bulmuyorum, 3= Yeterli buluyorum, 4=Kesinlikle yeterli buluyorum	1-4
19	Orman Kanunu'na göre orman köylüsüne tanınan hakları bilme durumu	1=Hiçbirini bilmiyorum, 2=Birazını biliyorum, 3=Çoğunu biliyorum, 4=Hepsini biliyorum	1-4

Elde edilen veriler, betimsel istatistikler kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar çizelge ve şekillerle sunulmuştur. Bu doğrultuda, anket çalışmasında belirlenen çeşitli sosyo-ekonomik değişkenler (eğitim düzeyi, ana geçim kaynağı, hanede yaşayan kişi sayısı, geçim için aylık masraf) arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar Kruskal-Wallis (K-W) H Testi ile incelenmiş, farklılık gösteren grup ya da grupların belirlenmesi için ise Duncan Testi uygulanmıştır. Verilerin analizi için, Excel-2013 ve SPSS (26.0 version) programları kullanılmıştır.

Çalışmanın hipotezleri şu şekilde belirlenmiştir;

H₀1: Ormancılık faaliyetlerinin köy halkının ekonomik yapısına etkisine yönelik algılarda, hanede yaşayan kişi sayısı ve eğitim düzeyi gibi demografik değişkenlerin herhangi bir etkisi yoktur.

H₀2: Orman köylülerinin gelir düzeyinde, eğitim seviyesi, hane halkı büyüklüğü ve ana geçim kaynağı gibi değişkenlerin herhangi bir etkisi yoktur.

3. Bulgular

3.1 Orman köylülerinin sosyo-ekonomik durumları

Anket çalışması Bayat, Kirazlıyayla, Emrez orman köylerinde ikamet eden ve rastgele seçilen 100 orman köylüsüne yüz yüze görüşülerek uygulanmıştır. Çalışma kapsamına alınan bu üç köyün tamamı 6831 sayılı Orman Kanunu'na göre orman köyü statüsünde olup, Çizelge 3'te orman köylülerinin sosyo-ekonomik durumlarına ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 3. Orman köylülerinin sosyo-ekonomik durumları

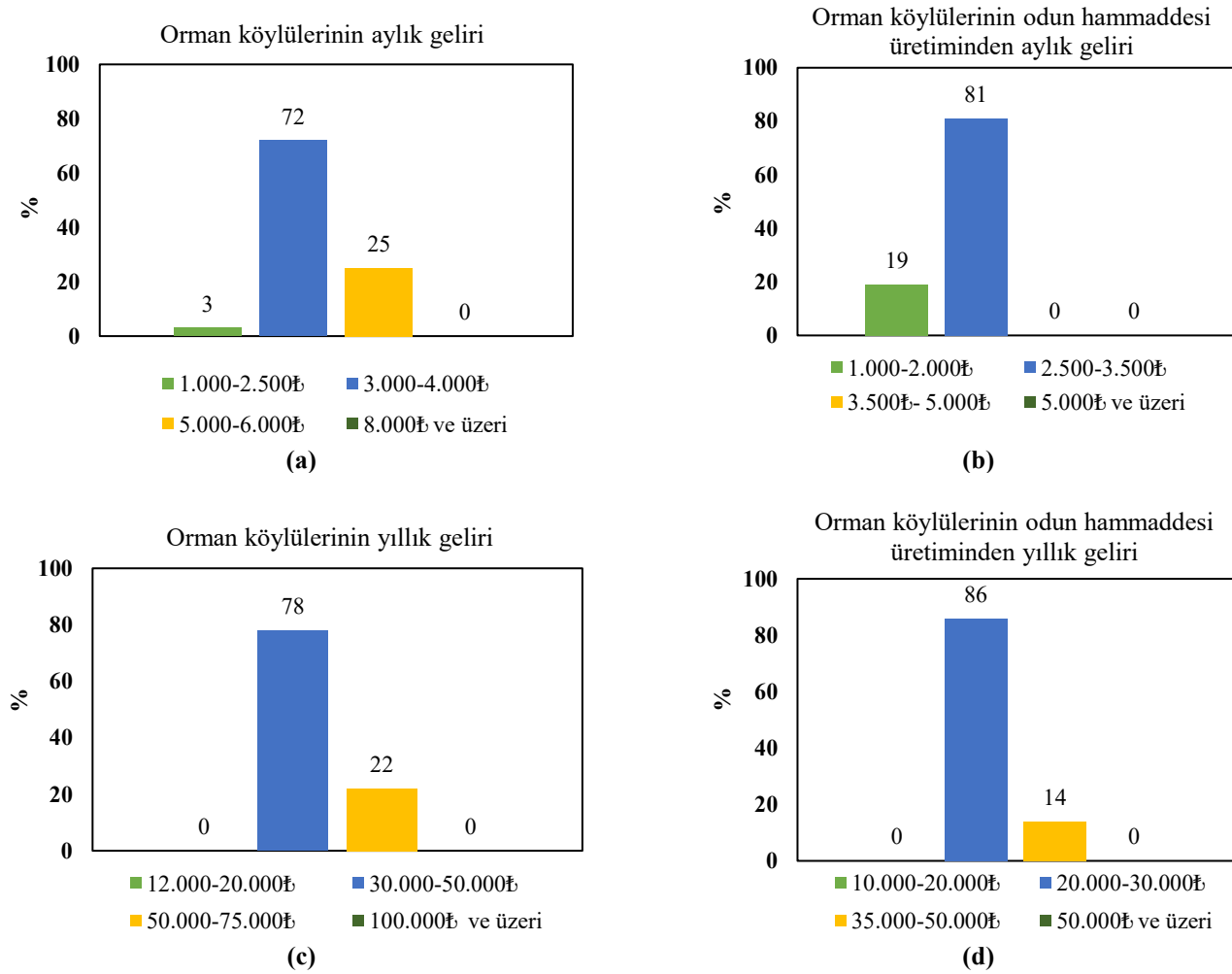
No	Orman köylülerinin sosyo-ekonomik durumları	Frekans	Yüzde (%)
1	Hanede yaşayan kişi sayısı	1-2 kişi	12
		3-4 kişi	59
		5 kişi ve fazlası	29
2	Eğitim düzeyi	İlköğretim	33
		Ortaöğretim	47
		Lise	19
		Üniversite	1
3	Köylülerin ana geçim kaynağı	Emekli	13
		İşçi	9
		Çiftçi	72
		Esnaf	4
		Serbest	2
		Tarım	9
4	Köylülerin ek gelir elde ettikleri sektörler	Hayvancılık	61
		Ormancılık	22
		Ticaret	8
5	Köylülerin ısınma için kullandıkları yöntemler	Kömür ve odun	100
6	Köylülerin geçim için aylık masrafları	1.000-2.500 ₺	10
		2.500-4.000 ₺	65
		4.000-6.000 ₺	23
		6.000 ₺ üstü	2
7	Köylünün aylık geliri	1.000-2.500 ₺	3
		3.000-4.000 ₺	72
		5.000-6.000 ₺	25
8	Köylünün yıllık geliri	30.000-50.000 ₺	78
		50.000-75.000 ₺	22
9	Köylünün odun hammaddesi üretim faaliyetlerinden aylık geliri	1.000-2.000 ₺	19
		2.500-3.500 ₺	81
10	Köylünün odun hammaddesi üretim faaliyetlerinden yıllık geliri	20.000-30.000 ₺	86
		35.000-50.000 ₺	14

Ankete katılım sağlayan orman köylülerinin çoğunluğu (%59) hanesinde, üç veya dört kişi ile birlikte yaşarken, %12'si bir veya iki kişi ile birlikte yaşamaktadır. Orman köylülerinin çoğunluğu (%47) ortaöğretim mezunu iken, çok azı (%1) üniversite mezunudur. Köylülerin önemli bir çoğunluğunun (%72) temel geçim kaynağını, çiftçilik faaliyetlerinden elde ettikleri gelirler oluşturmaktadır. Ayrıca, köylülerin %61'i, çiftçiliğin yanında hayvancılıkla uğraşarak ek gelir elde etmektedir. Aylık geçim için köylülerin çoğunluğunun (%65) 2.500-4.000₺, az bir kısmının (%2) 6.000₺ ve üstü gelire ihtiyacı olduğu anlaşılmaktadır. Köylülerin aylık toplam gelirleri açısından konu incelendiğinde, çoğunluğunun (%72), 3.000-4.000₺, gelir elde ettikleri anlaşılmaktadır. Yıllık toplam gelirler açısından konu değerlendirildiğinde, köylülerin çoğunluğunun (%78) 30.000-50.000₺ gelire sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bunun yanında odun hammaddesi üretim çalışmalarından köylülerinin çoğunluğu (%81) 2.500-3.500₺ aylık gelir, yine çoğunluğu (%86) 20.000-30.000₺ yıllık gelir elde etmektedir. Anket sonuçlarına göre, köylülerin %72'si çiftçilik faaliyetlerini ana geçim kaynağı olarak belirtmektedir. Bu bulgulara dayanarak, sadece aylık gelirler üzerinden doğrudan bir değerlendirme yapılmamalıdır. Çünkü, orman köylüleri

genellikle tarım ve hayvancılık gibi kendi işlerinden kalan zamanlarda ormancılıkta üretim işleri faaliyetleriyle uğraşmaktadırlar. Bu durum, tarım, hayvancılık ve ormancılık faaliyetlerinin iç içe geçtiğini ve köylülerin gelir kaynaklarının birbirini tamamladığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, odun hammaddesi üretiminden sağlanan gelir katkısının, yalnızca 6-7 ay süren bir üretim faaliyetinden sağlanmakta olup, bu gelirin yıllık bazda (yani 12 aya yayıldığında) daha düşük bir seviyeye ineceği anlaşılmaktadır. Bu durum, yalnızca ormancılık gelirlerine dayalı bir değerlendirmeden ziyade bulguların daha geniş bir perspektiften değerlendirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ankete katılım sağlayan köylülerin tamamı (%100) ısınmak için kömür ve odun kullanmaktadır.

3.2 Odun hammaddesi üretimi ve diğer ekonomik faaliyetlerden elde edilen gelirin orman köylüsüne katkısı

Bu başlık altında, katılımcılara aylık ve yıllık gelirleri ile odun hammaddesi üretiminden elde ettikleri aylık ve yıllık gelirlerinin ne kadar olduğuna yönelik sorular yöneltilmiştir. Katılımcıların, bu sorulara verdikleri cevaplar, Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. (a) Orman köylülerinin aylık geliri, (b) orman köylülerinin odun hammaddesi üretiminden aylık geliri, (c) orman köylülerinin yıllık geliri, (d) orman köylülerinin odun hammaddesi üretiminden yıllık geliri

Anket çalışması sonuçlarına göre, orman köylülerinin aylık gelirleri çoğunlukla (%72) 3.000-4.000TL arasında değişirken, yıllık gelirleri bakımından çoğunlukla (%78), 30.000-50.000TL arasında yer almaktadır. Orman köylülerinin yıllık gelirleri üzerinde, hanede yaşayan kişi sayısı, eğitim düzeyi, ana geçim kaynağı ve geçim için aylık masraf gibi değişkenlerin anlamlı bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Aylık gelirlerinde ise hanede yaşayan kişi sayısı ve ana geçim kaynağı bakımından anlamlı bir fark bulunmakta ($p<0,05$), geçim için masraf, eğitim düzeyi bakımından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Hanede yaşayan kişi sayısı bakımından, hanesinde 5 ve daha fazla kişi ile birlikte yaşayan orman köylüsü, hanesinde 1-2 kişi veya 3-4 kişi arasında kişi yaşayan orman köylüsüne göre daha az aylık gelire ($\bar{X}_{\text{hanesinde 5 ve daha fazla kişi yaşayan}} = 2,03$; $\bar{X}_{\text{hanesinde 1,2; 3,4 kişi yaşayan}} = 2,34$) sahiptir. Ana geçim kaynağını serbest meslekten sağlayan orman köylülerinin aylık gelirleri, diğer meslek gruplarındaki (esnaf, çiftçi vb.) köylülere göre daha azdır ($\bar{X}_{\text{serbest}} = 1,50$; $\bar{X}_{\text{esnaf ve çiftçi}} = 2,09$; $\bar{X}_{\text{emekli ve işçi}} = 2,48$).

Anket çalışması sonuçlarına göre, orman köylülerinin büyük çoğunluğu (%81) odun hammaddesi üretiminden aylık 2.500-3.500TL, yine büyük çoğunluğu (%86) 20.000-30.000TL yıllık gelir elde ettiğini belirtmiştir. Üretim işleri yıl boyunca sürekli bir faaliyet değildir. Köylülerin odun hammaddesi üretiminden

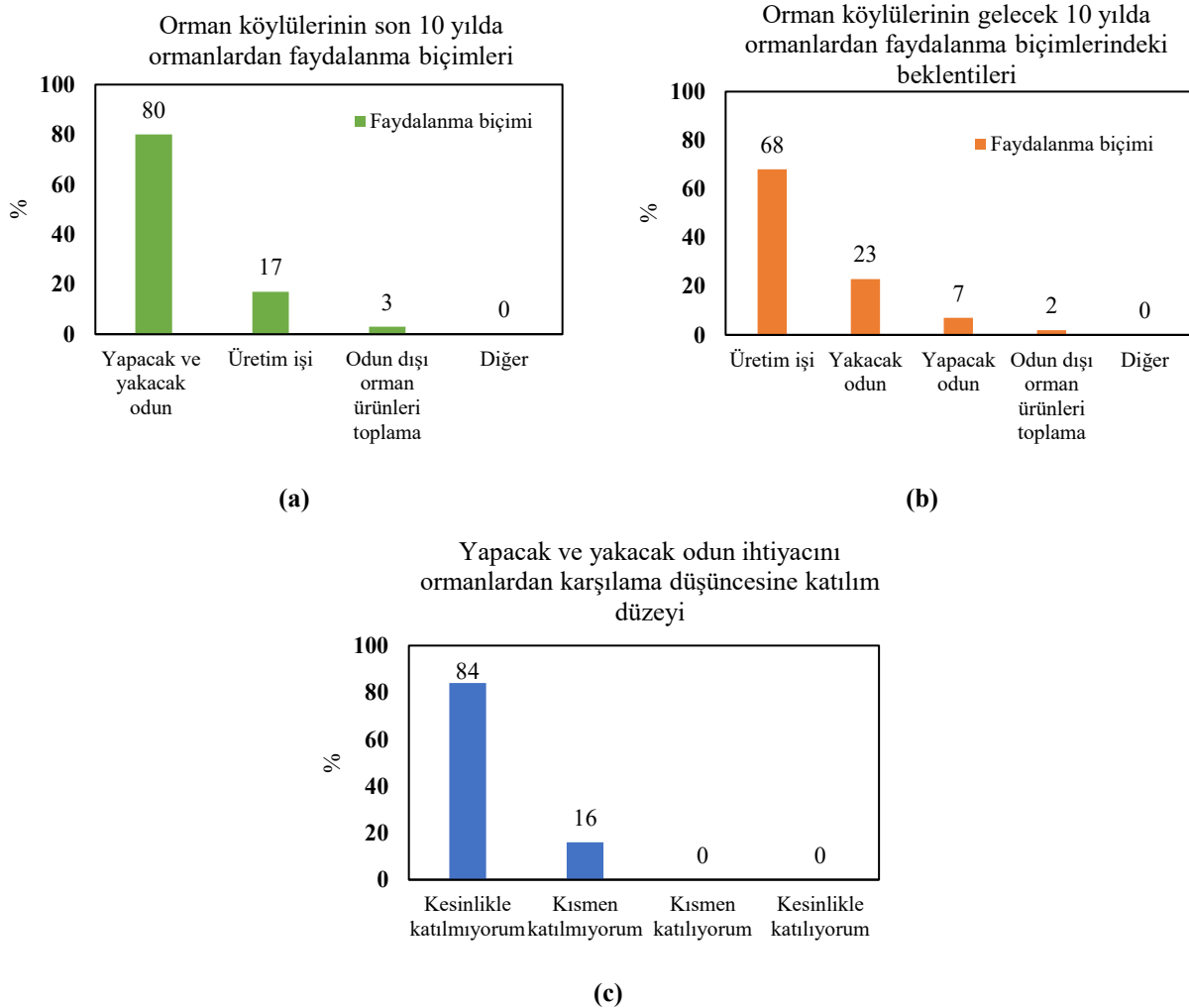
elde ettikleri aylık gelirler, yılın belirli dönemlerinde yapılan üretimin kazançlarının ortalamasını yansıtmaktadır. Odun hammaddesi üretiminden elde edilen aylık gelirler üzerinde, ana geçim kaynağı ve geçim için aylık masraf değişkenlerine göre anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Benzer şekilde, odun hammaddesi üretiminden elde edilen yıllık gelirler üzerinde, hanede yaşayan kişi sayısı, eğitim düzeyi, ana geçim kaynağı ve geçim için aylık masraf değişkenlerine göre anlamlı bir fark yoktur ($p>0,05$). Ancak, odun hammaddesi üretiminden elde edilen aylık gelirlerde, eğitim düzeyi ve hanede yaşayan kişi sayısı ($p<0,05$) bakımından anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Eğitim düzeyi açısından, lisans eğitim düzeyine sahip orman köylüleri, ilköğretim, ortaöğretim veya lise eğitim düzeyine sahip orman köylülerine göre odun hammaddesi üretiminden aylık daha az gelir ($\bar{X}_{\text{lisans}} = 1,0$; $\bar{X}_{\text{ilköğretim, ortaöğretim, lise}} = 1,82$) elde etmektedir. Hanede yaşayan kişi sayısı bakımından, hanesinde 5 veya daha fazla kişi bulunan orman köylüleri, hanesinde 1-2 veya 3-4 kişi bulunan orman köylülerine göre, odun hammaddesi üretiminden daha az aylık gelir ($\bar{X}_{\text{hanesinde 5 ve daha fazla kişi yaşayan}} = 1,55$; $\bar{X}_{\text{hanesinde 1,2; 3,4 kişi yaşayan}} = 1,94$) elde etmektedir.

3.3 Orman köylülerinin ormanlardan faydalanma biçimleri

Bu başlık altında, katılımcıların son 10 yılda ormanlardan nasıl faydalandıkları, gelecek 10 yılda nasıl faydalanmak istedikleri ve yapacak-yakacak odun ihtiyaçlarını ormanlardan karşılama konusundaki düşünceleri, Şekil 3'te gösterildiği gibi yüzde olarak verilmiş olup, aynı zamanda Kruskal-Wallis H testi ile belirlenen sosyo-ekonomik değişkenlere göre ölçülmüş ve sonrasında Duncan testi ile gruplar arasındaki farklar incelenmiştir.

Anket sonuçlarına göre, son 10 yılda orman köylülerinin çoğunluğu (%80), ormanlardan yakacak ve yapacak odun temini için faydalandıklarını ifade etmiştir. Gelecek 10 yılda ise büyük

çoğunluk (%68), odun üretim faaliyetlerine katılmayı tercih edeceklerini belirtmiştir. Köylülerin %84'ü, “*yapacak ve yakacak odun ihtiyacımı ormandan karşılarım*” düşüncesine kesinlikle katılmadıklarını, %16'sı kısmen katılmadıklarını ifade etmişlerdir. Katılımcılar, geçmişte odun ihtiyacını ormanlardan karşılamış olsalar da, gelecekte bu şekilde karşılamayı düşünmediklerini veya tercih etmediklerini belirtmişlerdir. Son 10 yılda ormanlardan yapacak ve yakacak odun ihtiyacını karşılayan köylülerin, artık bu görüşe katılmadıkları ve farklı bir düşünce içinde oldukları açıkça görülmektedir. Bu durum, dikkate değer bir gelişme olarak değerlendirilebilir. Bu tercihin arkasında, köylülerin alternatif enerji kaynaklarına yönelme amacının olduğu söylenebilir.



Şekil 3. (a) Orman köylülerinin son 10 yılda ormanlardan faydalanma biçimleri, (b) Orman köylülerinin gelecek 10 yılda ormanlardan faydalanma biçimleri, (c) Yapak-yakacak odun ihtiyacını ormandan karşılama düşüncesine katılım düzeyi

Köylülerin son 10 yılda ormanlardan faydalanma biçimlerinde Kruskal-Wallis H-Testi sonuçlarına göre, eğitim düzeyi ve geçim için masraf grupları bakımından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Ancak, hanede yaşayan kişi sayısı ve ana geçim kaynağı grupları bakımından anlamlı bir fark bulunmaktadır ($p<0,05$). Buna göre Duncan Testi sonuçlarına göre, hanesinde 1-2 kişi, 5 ve daha fazla kişi yaşayan köylüler, hanesinde 3-4 kişi yaşayan köylülere kıyasla ormanlardan daha az faydalanmaktadır ($\bar{X}_{\text{hanesinde 3,4 kişi yaşayan}} = 1,81$; $\bar{X}_{\text{hanesinde 1,2; 5 ve daha fazla kişi yaşayan}} = 1,22$). Ana geçim kaynağı

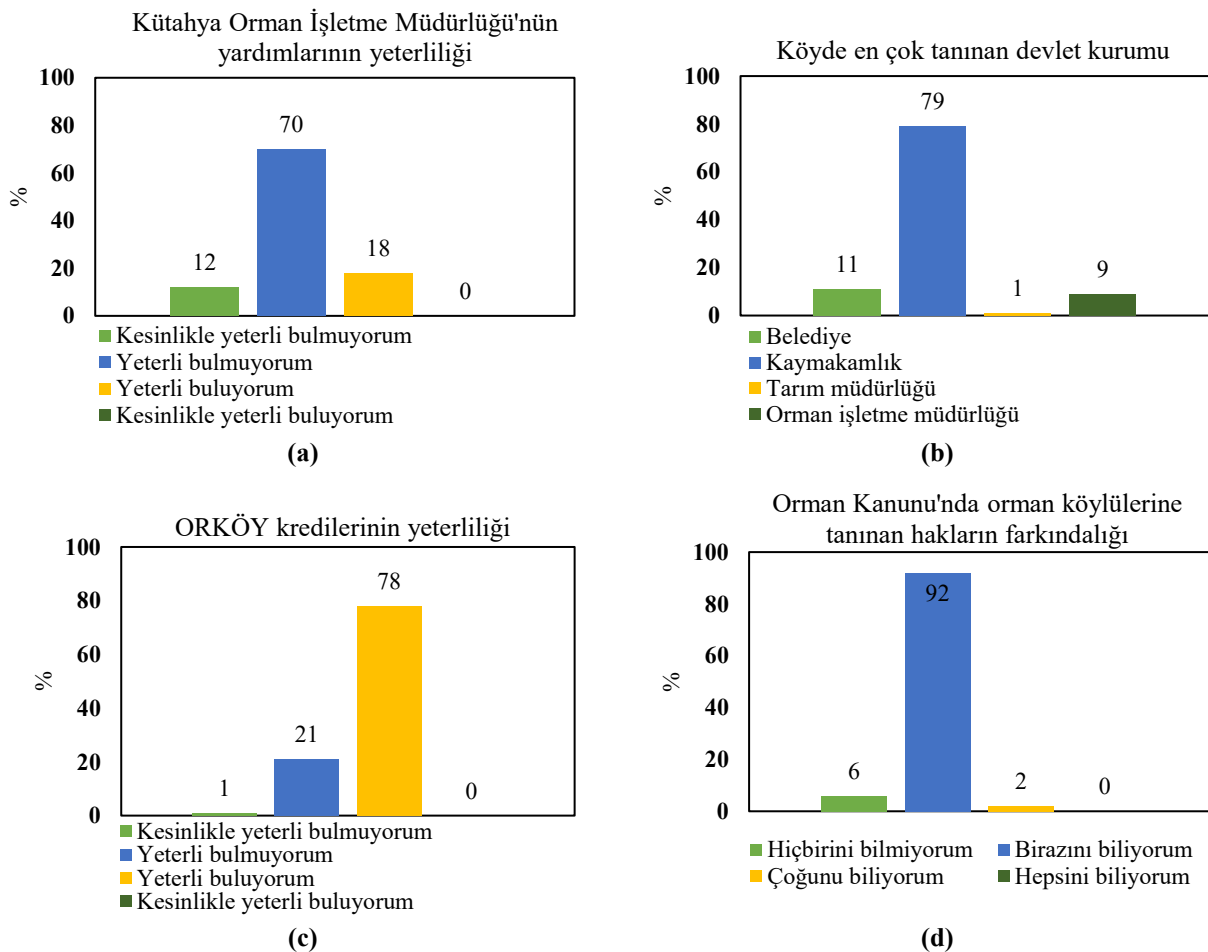
bakımından ele alındığında, ana geçimini esnaflık yaparak sağlayan orman köylüleri diğer meslek gruplarındaki köylülerden (emekli, çiftçi, işçi, serbest), ormancılık üretim işlerinde daha çok yer alarak ormanlardan faydalanmaktadır ($\bar{X}_{\text{ana geçim kaynağı esnaf olanlar}} = 4,00$; $\bar{X}_{\text{ana geçim kaynağı emekli, çiftçi, işçi, serbest meslek olanlar}} = 2,34$).

Köylülerin gelecek 10 yılda ormanlardan faydalanma beklentilerinde eğitim düzeyi, ana geçim kaynağı ve geçim için masraf grupları açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Ancak, hanede yaşayan kişi sayısı bakımından anlamlı

bir fark ortaya çıkmıştır ($p < 0,05$). Buna göre hanesinde 1-2 kişi yaşayan orman köylüleri, gelecek 10 yılda ormanlardan yapacak odun açısından faydalanmak isterken, hanesinde 3-4 kişi ile 5 ve daha fazla kişi yaşayan köylüler, daha çok odun dışı orman ürünleri toplama ve üretim işinde yer alarak ormanlardan faydalanmayı ummaktadır ($\bar{X}_{\text{hanesinde 1,2 kişi yaşayan}} = 2,33$; $\bar{X}_{\text{hanesinde 3,4; 5 ve daha fazla kişi yaşayan}} = 3,32$). Ayrıca, köylülerin büyük çoğunluğu (%84), “yapacak ve yakacak odun ihtiyacını ormandan karşılarım” düşüncesine katılmadıklarını belirtmiş olup, bu görüşe yönelik katılım düzeylerinde hane büyüklüğü, eğitim düzeyi, ana geçim kaynağı ve geçim masrafları açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$).

3.4 Orman köylüsü- ormancılık kurumu (orman işletme müdürlüğü) ilişkileri

Çalışmada ayrıca, Kütahya Orman İşletme Müdürlüğü’nün yardımlarının ve ORKÖY kredilerinin yeterliliği, köyde en çok tanınan devlet kurumunun ne olduğu ve 6831 sayılı Orman Kanunu’nda orman köylülerine tanınan hakların farkındalığı da ölçülmek istenmiştir. Bu sorulara yönelik katılımcıların verdiği cevaplar Şekil 4’te gösterilmiştir.



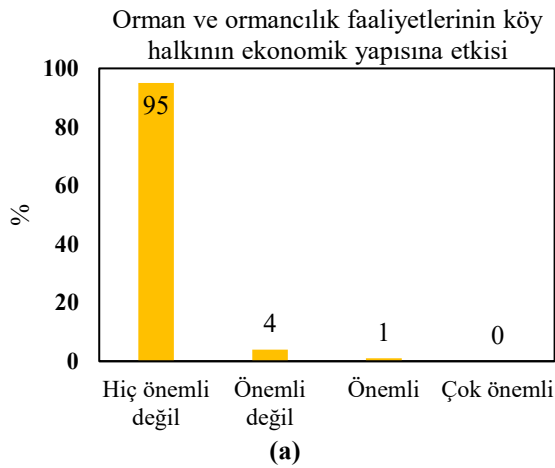
Şekil 4. (a) Kütahya Orman İşletme Müdürlüğü’nün yardımlarının yeterliliği, (b) Köyde en çok tanınan devlet kurumu, (c) ORKÖY kredilerinin yeterliliği, (d) Orman Kanunu’nda orman köylülerine tanınan hakların farkındalığı

Köylülerin çoğunluğu (%82), Kütahya Orman İşletme Müdürlüğü’nün köylere yaptıkları yardımları yeterli bulmamaktadır. Buna bağlı olarak, köylülerin büyük çoğunluğu (%79) kaymakamlık kurumunu daha çok tanımaktadır. Kaymakamlık kurumunun sağladığı sosyal ve ekonomik desteklerin ilgili Orman İşletme Müdürlüğü’ne göre daha görünür olması ve doğrudan yardım mekanizmalarına daha ulaşılabilir olması bu durumun nedenleri arasında değerlendirilebilir. Ayrıca, köylülerin çoğunluğu (%78) ORKÖY kredilerini yeterli bulmaktadır. Orman köylülerinin 6831 sayılı Orman Kanunu’nun orman köylülerine sağladığı haklara ilişkin farkındalıkları değerlendirildiğinde köylülerin

büyük çoğunluğu (%92), kanunun kendilerine tanıdığı hakların en azından bir kısmını bilmektedir.

Kütahya Orman İşletme Müdürlüğü’nün, köylere yaptığı yardımların yeterliliği konusunda yapılan analiz sonucunda, hanede yaşayan kişi sayısına göre anlamlı bir fark bulunmakta ($p < 0,05$); eğitim düzeyi, ana geçim kaynağı ve geçim için masraf gruplarına göre anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$). Buna göre hanesinde 1-2 kişi yaşayan köylülerin, Kütahya Orman İşletme Müdürlüğü’nden aldıkları yardımları, hanesinden 2’den fazla yaşayan orman köylülerine kıyasla daha az yeterli bulmaktadır ($\bar{X}_{\text{hanesinde 3,4; 5 ve daha fazla kişi yaşayan}} = 2,84$; $\bar{X}_{\text{hanesinde 1,2 kişi yaşayan}} = 3,33$). Konu, köylerde en çok tanınan devlet kurumu açısından ele alındığında, hanede yaşayan kişi

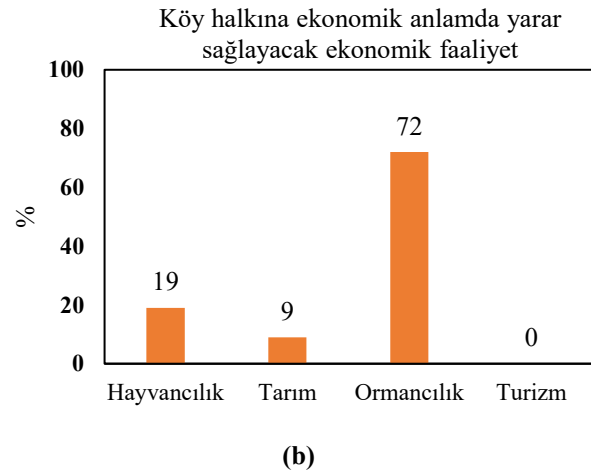
açısından anlamlı bir fark bulunduğu ($p<0,05$), eğitim düzeyi, ana geçim kaynağı ve geçim için masraf grupları açısından anlamlı bir fark bulunmadığı anlaşılmıştır ($p>0,05$). Hanede yaşayan kişi sayısı 1-2 ile 3-4 kişi arasında olan köylüler, hanesinde 5 ve daha fazla kişi yaşayan köylülere göre, köylerinde Kaymakamlık kurumunun daha fazla tanındığını düşünmektedir ($\bar{X}_{hanesinde\ 5\ ve\ daha\ fazla\ kişi\ yaşayan} = 1,86$; $\bar{X}_{hanesinde\ 1,2;\ 3-4\ kişi\ yaşayan} = 2,16$). Buradan genel bir değerlendirme yapıldığında, Orman İşletme Müdürlüğü'nün tanınırlığı, diğer kurumlarla karşılaştırıldığında yeterli düzeyde değildir. ORKÖY kredilerinin yeterliliği açısından değerlendirilme yapıldığında ise hanede yaşayan kişi sayısı, eğitim düzeyi, ana geçim kaynağı ve geçim için masraf gruplarına göre anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). 6831 sayılı Orman Kanunu'nda orman köylülerine tanınan hakların farkındalığı açısından konu ele alındığında, hanede yaşayan kişi sayısı, ana geçim kaynağı ve geçim için masraf grupları açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Ancak eğitim düzeyine göre anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,05$). Eğitim düzeyi açısından, lise mezunu olan orman köylüleri, ilköğretim, ortaöğretim ve üniversite mezunu olan orman köylülerine göre, yürürlükteki Orman Kanunu'nun kendilerine sağladığı hakların daha çok farkındadır ($\bar{X}_{lise\ mezunu} = 3,21$; $\bar{X}_{ilköğretim, ortaöğretim, üniversite\ mezunu} = 3,00$).



3.5 Ormancılık ve diğer ekonomik faaliyetlerin köy halkının ekonomik yapısına katkısı

Bu başlık altında, orman ve ormancılık faaliyetlerinin köy halkının ekonomik yapısına etkisi, köy halkına ekonomik anlamda yarar sağlayacak en önemli ekonomik faaliyetlerin ne olacağı araştırılmıştır. Katılımcıların bu konuya yönelik cevapları, Şekil 5'te gösterilmiştir.

Köylülere, köylülere, mevcutta orman ve ormancılık faaliyetlerinin köy halkının ekonomik yapısına etkisi ve köy halkına ekonomik anlamda yarar sağlayacak ekonomik faaliyetin ne olabileceği soruları yöneltilmiştir. Ankete katılan köylülerin büyük çoğunluğu (%95), mevcut ormancılık faaliyetlerinden yeterli gelir elde edemedikleri için orman ve ormancılığın köy halkının ekonomik yapısına önemli bir katkı sağlamadığını düşünmektedir. Ancak, köylülerin %72'si, yeterli gelir elde edememelerine rağmen ormancılığın ekonomik açıdan kendilerine en fazla yarar sağlayabilecek faaliyet olduğunu belirtmiştir. Bu olgu, ormancılığın potansiyel bir geçim kaynağı olarak görüldüğünü göstermektedir. Özetle, orman köylülerinin, ormancılıktan bekledikleri ölçüde gelir elde edemediklerini ancak daha fazla gelir elde etmeyi umdukları anlaşılmaktadır.



Şekil 5. (a)Orman ve ormancılık faaliyetlerinin köy halkının ekonomik yapısına etkisi, (b)Köy halkına ekonomik anlamda yarar sağlayacak ekonomik faaliyet.

Orman ve ormancılık faaliyetlerinin köy halkının ekonomik yapısına etkisine yönelik düşüncelerde hanede yaşayan kişi sayısı, eğitim düzeyi, ana geçim kaynağı, geçim için masraf gruplarına göre anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Konu köy halkına ekonomik anlamda yarar sağlayacak ekonomik faaliyet açısından ele alındığında ise hanede yaşayan kişi sayısı ve eğitim düzeyi gruplarına göre anlamlı bir fark bulunmakta ($p<0,05$), ana geçim kaynağı ve geçim için masraf grupları açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Hanede yaşayan kişi sayısı bakımından; hanesinde 1-2 kişi yaşayan köylüler, hanesinde 2'den fazla yaşayan kişilere kıyasla ormancılığın, ekonomik yapılarına daha az katkı sağlayacağını düşünmektedir ($\bar{X}_{hanesinde\ 1,2\ kişi\ yaşayan} = 1,83$; $\bar{X}_{hanesinde\ 3,4;\ 5\ ve\ daha\ fazla\ kişi\ yaşayan} = 2,59$). Eğitim düzeyi bakımından ise ilköğretim, lise ve üniversite mezunu orman köylüleri, ortaöğretim mezunu orman köylülerine göre, ormancılığın ekonomik anlamda köy

halkına daha çok fayda sağlayacağını düşünmektedir ($\bar{X}_{ortaöğretim\ mezunu} = 2,29$; $\bar{X}_{ilköğretim, lise, üniversite\ mezunu} = 2,85$).

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmanın bulgularına göre, orman köylülerinin geçimlerini sürdürebilmesi için odun hammaddesi üretiminin ekonomik katkı sağladığı ve ormancılığın potansiyel bir geçim kaynağı olarak görüldüğü anlaşılmaktadır. Orman köylüleri, odun hammaddesi üretiminden elde ettikleri gelirle temel ihtiyaçlarını karşılamaya çalışmaktadır. Ancak, bu faaliyetlerden elde edilen gelirlerin yetersizliği, köylülerin farklı ekonomik faaliyetlere yönelmesine neden olmaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre, köylülerin %68'i, önümüzdeki on yıl içinde odun hammaddesi üretim işlerine devam ederek ormanlardan gelir elde etmeyi talep etmektedir. Bunun nedeni,

mevcut durumda orman köylülerinin odun hammaddesi üretiminden elde ettikleri gelirlerin, yaşamlarını sürdürebilmek için yetersiz kalmasıdır. Bu çalışma sonucunda, köylülerin %81'inin odun hammaddesi üretiminden aylık 2.500-3.500₺ arasında gelir elde ettiği görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği dönemde asgari ücretin 4.253₺ olduğu dikkate alındığında, köylülerin ormancılıkla geçimlerini sağlayabilmeleri için asgari gelirin çok altında kaldıkları anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, Komut (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, orman köylülerinin %64'ünün aylık toplam gelirlerinin (nominal değer) 2.500₺ 'nin altında kaldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Tonyalı (2019) tarafından yapılan bir araştırmada Gümüşhane'deki bazı orman köylülerinin büyük çoğunluğunun (%90) gelirlerinin asgari ücret düzeyine yakın olduğu ortaya konulmuştur. Widianingsih ve ark. (2016), çalışmasında belirttiği gibi, köylülerin gelirlerinin düşük olması, ormancılıkta üretim faaliyetlerine olan bağımlılığını arttırmaktadır. Bu çalışmada da, köylülerin çoğunluğunun (%81) gelirlerinin asgari ücretin altında kaldığı ve bu nedenle geçimlerini sağlamak için odun hammaddesi üretim işlerine ihtiyaç duyduğu anlaşılmaktadır.

Akgün ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada, çalışmaya katılım sağlayan orman köylülerinin %90,1'i, Bekiroğlu ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışma da ise köylülerin %94'ü, Raimov ve Fakir (2018) tarafından yapılan çalışmada köylülerin %91'i, Önal ve Bekiroğlu (2011) tarafından hazırlanan çalışmada köylülerin %92'si, bu çalışmada ise %79'u ilköğretim ve ortaöğretim mezunudur. Buradan anlaşılmaktadır ki, orman köylülerinin eğitim düzeyleri oldukça düşüktür. Misbahuzzaman ve Hall (2015) tarafından yapılan bir araştırmada, Bangladeş'in Chittagong Hill Tracts bölgesindeki orman toplulukların %72,86'sının eğitimsiz olduğu belirtilmektedir. Bir başka çalışmada, Afrika'da yer alan Botsvana'nın Chobe adındaki yerleşim yerinde ormanlarla iç içe yaşayan halkın neredeyse yarısının (%44,8) ilköğretim mezunu olduğu belirtilmektedir (Garekae ve ark., 2017). Bahsi geçen çalışmalarda yer alan köylülerdeki katılımcılara kıyasla bu çalışmadaki katılımcıların eğitim düzeyi daha yüksektir.

Köylülerin çoğunluğu (%68), odun hammaddesi üretim işlerinden düşük gelir etmesine rağmen, gelecekte de bu işlerde yer almayı umduğu bulunmuştur. Keza, Akgün ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada orman köylüleri, ormancılık iş kolundan, geçim kaynağı olarak beklenti içinde olduğu belirtilmiştir. Ancak bunun yanında, bu çalışmaya katılan köylülerin önemli bir kısmı (%72), ana geçim kaynağını tarımsal faaliyetlerden sağlamaktadır. Ana geçim kaynağının yanında, köylülerin %22'si, ormancılık üretim işlerinden ek gelir sağlamaktadır. Yılmaz (2018) tarafından yapılan araştırmada ise orman köylülerinin yalnızca %13'ünün ana geçim kaynağının ormancılık olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Karahan ve Gürbüz (2014) çalışmasında, tarımsal üretimle geçimlerini sağlayan ailelerin %10'unun aynı zamanda ormancılık faaliyetlerinde de bulunduğu ortaya konmuştur. Bu sonuçlar, orman köylülerinin hem ana gelir kaynağında hem de ek gelirlerinde ormancılığın düşük bir paya sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, orman kenarı ve içinde yaşayanların gelirlerinin çeşitlendirilmesi önem taşımaktadır (Illukpitiya ve Yanagida, 2008).

Bu çalışmaya katılım sağlayan köylülerin tamamı (%100) ısınmak için odun ve kömüre başvurmaktadır. Bekiroğlu ve ark.

(2013) tarafından yapılan çalışmada, çalışmaya katılan orman köylülerin neredeyse tamamı (%99) ısınma kaynağı olarak odun ve kömürü kullanmaktadır. Sharma ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada da, çalışma kapsamında yer alan köylerde yaşayanların tamamının (%100) ısınma için başlıca yakıt kaynağı olarak odun kullandığı belirtilmiştir. Buradan anlaşılmaktadır ki, orman köylüleri ısınmak için oduna dolayısıyla ormana başvurmaktadır.

Garekae ve ark. (2017) bir araştırmasında, hane halkının ikamet yeri, yaş ve eğitim düzeyinin ormana olan bağımlılığını etkilediğini belirtirken, benzer şekilde bu çalışma, orman köylülerinin gelir düzeylerinin eğitim seviyesi, hane halkı büyüklüğü ve ana geçim kaynağı gibi faktörlerden etkilendiğini göstermektedir. Bu bulgu, H₀-2 hipotezinin reddedildiğini ortaya koymaktadır. Hanesinde daha fazla kişi yaşayan ve serbest meslekten geçimini sağlayan orman köylüleri, diğer gruplara göre daha düşük gelir elde etmektedir. Ayrıca, eğitim düzeyi arttıkça odun hammaddesi üretiminden elde edilen gelir azalmaktadır. Bu bulgular, odun hammaddesi üretiminin yanı sıra sosyal ve ekonomik faktörlerin de gelir üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, hanesinde 3-4 kişi yaşayan köylüler, diğer gruplara kıyasla ormanlardan daha fazla faydalanırken, ana geçim kaynağı esnafılık olanlar odun hammaddesi üretim işlerinde daha fazla yer almaktadır. Bu durum, büyük hanelerin alternatif geçim kaynaklarına yöneldiğini ve esnafılık yapan köylülerin, ormanı ek gelir kaynağı olarak değerlendirdiğini göstermektedir. Ormancılık faaliyetlerinden elde edilen faydayı artırmak amacıyla, büyük hanelere sahip köylüler için alternatif gelir kaynaklarının geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin, orman ürünleri işleme atölyeleri teşvik edilerek, bu grupların ormanlardan ekonomik olarak daha fazla yararlanmaları sağlanabilir.

Bu çalışma, ormancılık faaliyetlerinin köy halkının ekonomik yapısına etkisine yönelik algıların, hanede yaşayan kişi sayısı ve eğitim düzeyi gibi demografik faktörlere bağlı olarak farklılaştığını göstermektedir. Bu bulgu, H₀-1 hipotezinin reddedildiğini ortaya koymaktadır. Hanesinde 1-2 kişi yaşayan köylülerin, ormancılığın ekonomik katkısını daha düşük algılaması, küçük hanelerin ormancılık faaliyetlerinden yeterince yararlanmadığını düşündürmektedir. Benzer şekilde, ortaöğretim mezunu köylülerin ormancılığın ekonomik katkısını diğer eğitim düzeylerindeki bireylere kıyasla daha düşük algılaması, eğitim düzeyinin ormancılık faaliyetlerinin ekonomik katkısına yönelik bakış açısını şekillendirdiğini göstermektedir. Bu doğrultuda, ORKÖY aracılığıyla verilen kredi ve hibe desteklerinin artırılması, yörede yetişen odun dışı orman ürünlerinden sağlanan gelirlerin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılabilir.

Köylülerin kalkındırılması, orman-köy ilişkilerini iyileştirmenin yollarında biri de kurumların köylerde etkinliğinin artırılmasıdır. Köylülerin %82'si, Orman İşletme Müdürlüğü'nün köylülerine yaptıkları yardımları (ORKÖY'ün sağlamış olduğu sosyal ve ekonomik kredi destekleri, Orman İşletme Müdürlüğü'nün orman köylülerinin ormancılık işlerinde istihdamı ve köylülerin yasal haklarının uygulanması vb.) yeterli bulmamaktadır. Burada öncelikle hangi köylerin, hangi tür alanlarda ve hangi miktarlarda desteğe ihtiyaç duydukları büyük önem taşımaktadır. Bunun bir planlama ve program dâhilinde yapılması zarureti vardır. Aksi halde bu anlamda yapılan hiçbir

uygulama miktarı ne ölçüde büyük olursa olsun tam anlamıyla köylerin kalkındırılmasında başarı sağlayamayacaktır. Orman köylüleri ormancılığımızın en önemli paydaşlarından biridir. Devlet kurumlarıyla, orman köylülerine yönelik destekleyici politikalar geliştirilmesi, uygulanması gerekmektedir. Orman köylüleriyle, ormancılık örgütünün ilişkisinin gelişmesi, orman köylülerinin köylerinde kalmalarını, ormancılık bilgi birikim ve deneyiminin, odun hammaddesi üretim işlerindeki becerilerini geliştirerek çok yönlü kazanımlar elde edilebileceği açıktır. Aynı zamanda orman köylülerinin köylerinde kalması, Orman Teşkilatının kısa, orta ve uzun dönemde orman işçiliği konusunda sıkıntı yaşamaması bakımından da önemlidir.

Bu araştırma, Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde yer alan Bayat, Kırzlıyayla ve Emrez köylerinde gerçekleştirilmiş olup, bazı sınırlılıklara sahiptir. Araştırma, belirli bir zaman diliminde gerçekleştirilmiş olup ormancılık faaliyetlerinin, orman köylüsünün ekonomisine etkilerinin zaman içindeki değişimi ve uzun dönemli eğilimler göz önüne alınamamıştır. Gelecek araştırmalar, farklı coğrafi bölgelerdeki orman köylerini inceleyerek, ormancılık faaliyetlerinin kırsal ekonomi üzerindeki etkilerini daha geniş bir perspektiften değerlendirebilir. Bu çalışmada, köylerdeki nüfusun az olması ana kütle büyüklüğünü sınırlamaktadır. Bu nedenle, katılımcı sayısının sınırlı olması ve bazı köylülerin anketlere katılmama istekliliği, veri toplama sürecinin kapsamını daraltmıştır. Gelecek çalışmalarda, daha fazla köy ve çeşitli coğrafi bölgelerden örneklem alarak, ormancılık faaliyetlerinin yerel ekonomi üzerindeki etkilerini daha geniş bir çerçevede incelemek faydalı olacaktır.

Sonuç olarak,

- Orman köylerinde, odun hammaddesi üretiminin yanında, alternatif gelir kaynakları elde etmeye yönelik olarak orman ürünleri işleme atölyeleri oluşturulabilir.
- Odun hammaddesi üretim işlerinde, eğitime dayalı sertifikasyon uygulamasıyla uzmanlaşmanın sağlanması gerekmektedir. Bu yolla, özellikle üretim işlerinde uzmanlaşmış köylülerin, gelirlerinin artırılması sağlanabilir.
- Köylülerin gelir kaynaklarını çeşitlendirmeleri için orman bazlı iş geliştirme projeleri başlatılabilir. Bu kapsamda, arıcılık, mantarcılık, aromatik bitki yetiştiriciliği gibi yöre koşullarına uygun potansiyel ekonomik faaliyetler uygulamaya geçirilebilir.
- ORKÖY destekleri kapsamında, köy bazında kapsamlı araştırmalar yapılarak, her köyün ihtiyaçlarına göre kredi ve hibe türleri ile miktarları belirlenmeli ve bu şekilde destekler artırılmalıdır.
- Bu çalışma kapsamında, köylülerin %72'sinin ana geçim kaynağının tarım olduğu dikkate alınarak, tarım- ormancılık entegrasyonunu sağlayacak (örneğin tarımsal ormancılık) çalışmalar gerçekleştirilmelidir.
- ORKÖY aracılığıyla, köylülere ısınma için alternatif enerji kaynakları sağlanmalıdır.
- Orman İşletme Şefliği'nin belirli aralıklarla köylülerle toplantılar düzenleyerek, köylülerin ormanlardan ve kurumdan

beklenti ve taleplerini dinleyerek ikili ilişkilerin güçlenmesi sağlanabilir.

Kaynaklar

- Akesen A., Ekizoğlu, A., 2010. Ormancılık Politikası. Türkiye Ormanlar Derneği Eğitim Dizisi, Yayın No: 6, Sayfa: 1-17, Ankara.
- Akgün, T., Şahin, A., Kul, A.A., Özer, G., Bekiroğlu Öztürk, S., 2023. Baltalık ormanların koruya dönüştürülmesinin orman köylüsünün sosyoekonomik yapısı üzerine etkileri: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü örneği. Ormancılık Araştırma Dergisi, 10(Özel Sayı), 140-162.
- Alkan, S., 2014. Kırsal nüfus değişiminin, ormanlar ve ormancılık üzerine etkileri (Trabzon İli Örneği). Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 14(1) 69-78.
- Alkan, S., Toksoy, D., 2008. Orman köylerinde sosyo-ekonomik yapı: Trabzon ili örneği. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 8(1), 37-46.
- Bekiroğlu, S., Atıcı, E., Özkul Özer, G., Yadigar, S., Uslu, B., 2013. Baltalıkların oluşumu ve baltalıkların koruya dönüştürülmesinin sosyoekonomik boyutu (İstanbul örneği). Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 63(2), 61-70.
- Bugday, E., 2016. Ormancılıkta üretimin planlaması ve hassas ormancılık anlayışı. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 2(1-2), 54-57.
- Bulut, A., 2018. Orman köylerindeki sosyoekonomik değişimin orman alanları üzerine olan etkilerinin belirlenmesi (Kastamonu ili örneği). Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- ÇSGB, 2022. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. <https://www.csgeb.gov.tr/media/35787/yillar-itibariyle-net-brut-asgari-ucetler.pdf> (erişim tarihi:20.12.2024).
- Daşdemir, İ., 2016. Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Nobel Akademik Yayıncılık ve Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Yayın No: 1536, ISBN 978-605-320-442-8, 210 s., Ankara.
- Dewi, S., Belcher, B., Puntodewo, A., 2005. Village economic opportunity, forest dependence, and rural livelihoods in East Kalimantan, Indonesia. World Development, 33(9), 1419-1434.
- Durkaya, A., Kaptan, S., Durkaya, B., Önal, G., Erdoğan, S., 2017. Orman köylüsü ve yaylacıların sosyo ekonomik ve sosyo kültürel yapısı ile çatışmaların incelenmesi (Giresun ve Manisa Yöresi Örneği), Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1), 252-267.
- Eker, Ö., Nazik, S., 2017. Orman kaynaklarının yoksulluk yönetimi ve kırsal kalkınma üzerine sosyo-ekonomik etkileri: Kastamonu Pınarbaşı ilçesi örneği. Turkish Journal of Forest Science, 1(1), 44-58.
- Garekae, H., Thakadu, O. T., Lepetu, J., 2017. Socio-economic factors influencing household forest dependency in Chobe enclave, Botswana. Ecological Processes, 6, 1-10.
- Günşen, H. B., 2012. Orman köylerinde iç göçleri etkileyen faktörler (Bartın- Kastamonu örneği). Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Illukpitiya, P., Yanagida, J. F., 2008. Role of income diversification in protecting natural forests: evidence from rural households in forest margins of Sri Lanka. Agroforestry Systems, 74, 51-62.

- İnce, Y., Tolunay, A., 2009. Orman köylülerinin orman kaynaklarından yapacak odun yararlanma haklarının ekonomik boyutu (Isparta ili orman köyleri örneği). II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Karahan, H., Gürbüz, İ. B., 2014. Orman köylerinde tarımsal faaliyette bulunan aile işletmelerinin sosyo-ekonomik yapısı. Ulusal Aile Çiftliği Sempozyumu, 30-31 Ekim, Ankara.
- KOBM., 2025. Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü Orman Varlığı. <https://www.ogm.gov.tr/kutahyaobm/ormanlarimiz/orman-varligi> (erişim tarihi: 01.02.2025).
- Komut, O., 2019. Odun dışı orman ürünlerine ilişkin paydaş farkındalığı: orman köylüsü örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 20(1), 110-117.
- Menemencioğlu, K., 2009. Ormancılıkta üretim işlerinde çalışma koşulları ve iş kazaları üzerine bir araştırma. Turkish Journal of Forestry, 7(2), 1-12.
- Menemencioğlu, K., 2012. Tarım ve orman işçiliğinde çalışma yeri koşulları ve karşılaşılan sorunlar. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 2, 72-76.
- Misbahuzzaman, K., Smith-Hall, C., 2015. Role of forest income in rural household livelihoods: The case of village common forest communities in the Chittagong Hill Tracts, Bangladesh. Small-Scale Forestry, 14, 315-330.
- Orhunbilge, A.N., 2000. Örnekleme Yöntemleri ve Hipotez Testleri (Gözden Geçirilmiş ve Genişletilmiş İkinci Baskı). Avcıol Basım ve Yayın, 420 s., İstanbul.
- OGM., 2024. Orman Genel Müdürlüğü. Ormancılık istatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> (erişim tarihi: 01.02.2025).
- Önal, P., Bekiroğlu, S., 2011. Orman köylerinde ORKÖY tarafından gerçekleştirilen köy kalkındırma projelerinin uygulama sonuçlarının araştırılması (Şile-İstanbul). Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 61(2), 53-66.
- Raimov, R., Fakir, H., 2018. Orman köylülerinin odun dışı orman ürünlerini kullanım olanakları (Eğirdir Yöresi Örneği). Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2, 132-144.
- Sharma, C. M., Gairola, S., Ghildiyal, S. K., Suyal, S., 2009. Forest resource use patterns in relation to socioeconomic status. Mountain Research and Development, 29(4), 308-319.
- Toksoy, D., Ayaz, H., Şen, G., 2008. Artvin ili orman köylerinin sosyo-ekonomik özellikleri. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 9(1-2), 1-11.
- Tolunay A., Alkan H., Korkmaz M., 2005. Burdur Gölhisar halkının çilesi: gurbette orman işçiliği, I. Burdur Sempozyumu, Burdur.
- Tonyalı, S. A., 2019. Orman köylülerinin güneş enerjili su ısıtma sistemlerini kullanması ile ortaya çıkan sosyo ekonomik durumun değerlendirilmesi Gümüşhane örneği (Yüksek Lisans Tezi), Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- TÜİK., 2022. Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (erişim tarihi: 01.02.2025).
- Yılmaz, A., 2018. Orman, köylü ve devlet: ormandan faydalanma, koruma ve orman suçları bağlamında orman köylüsü ve devlet ilişkileri. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20(4), 665.
- Widianingsih, N. N., Theilade, I., Pouliot, M., 2016. Contribution of forest restoration to rural livelihoods and household income in Indonesia. Sustainability, 8(9), 835.



Examination of botanical gardens as urban green and open spaces in terms of ecosystem services: The case of Iasi Botanical Garden, Romania

Merve Kalaycı Kadak ^{1*}

¹Kastamonu University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Landscape Architecture, Kastamonu, Türkiye

ARTICLE INFO

Received: 27/04/2025

Accepted: 12/06/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1684808>

*Corresponding author:

mkalayci@kastamonu.edu.tr

ABSTRACT

Research Article

Background and Aims Modern cities are faced with rapidly increasing environmental-urban problems. This situation has further enhanced the need for public green spaces where urban residents can reconnect with nature. After the COVID-19 pandemic especially, urban residents' dependence on urban green and open spaces has become essential for both physical and psychological well-being. In this context, botanical gardens are some open spaces where urban recreation activities can be carried out. Botanical gardens allow for many cultural and social

activities. In this respect, botanical gardens also serve ecosystem services. Because cultural ecosystem services, which are a subclass of ecosystem services, are services that increase human well-being, contribute socially, and are not easily quantifiable economically. In addition to these benefits, they can also affect climate dynamics. Botanical gardens often represent crucial ecological elements of the urban structure. Provisioning habitats for some species in urban areas is one of the other benefits of botanical gardens for ecosystem services.

Methods The Anastasie Fătu Botanical Garden was analyzed. Through on-site observation and visual documentation, the services provided by ecosystem services and urban green and open space planning were examined.

Results The Botanical Garden, consistently contributes to nature protection and human well-being through ecosystem services. The contributions to education and recreation underline the significance of botanical gardens and this result coincides considerably with earlier studies.

Conclusion It was determined that the example area primarily provides cultural ecosystem services within the framework of green and open urban area. Activity-based suggestions were developed in terms of ecosystem services.

Key Words: Botanical garden, climate change adaptation, ecosystem services, southeast Europe, sustainability, urban planning

Kentsel açık ve yeşil alan olarak botanik bahçelerinin ekosistem servisleri açısından deneyimsel olarak incelemesi: Romanya Iasi Botanik Bahçesi örneği

ÖZ

Giriş ve Hedefler Günümüz şehirlerinde yaşanan kentsel-çevresel sorunlar, kent sakinlerinin doğayla bağ kurabilecekleri kamusal yeşil alanlara olan ihtiyacı daha da artırmıştır. Özellikle COVID-19 pandemisinden sonra kentli insanın kentsel açık yeşil alanlara olan bağlılığı hem fiziksel hem psikolojik iyilik hali açısından vazgeçilmez hale gelmiştir. Bu kapsamda botanik bahçeleri kentsel rekreasyon faaliyetlerinin gerçekleştirilebileceği dış mekanlardan bazılarıdır. Çok çeşitli bitkiye ve doğal oluşuma ev sahipliği yapan botanik bahçeleri, kültürel ve sosyal birçok faaliyete imkân tanımaktadır. Bu yönüyle botanik bahçeleri, ekosistem hizmetlerine de hizmet etmektedir. Çünkü ekosistem hizmetlerinin bir alt dalı olan kültürel ekosistem hizmetleri, insanların refahını arttıran toplumsal olarak da katkı sunan ve direkt olarak ekonomik olarak ölçülemeyen hizmetlerdir. Bu faydalarının yanı sıra iklimsel süreçlere de katkı sağlayabilmektedir. Botanik bahçeleri, çoğu zaman şehrin yaşayan kısımlarını temsil eder. Ayrıca, botanik bahçeleri sadece insanlar için değil, birçok diğer canlıya da ev sahipliği yapabilmektedir. Bu yönüyle, kentsel alanlarda bazı türlere habitat oluşturması, botanik bahçelerinin ekosistem hizmetlerine olan diğer faydalarındandır.

Yöntemler Bu çalışmada, bakımlı yeşil alanları ile ünlü bir Avrupa kenti olan Iasi'de yer alan Anastasie Fătu Botanik Bahçesi incelenmiştir. Yerinde gözlem ve görsel dökümantasyon yöntemiyle ekosistem servislerinin sunduğu hizmetler ve kentsel açık yeşil alan planlaması bağlamında irdelenmiştir.

Bulgular Iasi Botanik Bahçesi, ekosistem hizmetleri bağlamında doğaya ve insan refahına olumlu yönde katkı yapmaktadır. Özellikle eğitim ve rekreasyonel açıdan sağladığı katkı düzeyi, botanik bahçelerinin önemini ortaya koymakta ve literatürdeki çalışmalarla örtüşmektedir.

Sonuçlar Çalışma alanının kentsel açık yeşil alan bağlamında özellikle kültürel ekosistem servislerine hizmet ettiği tespit edilmiştir. Etkinlikler ve ekosistem servisleri özelinde öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Botanik bahçesi, ekosistem servisleri, güneydoğu Avrupa, iklim değişikliğine adaptasyon, kentsel planlama, sürdürülebilirlik

Citing this article:

Kalaycı Kadak, M., 2025. Examination of botanical gardens as urban green and open spaces in terms of ecosystem services: The case of Iasi Botanical Garden, Romania. *Anatolian Journal of Forest Research*, 11(1), 180-190.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Introduction

Botanical gardens that are established as urban green and open spaces carry many various missions, such as preserving plant collections, carrying out educational and research activities, and providing recreational opportunities. Additionally, they contribute to the sustainable use of urban natural resources by collecting plant species, hosting scientific research, and supporting educational activities (Westwood et al., 2021). Indeed, the initial purpose of the botanical gardens was solely to cultivate medicinal plants. However, subsequent to the 17th century, a new mission was designated to the concept of botanical gardens, transforming them into spaces where economically advantageous plants would also be cultivated. Botanical gardens have taken on a greater mission, becoming not only ecosystems that make environmental contributions but also social responsibilities over time. For instance, some botanical gardens in China, via plant collecting, scientific research, and education activities, perform important studies on regional biodiversity and plant adaptation (Li et al., 2023). Furthermore, botanical gardens have a noticeable effect on increasing genetic diversity and preventing species extinction (Mounce et al., 2017). In addition, botanical gardens represent elements of green spaces that increase the sustainability of urban ecosystems. In terms of urban ecosystems, botanical gardens are not only important for the conservation of biodiversity but also increase social benefits through the recreational and aesthetic values they offer to visitors (Funsten et al., 2022). In terms of urban biodiversity conservation, providing ecological balance, and improving the quality of the urban environment are crucial in these areas (Aksu and Yilmaz, 2024). Botanical gardens and similar green and open spaces, especially in developed urban regions, fulfill the desire to gather with nature, which strengthens human well-being. Research on user satisfaction presented that the various activities and educational opportunities offered by botanical gardens are highly appreciated by city stakeholders and thus contribute directly to improving the urban life quality (Aksu and Yilmaz, 2024; Funsten et al., 2022). In examples such as Bogor Botanical Gardens, a well-planned environment strengthens visitors' feelings and cognitive connections with nature, thus remembering the visit experience positively (Danaparamita et al., 2021; Marlin et al., 2024). In this respect, it also supports cultural ecosystem services, which is a subclass of ecosystem services (Tulek, 2023). After the Covid-19 pandemic especially, urban residents' dependence on urban green and open spaces has become essential for both physical and psychological well-being. Even the standards of living in the cities have changed, and the idea of garden cities has come to the agenda more frequently. The urban residents, who spend most of their lives in indoor areas such as homes and workplaces, can most easily fulfill their longing for nature in urban green and open spaces. In this context, urban botanical gardens are commonly preferred. In addition, botanical gardens have critical roles in both performing ecological functions and increasing social well-being as the foundation of sustainable urban ecosystems.

On the other hand, urban botanical gardens, through their vast green areas and the presence of plants, can mitigate the effects of urban heat islands and help to create more climate-resilient cities. The disasters that occurred in cities due to the

effects of climate change have been frequently observed in recent decades. It is known that disasters caused by the effects of climate change in almost every location, independent of its surface area, population density, and geographical location, lead to many material and non-material damages (Gul and Esen, 2024; Kalaycı Kadak et al., 2024). It is essential to take action to contribute to climate resilience through urban green and open spaces in order to avoid these negativities (Basaran, 2024). In this context, the function of botanical gardens in reducing the urban heat island effect makes botanical gardens increasingly important. Because urban sustainability covers various ecosystem services, such as reducing the heat island effect, enhancing air quality, regulating the water cycle, and conserving biodiversity (Redweik et al., 2023).

Botanical gardens can be seen as a key component for sustainable and climate-resilient cities, as they can offer scientific, ecological, social, aesthetic, recreational, and cultural benefits simultaneously. With these features, botanical gardens are the essential factors of climate-sensitive urban planning. Botanical gardens are one of the green and open areas that contribute to the physical structure of the city as a whole within the urban landscape and are included in the most important components that bring together other land uses in a balance (Gul and Kucuk, 2001). Furthermore, they are considered as instruments for the development of scientific and social awareness in areas of interaction that bridge the gap between nature and human beings (Westwood et al., 2021). These areas serve environmental sustainability at both local and global scales by protecting dense plant diversity and natural habitats that are rarely found in urban environments (Cavender and Donnelly, 2019). In order to analyze botanical gardens in terms of the mentioned features, the botanical garden in Iasi (Romania), a city in Southeast Europe that impresses with its well-maintained green and open areas in the city, was determined as the examination area.

The aim of the study is to investigate the sections and functions of the Anastasie Fătu Botanical Garden through on-site observation and visual documentation under a nature-based approach. In addition, activity-based spatial recommendations for the botanical garden, which is evaluated in the context of ecosystem services, were also developed. Thus, the place and importance of botanical gardens in urban planning has been re-examined on both local and global scales.

2. Material and Method

This study focuses on the botanical garden located in Iasi, Romania. This study relies on the visual documentation obtained from the botanical garden by the author.

2.1 Material

2.1.1 Study area

The study area focuses on Iasi, Romania, which is located at latitude 41°11'12" N and longitude 27°33'38" E (Figure 1).



Figure 1. Location Map of Anastasie Fătu Botanical Garden, Iasi (Original, 2025)

Founded in 1856 on land owned by Romanian naturalist Anastasie Fătu, the Anastasie Fătu Botanical Garden (Grădina Botanică "Anastasie Fătu") is the largest and oldest botanical garden in Romania (URL-1, n.d.). The botanical garden has extended gradually until today, reaching the approximately 99-ha surface area (URL-2, n.d.). It has been a founding member of the Romanian Botanical Gardens Association since 2000 and has cooperations with 600 similar establishments, such as botanical gardens, arboretums, and research institutes (URL-3, n.d.).

2.2 Methodology

The Anastasie Fătu Botanical Garden, in the city of Iasi, which impresses with its well-maintained green and open areas of Romania in Southeast Europe, was determined as the examination area. It was addressed in terms of social-ecological functions of green and open areas in the urban. Moreover, the botanical garden was evaluated in terms of the ecosystem services (Table 1) and urban planning under the holistic and nature-based approach.

Table 1. Ecosystem services (Source: Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

Provisioning Services (PS)	Supporting Services (SS)	Cultural Services (CS)	Regulating Services (RS)
Water	Nutrient Cycling	Educational	Climate Regulation
Food Production	Soil Formation	Recreational	Flood Regulation
Wood and Fiber	Primary Production	Aesthetic	Water Purification
Fuel	Habitat Provision	Spiritual	

The methodology of the article was designed in March 2022, and the on-site survey was completed in May 2022. Photographs were taken by the researcher for visual documentation during the field study. However, due to seasonal changes in plants, some visual documents obtained from the official web resources of the botanical garden were also used in the research. Thus, with the recommendations developed as a result of the study, it is focused on improving botanical gardens in terms of urban planning and ecosystem services and on supporting human well-being.

3. Results

The botanical garden was departmentalized into nine sections, which are as follows;

- Systematic Section
- Ornamental Section
- Greenhouse Complex
- Phytogeography Section
- Biology Section
- Useful Plants Section
- Rosarium Section
- Arboretum Section
- Section of Romanian Flora and Vegetation

In addition to these sections, the entrance to the botanical garden was examined first.

3.1 Entrance to the Botanical Garden

At the entrance to the botanical garden, there is a cycle stand for bicycles, which are frequently preferred as a means of transportation city-wide. In addition, the entrance to the site is bordered by wooden fences, and there is a kiosk for controlled access. The entrance is divided by a long seasonal flower bed and is double-sided (Figure 2).

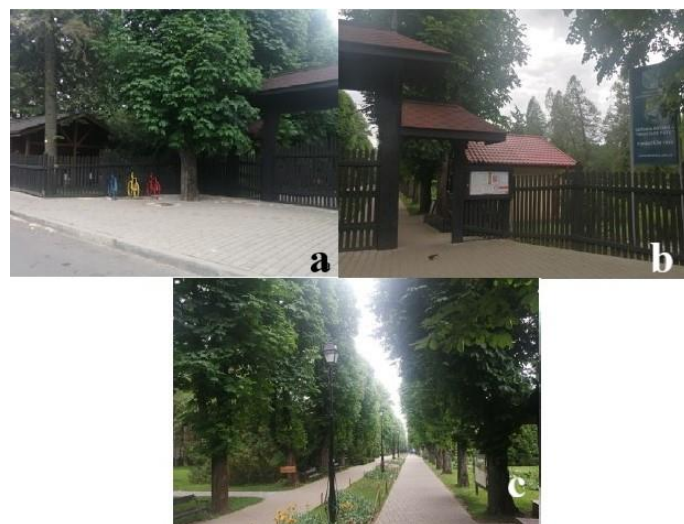


Figure 2. Bicycle rack (a), entrance area (b), main entrance (c) (Original, 2022)

3.2 Systematic section

This section is located by the main gate of the Botanical Garden, on the left side. The systematic section covers an area of around 5 hectares (Figure 3).



Figure 3. *Ginkgo biloba* (a,b), *Malus baccata* (c) (Original, 2022)

Plants had been classified according to their phylogenetic relationships. This section also has examples of topiary art (Figure 4).



Figure 4. Example of Topiary work (a, b) (Original, 2022)

3.3 Ornamental section

The ornamental section is located in relation to the greenhouse complex and the administrative places. This department is known to have a recreational and cultural role. In

this section are both indoor and outdoor parts as related to using types (Figure 5).



Figure 5. Examples of the Ornamental section (a,b,c) (source: URL-5)

In areas classified according to the ecological requirements of plants, the main purpose is not only to provide recreational benefits but also to carry out educational activities (URL-4, n.d.). In this section is the special subsection designed for the blind. Organized in 1991, it is located on the left side of the administrative building, where about 30 species are displayed with labels in both Latin and Braille (Figure 6).

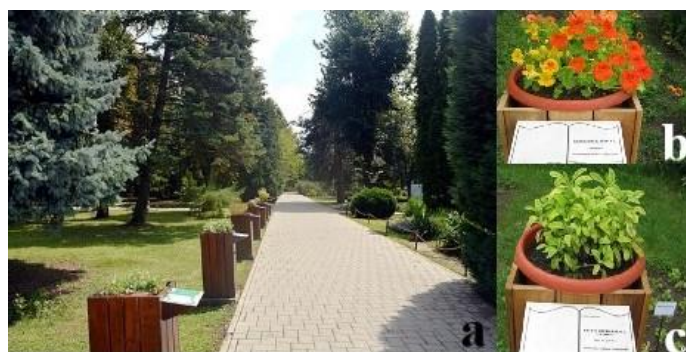


Figure 6. Subsection for the Blind; overview of the subsection(a), *Tropaeolum majus* (b), *Salvia officinalis* (c) (source: URL-5)

In this special part, the plants, such as *Tagetes patula*, *Tropaeolum majus*, and *Salvia officinalis*, release intense scents when touched, facilitating their identification.

3.4 Greenhouse complex

The greenhouse complex includes a total of 21 greenhouses (Figure 7, 8). The 11 of them can only be visited at times permitted by the botanical garden management. In particular, there are subtropical, tropical, and equatorial plant collections.



Figure 7. The overview of the section (a), *Geum coccineum* (b), *Lonicera nitida* (c), *Euphorbiaceae* (d), *Syngonium podophyllum*-*Pilea spruceana*-*Begonia bowerae* (e) (Original, 2022)



Figure 8. *Anemone blanda* (a), *Schefflera arboricola*-*Aucuba japonica* (Original, 2022)

3.5 Phytogeography section

This section, where plants from different geographical regions worldwide are classified according to their origin, has a surface area of approximately 16 hectares (Figure 9).



Figure 9. *Iris sibirica* (a), *Phlox divaricata* (b), *Sedum telephium* (c), *Paeonia x suffruticosa* 'Purple' (d), *Hemerocallis middendorffii* (e), *Allium* (f) (Original, 2022)

In addition, a short pedestrian walkway has been designed within the section (Figure 10).



Figure 10. The overview of the walking paths (a, b), the gazebo on the way (c) (Original, 2022)

3.6 Biology section

The biology section has a surface area of 5.5 hectares and covers various formations according to characteristics, such as the evolution, structures, and functions of plant species (Figure 11).

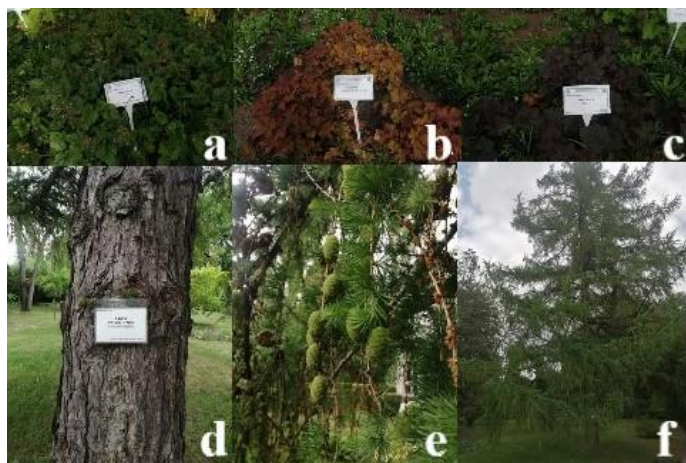


Figure 11. Heuchera (a, b, c), *Larix decidua* (d, e, f) (Original, 2022)

This section is located in the middle of the botanical garden. There is a rock garden that represents the evolution of living organisms (Figure 12). In this context, the different landscape elements, such as rock gardens, scent gardens, and water gardens, that are applied in the garden design have both aesthetic and ecological contributions (Aksoy et al., 2023).



Figure 12. The overview of the rock garden (a, b) (Original, 2022)

Furthermore, the flower beds and the ponds are organized in this section as recreational land use (Figure 13).



Figure 13. The flower arches (a), artificial pond (b) (Original, 2022)

3.7 Useful plants section

This section extends over 2 hectares on the central plain of the botanical garden (Figure 14). It is bounded to the northeast by the Systematic Section, to the west by the Biology Section, to the south by the Arboretum Section, and to the southeast by the Rosarium Section.



Figure 14. The overview of section (a), *Cydonia oblonga* (b), *Carpinus caroliniana* (c) (Original, 2022)

The section has subsections, which are as follows (URL-6, n.d.):

- Subdivision of plants used in the food industry
- Subsection of medicinal plants
- Subsection of aromatic and spice plants
- Subsection of fodder plants
- Subdivision of resin and rubber plants
- Subsection for plants utilized in the care of sensory organs (e.g., oral hygiene, eye health)

3.8 Rosarium section

The garden contains around 700 distinct species (URL-7, n.d.), differing in size, shape, color, and texture of flowers (Figure 15).



Figure 15. Various roses in the rosarium (a, b) (source: URL-7)

It is located near the Systematic, Useful Plants, and Arboretum areas, covering an area of approximately 1.5 hectares (Figure 16).



Figure 16. The overview of the section (Original, 2022)

3.9 Arboretum section

Located at the southern extremity of the Botanical Garden, it has an area of roughly 18 hectares (Figure 17).



Figure 17. The overview of the section (a), structure of the way (b) and stairs (c) in the section (Original, 2022)

Tree and shrub species are presented based on their ecological needs. Gymnospermae and Angiospermae have subdivisions (Figure 18).

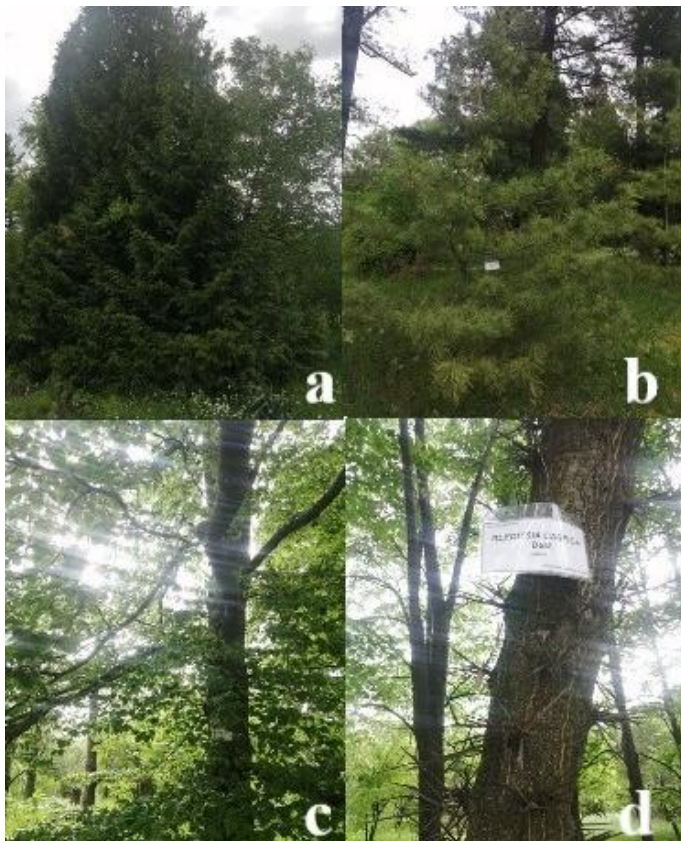


Figure 18. *Chamaecyparis lawsoniana* (a), *Pinus strobus* (b), *Fagus sylvatica* (c), *Gleditsia caspica* (d) (Original, 2022)

3.10 Section of Romanian flora and vegetation

The section exceeding 25 hectares constitutes the largest part of the botanical garden (Figure 19). It has been representing six sub-geographical regions, namely Moldova, Transylvania, Banat, Muntenia, Oltenia, and Dobrogea. The primary aim is to preserve genetic heritage under the cultural perspectives (URL-8).

4. Conclusions and Recommendations

Visited in 2022 in May, the Anastasie Fătu Botanical Garden is located in the Copou district in Iasi, Romania. Having the largest and oldest botanical garden in the whole country, it is definitely a must-see location. Placed in a region that stands out with its well-managed green and open urban spaces, this area supplies positive effects to the city in many categories, including educational, recreational, cultural, and other aspects associated with human well-being. Near the botanical garden, there is the Copou city park, which, despite being established at different times, is successfully connected. In this context, it is evident that the planning of connectivity among urban green and open areas in Iasi is not conducted in isolation.



Figure 19. The lake in the section (a), the overview of the section (b) (source: URL-8), the lake in the section (c) (Original, 2022)

Urban green and open spaces are sections of the city that contribute to the environmental, social, and sustainable functions of the urban framework. They consist of spaces for social interaction and relaxation, restoration of nature-based resources, and the conservation of natural and semi-natural elements (Wikantiyoso et al., 2020). Urban green and open spaces hold significant importance in landscape architecture. These spaces serve multiple functions regarding urban functionality and aesthetic purposes (Gul and Kucuk, 2001):

- They add dynamism to the monotonous structure of urban areas and provide balance with developed areas,
- They supply benefits in the safety of vehicle and pedestrian traffic,
- They permit people to attend recreational activities,
- They contribute positive effects on climatic factors, despite the urban heat island effect, notably in building regions,
- By supporting an environment for human and nature gathering, they benefit individuals and their human well-being.
- Through the plant communities they hosted, they conserved the direct contact of the top of the soil with climatic conditions as well as being green space.

In light of these findings, first the opportunities/benefits and potentials of the Iasi Botanical Garden as an urban green and open space were assessed (Table 2, Table 3). Afterwards, all of the values were examined in terms of ecosystem services (Table 4).

Table 2. Resources of the botanical garden according to the sections

Presently available resources	Section
Areas where genetic heritage or plants are under protected	All of the sections Arboretum Section
Areas allow some sports activities, such as walking and running	Phytogeography Section Ornamental Section Useful Plants Section
Areas permit the artistic exhibitions activities	Systematic Section Greenhouse complex Rosarium Section
Areas allow for the observation and viewing activities	Useful Plants Section Ornamental Section
Areas provide educational and scientific opportunities	Ornamental Section
Areas to supply to be alone within nature	Ornamental Section
Areas are provided to meet with plants from different phytogeographic regions	Phytogeography Section
Areas support to get information regarding to the evolution of plants	Biology Section
Areas allow to experiment plants for the disadvantaged peoples	Special place for the blind in the Ornamental Section
Areas enable the places for graduate educational research	Greenhouse complex Ornamental Section

Table 3. Benefits of the botanical garden according to the sections

Presently available benefits	Section
Can be used in all seasons	All of the sections except steeply-sloping parts of the Arboretum Section and Phytogeography Section
Can be informed about the plants	All of the sections
Getting away from urban chaos and stress	Phytogeography Section Useful Plants Section
Exploring nature, spending time in nature	All of the section
Getting the fresh air by getting away from developed areas	All of the section
Reducing the effects of greenhouse and heat island depends on climate change	All of the section
Utilizing from the therapeutic effects of water surfaces	Section of Romanian Flora and Vegetation Biology Section
Getting knowledge related to utilize the plants	Useful Plants Section

As seen in Table 2 and Table 3, the botanical garden holds many missions in the context of being an urban green and open area: The green and open areas can include parks, botanical gardens, streets landscape-designed, and even agricultural areas. These areas have crucial importance in supplying psychological advantages by decreasing stress levels of city residents. The studies show that these opportunities obtained from urban green and open areas can affect the well-being of city residents (Nababan and Ambarini, 2025). Additionally, strategic location of green areas, in respect of protection of natural resources, supporting local ecosystems, and supplying social well-being, are primary elements of the urban green areas concept (Wikantiyoso et al., 2020). These areas have essential importance in terms of providing psychological benefits, supporting social connections, and reducing the stress levels of city residents. In this perspective, the urban green and open areas generate ecological balance in the urban planning. Furthermore, they are crucial values that increase the life quality of resources (Nababan and Ambarini, 2025). Iasi Botanical Garden provides considerable benefits in the context of the ecosystem services, besides (Table 4).

For instance, botanical gardens have the function of providing habitat in the urban ecosystems. These areas support the habitats of pollinators, such as bees and butterflies. Thus, continuity of urban ecological networks and ecological services

has been supplied (Aksoy et al., 2023; Menezes et al., 2022; Prudic et al., 2022; Vilella-Arnizaut et al., 2022). In this context, all sections, which are provision habitats, of the botanical garden serve the ecosystem's supporting services, particularly the Phytogeography Section and Section of Romanian Flora and Vegetation.

According to this study, the botanical garden also serves cultural ecosystem services. These areas are important in terms of the awareness of the urban ecosystems by the educai and supplying social and cultural benefits. The botanical garden presents a direct connection with nature for residents through public attendance, environmental education, conservation of public health, and cultural heritage. Thus, being a bridge between urban planning and environmental consciousness for the urban citizens (Cowell et al., 2022; Zelenika et al., 2018). In this context, all sections of the botanical garden serve the ecosystem's services, particularly the Systematic Section, Ornamental Section, Arboretum Section, and Biology Section. The part that was designed for blind persons in the Ornamental Section is so crucial in the context of serving blind persons, who are disadvantaged. On the other hand, botanical gardens aim to provide ecosystem services, such as decreasing the effects of climate change, increasing links between nature and humans, improving the air quality, and managing the water cycle (Wikantiyoso et al., 2020).

Table 4. Classes of ecosystem services according to the resources and benefits

Presently available resources	ES
Areas where genetic heritage or plants are under protected	PS, SS, CS, RS
Areas allow some sports activities, such as walking and running	CS
Areas permit the artistic exhibitions activities	CS
Areas allow for the observation and viewing activities	CS
Areas provide educational and scientific opportunities	CS
Areas to supply to be alone within nature	CS
Areas are provided to meet with plants from different phytogeographic regions	SS, CS, RS
Areas support to get information regarding to the evolution of plants	SS, CS
Areas allow to experiment plants for the disadvantaged peoples	CS
Areas enable the places for graduate educational research	CS
Presently available benefits	
Can be used in all seasons	SS, CS, RS
Can be informed about the plants	SS, CS, RS
Getting away from urban chaos and stress	CS
Exploring nature, spending time in nature	CS
Getting the fresh air by getting away from developed areas	CS
Reducing the effects of greenhouse and heat island depends on climate change	RS
Utilizing from the therapeutic effects of water surfaces	PS, CS
Getting knowledge related to utilize the plants	CS

ES: Ecosystem services, PS: Provisioning services, SS: Supporting services, CS: Cultural services, RS: Regulating services

These evaluations evidence that Iasi Botanical Garden is placed at the good point with respect to services as an urban green and open area. In this context, some recommendations were developed in addition to services provided by botanical gardens under an ecological-based perspective:

- In the natural vegetation areas are large green surfaces. But it was monitored that entrance was prevented around the area. The area could be reused for light sport activities, such as walking, exercising, and orienteering. Benefits that are obtained from cultural ecosystem services can be increased with this approach. Moreover, the green structure can be affected to reduce the effects of urban heat island. In this respect, it will serve to regulating ecosystem services as well.
- In the Rosarium Section, places can be created, around the topiary part and edge of the ponds, for taking photos. Furthermore, places can be organized for painting by visitors. In this respect, the botanical garden can adjust to nowadays habits. Additionally, art-lovers can prefer to visit the botanical garden more.
- In the part of the Greenhouse Complex and Ornamental Section, the workshops, which visitors can attend, can be organized. For the purpose of awareness to conserve genetic heritage, seed-collecting events can be planned in the Section of Romanian Flora and Vegetation. In this respect, the botanical garden will contribute both educational and cultural ecosystem services.
- Resting and relaxing areas should be organized throughout the botanical garden, especially along the water surfaces. Additionally, the supporting can be planned using smart urban furniture. In this context, these areas will contribute to the provisioning ecosystem services and the regulating ecosystem services.
- A view terrace, which faces the lake, can be designed in the parts of the transition from the Arboretum section to the Section of Romanian Flora and Vegetation, utilizing

elevation differences. In this respect, aesthetic benefits can be obtained from cultural ecosystem services.

- The botanical garden expands over a large area, which is in the most favorite district, Copou, and there are settlements in its north and south. Additionally, the university faculties are located within walking distance of the botanical garden. Therefore, the concerts or theaters can be organized in the area for the young people, such as students. Besides, the organization can be organized for the children according to age ranges. So, the resource values of the botanical garden will be used not only in a time period of the year but also can be used all the time. Thus, recreational benefits will be obtained from cultural ecosystem services.

Briefly, these recommendations, which were developed under an ecological-based approach in the context of utilizing ecosystem services in urban planning, will contribute to human well-being.

In the following studies, examining of the green and open urban areas, which are especially located in Europe, under the human well-being and ecological-based perspectives via visitor survey support will fill a considerable gap in the literature regarding the assessment of users.

Acknowledgments

The data used in this research were published as an abstract at the 3rd International Mountain and Ecology Congress, which was organized on 20/10/2022 in Trabzon, Türkiye.

References

- Aksoy, N., Muderrisoglu, H., Eroglu, E., Gunes Ozkan, N., Birturk, T., Kocer, N., Tunckol, B., Yerli, O., Kulaç, Ş., Çetin, B., Sarginci, M., Kaya, S., Aslan, S., Kanoğlu, S.S., Başaran, N., Doğan, T.G., Ayteğin, A., 2023. Honey Plants of Düzce University Ornamental and Medicinal Plants

- Botanical Garden. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg.* 11, 2265–2282.
- Aksu, B., Yilmaz, H., 2024. Determination of User Satisfaction of Atatürk University Ata Botanical Garden. *Turkish J. Agric. Nat. Sci.* 11, 357–370.
- Basaran, N., 2024. The Relationship Between Climate Change and Regulation Ecosystem Services: The Case of Duzce City. *Düzce University*.
- Cavender, N., Donnelly, G., 2019. Intersecting urban forestry and botanical gardens to address big challenges for healthier trees, people, and cities. *Plants People Planet* 1, 315–322.
- Cowell, C.R., Bullough, L.A., Dhanda, S., Neves, V.H., Ikin, E., Moore, J., Purdon, R., Williams, C., Willison, J., Willoughby, S.J., 2022. Fortuitous Alignment: The Royal Botanic Gardens, Kew and the Sustainable Development Goals. *Sustain.* 14, 1–18.
- Danaparamita, E.D., Nadiroh, N., Safitri, D., Safarinanugraha, D., 2021. The Role of Environmental Management on Visitor Satisfaction of Bogor Botanical Gardens. *Int. J. Multicult. Multireligious Underst.* 8, 282.
- Funsten, C., Di Franco, C., Borsellino, V., Surano, N., Ascuto, A., Schimmenti, E., 2022. The recreational value of botanic garden events: A case study of the Zagara plant fair in Palermo, Italy. *J. Outdoor Recreat. Tour.* 39, 100565.
- Gul, A., Kucuk, V., 2001. The research of Isparta and the open-green areas in urban. *Turkish J. For.* 2, 27–48.
- Gul, E., Esen, S., 2024. High Desertification Susceptibility in Forest Ecosystems Revealed by the Environmental Sensitivity Area Index (ESAI). *Sustain.* 16, 1–21.
- Kalayci Kadak, M., Ozturk, S., Mert, A., 2024. Predicting climate-based changes of landscape structure for Türkiye via global climate change scenarios: a case study in Bartın river basin with time series analysis for 2050. *Nat. Hazards*.
- Li, Y., Li, S., Zhao, G., 2023. Spatiotemporal development of national botanic gardens worldwide and their contributions to plant diversity conservation from 1593 to 2023. *Front. For. Glob. Chang.* 6.
- Marlin, T., Manurung, S., Elizabeth, M., 2024. The Influence of Destination Image and Tourist Attraction on Visitor Satisfaction Case Study at Bogor Botanical Garden 12, 735–742.
- Menezes, M.R., Laviski, B.F.S., dos Santos, A.P.L., de França, E.C.B., Moreira, M.S., da Conceição-Neto, R., Queiroz, J.M., 2022. Flower Visitation by Bees, Wasps and Ants: Revealing How a Community of Flower-Visitors Establish Interaction Networks in a Botanical Garden. *Sociobiology* 69.
- Mounce, R., Smith, P., Brockington, S., 2017. Ex situ conservation of plant diversity in the world's botanic gardens. *Nat. Plants* 3, 795–802.
- Nababan, A.N.P., Ambarini, L.A.D., 2025. Sustainable strategy of green open space in reducing stress levels in urban areas. *J. Placemaking Streetscape Desing* 2, 134–154.
- Prudic, K.L., Cruz, T.M.P., Winzer, J.I.B., Oliver, J.C., Melkonoff, N.A., Verbais, H., Hogan, A., 2022. Botanical Gardens Are Local Hotspots for Urban Butterflies in Arid Environments. *Insects* 13, 1–9.
- Redweik, P., Reis, S., Duarte, M.C., 2023. A Digital Botanical Garden: Using Interactive 3D Models for Visitor Experience Enhancement and Collection Management. *Virtual Archaeol. Rev.* 14, 65–80.
- Tulek, B., 2023. Investigation of cultural ecosystem services supply in a river landscape: a case study in the Lower Rhine area using social media images. *One Ecosyst.* 8, e97259.
- URL-1, n.d. History [WWW Document]. Univ. Alexandru Ioan Cuza. URL <https://botanica.uaic.ro/history.htm> %0A (accessed 4.24.25).
- URL-2, n.d. About the Gradina Botanica a `Anastasiu Fatu`, Iasi [WWW Document]. Fatu`, Gradina Bot. a `Anastasiu. URL <https://tools.bgci.org/garden.php?id=110&ftrCountry=RO&ftrKeyword=&ftrBGCIId=&ftrIAReg> (accessed 4.24.25).
- URL-3, n.d. International Relations [WWW Document]. URL https://botanica.uaic.ro/rel_intl-en.htm (accessed 4.24.25).
- URL-4, n.d. The Ornamental Section [WWW Document]. Univ. Alexandru Ioan Cuza. URL https://botanica.uaic.ro/section_ornamental_details.htm (accessed 4.24.25).
- URL-6, n.d. Sectia Plante Utile [WWW Document]. URL https://botanica.uaic.ro/sector_planteutil_detalii.htm (accessed 4.24.25).
- URL-7, n.d. Sectia Rosarium [WWW Document]. Univ. Alexandru Ioan Cuza. URL botanica.uaic.ro/sector_rozariu_detalii.htm (accessed 4.24.25).
- Vilella-Arnizaut, I.B., Roeder, D. V., Fenster, C.B., 2022. Use of Botanical Gardens As Arks for Conserving Pollinators and Plant-Pollinator Interactions: a Case Study From the United States Northern Great Plains. *J. Pollinat. Ecol.* 31, 53–69.
- Westwood, M., Cavender, N., Meyer, A., Smith, P., 2021. Botanic garden solutions to the plant extinction crisis. *Plants People Planet* 3, 22–32.
- Wikantiyoso, R., Tutuko, P., Suhartono, T., Sulaksono, A.G., Safrilia, A., 2020. Green City MIS as a Sustainable Urban GOS Provision Control Implementation Model. *Int. Rev. Spat. Plan. Sustain. Dev.* 8, 160–172.
- Zelenika, I., Moreau, T., Lane, O., Zhao, J., 2018. Sustainability education in a botanical garden promotes environmental knowledge, attitudes and willingness to act. *Environ. Educ. Res.* 24, 1581–1596.



Türkiye'de ekosistem hizmetleri konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi

Ufuk Demirci ¹, Saim Yıldırım ^{2*}

¹Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

²Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 30/04/2025

Kabul Tarihi: 22/06/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1687629>

*Corresponding author:

saimyildirim@karabuk.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Hedefler Ekosistem hizmetleri, insan refahını destekleyen ve yaşamın devamlılığı için vazgeçilmez olan doğal süreçler ve kaynaklar olarak tanımlanmaktadır. Bu hizmetlerin korunması ve yönetilmesi, ekosistemlerin işlevselliğini sürdürmesi ve insan refahı üzerindeki etkilerinin anlaşılması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de ekosistem hizmetleri konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi yapılmıştır.

Yöntemler Çalışmada, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi üzerinden erişilen yüksek lisans

ve doktora tezleri analiz edilmiş; tezlerin yıllara göre dağılımı, üniversite ve enstitü bazlı dağılımı, danışman profilleri, araştırma bölgeleri, anahtar kelime ve tatarların analizleri yapılmıştır.

Bulgular Çalışma neticesinde, Türkiye’de ekosistem hizmetleri konulu 90 yüksek lisans ve 47 doktora tezinin tamamlandığı, bu çalışmaların 2016 yılından itibaren belirgin bir artış gösterdiği, yine bu çalışmaların çevre, doğa bilimleri ve mühendislik alanlarında ve özellikle Peyzaj Mimarlığı, Şehir ve Bölge Planlama ve Orman Mühendisliği Anabilim Dallarında yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Sosyal bilimler, ekonomi, hukuk ve kamu yönetimi gibi alanlarda yapılan tezlerin oldukça sınırlı olduğu belirlenmiştir. Anahtar kelime analizi sonucunda ise ekosistem hizmetleri kavramının temel bir kavram olarak ortaya çıktığı, bunun yanı sıra, kentsel, peyzaj ve yeşil gibi kavramların da sıkça kullanıldığı tespit edilmiştir. Ağ analizinde ise merkezi anahtar kelimeler arasında “ekosistem hizmetleri”, “ekosistem servisleri”, “coğrafi bilgi”, “yeşil altyapı”, “iklim değişikliği” ve “kentsel yeşil” gibi ifadeler öne çıkmaktadır.

Sonuçlar Türkiye’de ekosistem hizmetleri hususunda farkındalığın artırılması noktasında, akademik alanda disiplinler arası çalışmaların yaygınlaştırılması, deniz, yüksek dağ ve kurak alanlar gibi farklı ekosistemler üzerine daha fazla araştırma yapılması, ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerinin tahmin edilmesi, tarımsal üretim süreçlerine entegrasyonu ve doğal kaynak politikalarındaki yeri gibi konularda da çalışmalar gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bibliyometrik analiz, ekosistem hizmetleri, doktora tezi, yüksek lisans tezi, kelime analizi

Bibliometric analysis of graduate theses on ecosystem services in Türkiye

ABSTRACT

Background and Aims Ecosystem services are defined as natural processes and resources that support human well-being and are essential for the continuity of life. Conservation and management of these services are important for maintaining the functionality of ecosystems and understanding their impact on human well-being. In this study, a bibliometric analysis of graduate theses on ecosystem services in Türkiye was conducted.

Methods In the study, master's and doctoral theses accessed through the National Thesis Center of the Council of Higher Education were analyzed; the distribution of theses by years, university and institute-based distribution, advisor profiles, research regions, keywords and themes were analyzed.

Results The study revealed that 90 master's theses and 47 doctoral theses on ecosystem services were completed in Türkiye, these studies showed a significant increase since 2016, and these studies were concentrated in the fields of environment, natural sciences and engineering, especially in the Departments of Landscape Architecture, Urban and Regional Planning and Forest Engineering. Theses in fields such as social sciences, economics, law and public administration are quite limited. As a result of the keyword analysis, it was determined that the concept of ecosystem services emerged as a basic concept, while concepts such as urban, landscape and green were also frequently used. In the network analysis, phrases such as “ecosystem services”, “ecosystem services”, “geographic information”, “green infrastructure”, “climate change” and “urban green” stand out among the central keywords.

Conclusion In order to raise awareness on ecosystem services in Türkiye, it is necessary to expand interdisciplinary studies in the academic field, conduct more research on different ecosystems such as marine, high mountain and arid areas, carry out studies on issues such as estimation of the economic value of ecosystem services, integration them into agricultural production processes and their place in natural resource policies.

Key Words: Bibliometric analysis, ecosystem services, doctoral thesis, master thesis, word analysis

Bu makaleye atf:

Demirci, U., Yıldırım, S., 2025. Türkiye'de ekosistem hizmetleri konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 191-200.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ekosistem hizmetleri, insan refahını destekleyen ve yaşamın devamlılığı için vazgeçilmez olan doğal süreçler ve kaynaklar olarak tanımlanmaktadır. Genellikle üretim, düzenleme, kültürel ve destekleyici olmak üzere dört ana kategoride ele alınmaktadır. Üretim hizmetleri, gıda, tatlı su, odun ve biyoyakıt gibi doğadan sağlanan temel kaynakları içerirken, düzenleme hizmetleri, iklim kontrolü, erozyon önleme, su arıtımı ve toprak verimliliği gibi çevresel dengenin korunmasına katkı sağlamaktadır. Kültürel hizmetler, manevi değerler, estetik faydalar ve rekreasyon gibi insan-doğa etkileşimlerinden doğan kazanımları kapsarken, destekleyici hizmetler, fotosentez, toprak oluşumu ve besin döngüsü gibi diğer ekosistem hizmetlerinin temelini oluşturan ekolojik süreçleri içermektedir (Costanza et al., 2014; Çoban and Uzun, 2023; MEA, 2005).

Bu hizmetlerin korunması ve yönetilmesi, ekosistemlerin işlevselliğini sürdürmesi ve insan refahı üzerindeki etkilerinin anlaşılması açısından önem arz etmektedir (Balvanera et al., 2017). Ancak, artan nüfus, plansız arazi kullanımı ve iklim değişikliği gibi faktörler, ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Yapılan araştırmalar, son elli yılda arazi kullanım değişikliklerinin ekosistem hizmetlerinin %60'ının bozulmasına neden olduğunu ortaya koymaktadır. Bu da toprak erozyonu, su kaynaklarının azalması ve biyoçeşitlilik kaybı gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır (Hasan et al., 2020; Jenkins and Schaap, 2018).

Küresel ölçekte ekosistem hizmetlerinin ekonomik ve çevresel yönetim süreçlerine entegrasyonu giderek daha önemli hale gelmektedir. Güncel araştırmalar, ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerinin her yıl yaklaşık %1,7 oranında arttığını göstermektedir (Drupp et al., 2024). Ekosistemlerin ve Biyoçeşitliliğin Ekonomisi (The Economics of Ecosystems and Biodiversity-TEEB) gibi global girişimler, ekosistem hizmetlerinin ulusal kalkınma planlarına dahil edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (TEEB, 2010). Özellikle ormanlar, karbon depolama, su döngüsünün düzenlenmesi ve biyoçeşitliliğin korunması gibi hizmetler sunarak sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada korunması gereken bir kaynaktır (FAO, 2020; Xie et al., 2010).

Türkiye, sahip olduğu doğal kaynaklar ve biyolojik çeşitlilik açısından büyük bir ekosistem hizmeti sağlama potansiyeline sahiptir. Ülkemizin ormanları, su kaynakları ve tarımsal alanları, ekonomik kalkınmanın yanı sıra çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında korunması ve sürdürülebilir yönetilmesi gereken kaynaklar olarak görülmelidir. Ancak, bu potansiyelin etkili bir şekilde yönetilmesi ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kalkınma süreçlerine entegrasyonu için daha fazla bilimsel araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Çevresel kaynakların sahip oldukları; hidrolojik hizmetler, erozyon kontrolü ve biyoçeşitlilik desteği gibi işlevlerinin ekonomik değeri yeterince anlaşılamamakta, bu durum koruma ve yönetim politikalarının oluşturulmasını zorlaştırmaktadır (Jenkins and Schaap, 2018; OGM, 2017).

Bu çalışmada, Türkiye’de ekosistem hizmetleri konusunda yapılan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi gerçekleştirilerek; eğilimleri, tematik odakları ve araştırma boşluklarının belirlenmesi ve literatürün haritalandırılması amaçlanmaktadır.

Bibliyometrik analiz, geniş hacimli bilimsel verilerin araştırılması ve analiz edilmesi için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu analiz, bilimsel yayınları tanımlamak, literatürü etkili bir şekilde özetlemek ve sentezlemek için istatistiksel ve sayısal teknikler kullanılmaktadır. Bir araştırma konusunun veya alanının entelektüel yapısının yanı sıra ortaya çıkan eğilimleri sunmak için büyük miktarda bibliyometrik veriyi yoğunlaştırmaktadır (Donthu ve ark., 2021). Bibliyometrik çalışmalarla, yazarların yayınları, önde gelen dergiler, kullanılan metodolojiler ve elde edilen sonuçlar belirlenebilmektedir (Rojas-Sanchez ve ark., 2023).

Türkiye’de bibliyometrik analizin bilimsel çalışmalarda farklı birçok alanda kullanıldığı görülmektedir. Örneğin Türkiye’de ormanların sahip olduğu önemli ekosistem hizmetlerinden biri olan odun dışı orman ürünleri konusunda yapılan lisansüstü tezleri ele alan (Ersen ve Akyüz, 2024a); tıbbi ve aromatik bitkiler ile ilgili lisansüstü tezleri irdeleyen (Ersen ve Akyüz, 2024b), yenilebilir bitkilerle ilgili yapılan çalışmaları analiz eden (Demirci ve Aktepe, 2021), Türkiye’deki milli parklar konusundaki bilimsel çalışmaları irdeleyen (Yelsiz ve ark., 2024), kırsal turizm (Çelen ve ark., 2023) ve yayla turizmi (Akyol ve Çalık, 2022) üzerine yapılan lisansüstü tezleri analiz eden, turizmle ilgili genel literatürü değerlendiren (Evren ve Kozak, 2014; Güzeller ve Çeliker, 2018) çevre sorunları konusundaki tezleri inceleyen (Eskin ve Kurt, 2020) çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Mevcut literatür incelendiğinde, ekosistem hizmetleri ile ilgili çalışmaların bibliyometrik analizini doğrudan ele alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu noktadan hareketle gerçekleştirilen bu çalışma ile literatürdeki eksikliğin giderilmesi ve ekosistem hizmetleri konusunda yapılacak yeni araştırmalar için katkı sağlanması hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Türkiye’de ekosistem hizmetleri alanında yapılan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz için gerekli veriler, Türkiye Ulusal Tez Merkezi (YÖK Tez Merkezi) üzerinden temin edilmiştir. Veri toplama sürecinde kullanılan anahtar kelimeler “ekosistem hizmetleri,” “ekosistem servisleri” ve “ecosystem services” olarak belirlenmiştir. Yüksek lisans ve doktora tezlerini kapsayan taramalarda herhangi bir yıl sınırlaması yapılmadan en son 2024 yılına ait erişilebilir tüm tezler değerlendirmeye alınmıştır.

Çalışmaya dahil edilecek tezler belirli seçim kriterleri doğrultusunda belirlenmiştir. Yüksek lisans veya doktora düzeyinde hazırlanmış, ekosistem hizmetleri ile doğrudan ilgili olan, Türkçe veya İngilizce dillerinde yazılmış ve tam metnine erişilebilen tezler analiz kapsamına dahil edilmiştir. Bununla birlikte, tam metnine ulaşılamayan, konu ile doğrudan ilgisi olmayan veya yalnızca dolaylı olarak ekosistem hizmetlerine atıfta bulunan tezler hariç tutulmuştur. Ayrıca, lisans düzeyindeki tezler ve projeler de analiz dışında bırakılmıştır.

Veri işleme sürecinde, Microsoft Excel (Office 365®) kullanılarak tezler manuel olarak kaydedilmiş ve sistematik bir şekilde analiz edilmiştir. Her bir tez için tezin yılı, başlığı, yazar adı, danışman adı ve akademik unvanı, üniversite, enstitü ve anabilim dalı, anahtar kelimeler, sayfa sayısı, referans sayısı, çalışmanın gerçekleştirildiği araştırma bölgesi, tezin türü ve dili

gibi özellikleri her bir teze erişim sağlanarak elde edilmiş ve kaydedilmiştir. Excel'in sunduğu veri filtreleme ve istatistiksel analiz araçları kullanılarak, tezlerin yıllara, üniversitelere, enstitülere, anabilim dallarına, danışman akademik unvanlarına, sayfa sayılarına, referans sayılarına göre dağılımı analiz edilmiştir.

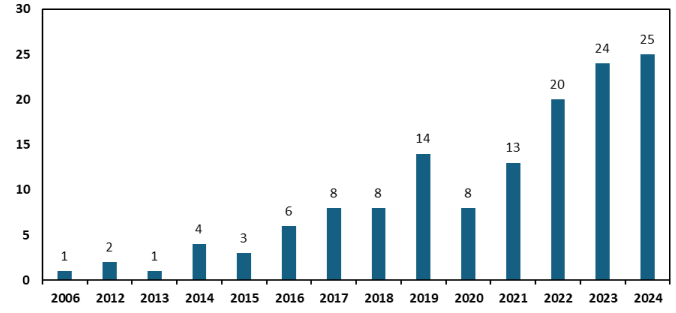
Bibliyometrik veri analizinde yaygın olarak kullanılan VOSviewer, Bibliometrix (R paketleri) gibi yazılımlar, doğrudan YÖK Tez Merkezi'nden veri çekemediği için bu çalışmada tercih edilmemiştir. Bunun yerine, veri seti manuel olarak oluşturularak, analizler doğrudan Excel üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ancak, tezlerde geçen anahtar kelimelerin görselleştirilmesi ve kelime ağı analizlerinin yapılabilmesi amacıyla EkşiVeri 1.0.5 adlı R-Shiny tabanlı analiz aracı kullanılmıştır (Atabay, 2025). Tezlerde ele alınan coğrafi bölgelerin haritalandırılması için ArcGIS yazılımının ArcMap 10.6 sürümü kullanılmıştır (ESRI, 2018).

Çalışmanın analiz sürecinde, tezlerde en sık kullanılan anahtar kelimeler ve temalar belirlenmiş ve kelime frekans analizi uygulanmıştır. Zaman temelli analiz ile tez sayılarındaki yıllık değişimler değerlendirilmiş, ekosistem hizmetleri alanında akademik çalışmaların hangi dönemlerde arttığı veya azaldığı tespit edilmiştir. Üniversite ve enstitü bazlı analizlerde, en fazla tez üreten üniversiteler belirlenmiş ve hangi yükseköğretim kurumlarının bu alana daha fazla katkı sunduğu ortaya konmuştur. Danışman profili analizi ile en çok tez yöneten akademisyenler ve unvanları incelenmiş, bu alanda öne çıkan akademik danışmanlık eğilimleri analiz edilmiştir. Tez türü ve dili analizi gerçekleştirilmiş, yüksek lisans ve doktora tezlerinin dağılımı incelenmiş ve lisansüstü tezlerin hangi seviyelerde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Sayfa sayısı ve referans analizi ile tezlerin kapsamı ve kullanılan kaynak sayıları değerlendirilmiş, yüksek lisans ve doktora tezleri arasındaki içerik farkları ortaya konmuştur. Araştırma bölgesi analizi kapsamında, tezlerde ele alınan coğrafi bölgeler belirlenmiş ve çalışmaların hangi illerde yoğunlaştığı mekânsal olarak görselleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı

Türkiye'de ekosistem hizmetleri konulu lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde, 2006 yılından itibaren bu alanda sınırlı sayıda çalışmanın yapılmaya başlandığı, ancak 2016 yılından sonra tez sayılarında belirgin bir artış olduğu görülmektedir. 2006-2015 yılları arasında yıllık olarak en fazla 4 tez üretilirken, özellikle son 4 yıllık dönemde bu konudaki çalışmalarda kayda değer bir yükseliş gözlemlenmiş ve 2024 yılında 25 tez üretilerek bu alandaki literatürde zirveye ulaşılmıştır (Şekil 1). 2020 yılında yaşanan düşüşün, COVID-19 pandemi süreci nedeniyle akademik araştırmalarda yaşanan genel yavaşlamayla ilişkili olduğu düşünülmektedir.



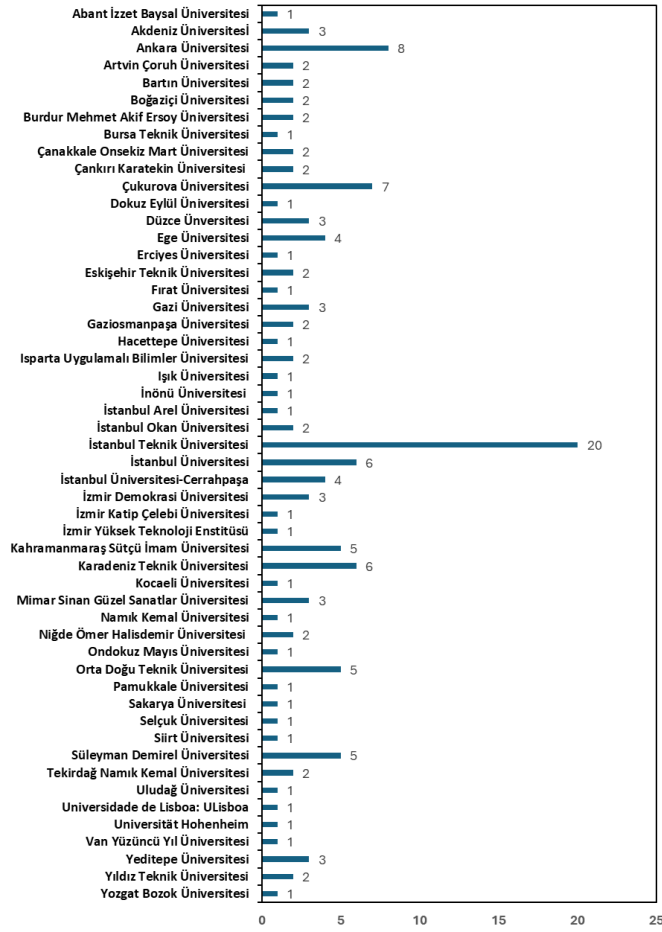
Şekil 1. Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı

Ekosistem hizmetleri konusunda artan akademik ilginin hem ulusal hem de küresel politikaların etkisiyle şekillendiği söylemek mümkündür. Bu dönemde, global ölçekte ekosistem hizmetleri ile ilgili çalışmaların artması (Keleş, 2024), ekosistem bazlı yönetim yaklaşımlarının önem kazanması (Ketrez, 2024) ve doğa temelli çözümlere (Nature-based Solutions, NbS) yönelik politika desteklerinin yaygınlaşması (Chen et al., 2025), ilgili disiplinlerdeki akademik çalışmaların ilgisini çekmiş olabilir. Avrupa Birliği'nin Yeşil Mutabakatı, Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi ve Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma politikaları, bu yükselişi destekleyen önemli faktörler arasında sayılabilir. Bu faktörler neticesinde, iklim değişikliği, su yönetimi, biyoçeşitliliğin korunması, çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynak yönetimi ve ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerinin tahmin edilmesi gibi konu başlıklarının akademisyenler tarafından daha fazla ilgi duyulan konular halini almasını sağlamıştır.

3.2 Üniversite, enstitü ve anabilim dalı bazlı dağılım

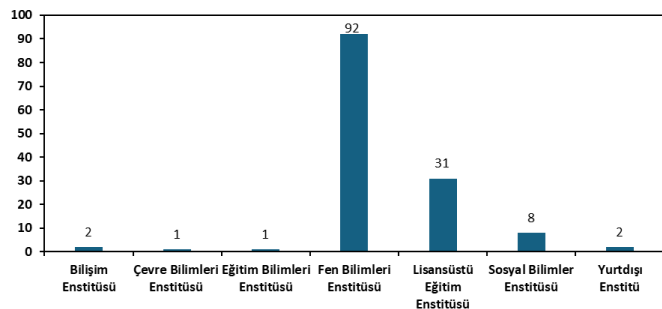
Ekosistem hizmetleri konulu lisansüstü tezlerin üniversiteler arasındaki dağılımı incelendiğinde, bu alanda en fazla çalışmanın İstanbul Teknik Üniversitesi'nde (20 tez) gerçekleştirildiği belirlenmiştir. İstanbul Teknik Üniversitesi'ni, 8 tez ile Ankara Üniversitesi ve 7 tez ile Çukurova Üniversitesi takip etmektedir. Karadeniz Teknik Üniversitesi ve İstanbul Üniversitesi 6'şar tez ile, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi ve Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi ise 5'er tez ile ekosistem hizmetleri alanına katkı sunmuştur. Türkiye genelinde ekosistem hizmetleri üzerine yapılan tezler farklı coğrafi bölgelerdeki üniversitelere dağılmış olmakla birlikte, büyük ve köklü üniversitelerin bu alanda daha fazla yönelendiği görülmektedir (Şekil 2).

Avrupa ve ABD'de yapılan çalışmalarda da benzer bir eğilim gözlemlenmekte; özellikle fonlama, akademik ve uluslararası iş birlikleri yüksek olan üniversitelerin ekosistem hizmetleri üzerine daha fazla araştırma yürüttüğü görülmektedir (Costanza et al., 2017; TEEB, 2010). Ülkemizde TÜBİTAK, Kalkınma Ajansları ve AB fonları gibi akademik çalışmalarını destekleyen kuruluşların bu trendi güçlendirdiği söylenebilir (Ketrez, 2024). Özellikle doğa temelli çözümler (NbS) ve ekosistem hizmetleri üzerine yürütülen projelerin artması üniversitelerin bu alana daha fazla yönelmesini teşvik etmiş olabilir (Keleş, 2024).



Şekil 2. Tezlerin üniversitelere göre dağılımı

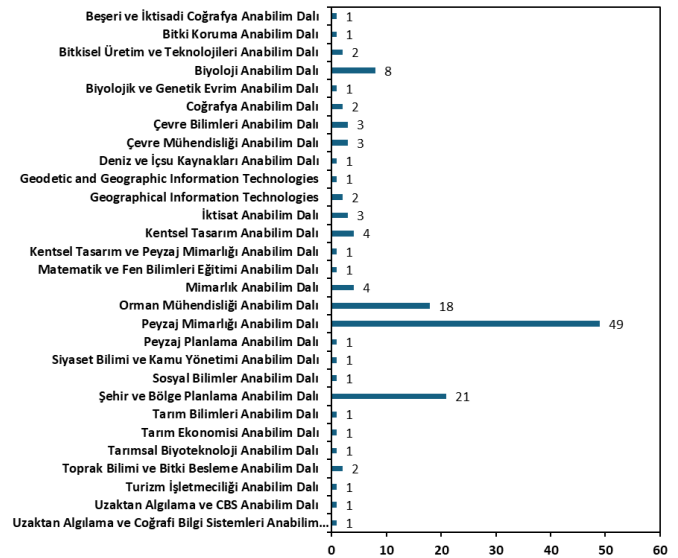
Tez sayılarının enstitülere göre dağılımı Şekil 3'te gösterilmiştir. Enstitü bazında yapılan değerlendirmeye göre, ekosistem hizmetleri konusundaki tezlerin büyük çoğunluğu Fen Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı olarak tamamlanmıştır. İncelenen 137 tezin 92'si Fen Bilimleri Enstitüsü'nde gerçekleştirilirken, bunu 31 tez ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü takip etmektedir. Sosyal Bilimler Enstitüsü bünyesinde 8 tez yapılmış olup, bu durum ekosistem hizmetleri alanındaki çalışmaların ağırlıklı olarak fen bilimleri çerçevesinde ele alındığını göstermektedir. Daha az sayıda çalışma ise Bilişim Enstitüsü (2 tez), Çevre Bilimleri Enstitüsü (1 tez) ve Eğitim Bilimleri Enstitüsü (1 tez) kapsamında yürütülmüştür. Ayrıca, 2 tez yurtdışındaki enstitülerde tamamlanmıştır.



Şekil 3. Tezlerin enstitülere göre dağılımı

Fen Bilimleri Enstitüsü'nün bu alanda ön planda olması, ekosistem hizmetleri konusunun büyük ölçüde mühendislik ve doğal bilimleri perspektifinden ele alındığını göstermektedir. Ancak uluslararası literatürde, ekosistem hizmetlerinin sosyal ve ekonomik boyutlarının giderek daha fazla ön plana çıktığı görülmektedir (Gómez-Baggethun and Barton, 2013; Pascual et al., 2017). Ülkemizde ise ekosistem hizmetlerinin sosyal bilimlerle entegrasyonu henüz sınırlıdır, ancak ilerleyen yıllarda kamu politikaları ve entegre yönetim çalışmaları kapsamında bu alandaki tezlerin çeşitlenmesi muhtemeldir.

Anabilim dallarına göre tezlerin dağılımı incelendiğinde ise Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı 49 tez ile en fazla çalışmaya sahip alan olarak ön plana çıkmaktadır. Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı 21 tez ile ikinci sırada yer alırken, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı 18 tez ile üçüncü sıradadır. Bu üç alan, ekosistem hizmetleri çalışmalarının en fazla yoğunlaştığı akademik disiplinleri oluşturmaktadır. Bunun dışında Mimarlık Anabilim Dalı (4 tez), Kentsel Tasarım Anabilim Dalı (4 tez) ve Biyoloji Anabilim Dalı (8 tez) ekosistem hizmetleri üzerine çalışan diğer önemli disiplinler olarak öne çıkmaktadır. Çevre Bilimleri, Çevre Mühendisliği, Coğrafya ve İktisat gibi farklı alanlarda da tezlerin yapıldığı görülmektedir (Şekil 4).

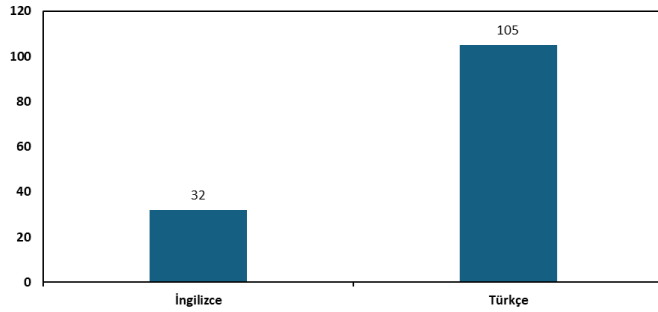


Şekil 4. Tezlerin anabilim dallarına göre dağılımı

Ülkemizde ekosistem hizmetleri araştırmalarının hâlâ ağırlıklı olarak fiziksel planlama, mühendislik ve doğa bilimleri ekseninde yürütülmektedir. Ancak Avrupa ve Kuzey Amerika'daki trendlere bakıldığında, bu alanın giderek ekonomi, hukuk, sosyoloji ve kamu politikaları gibi daha geniş disiplinlere yayıldığı görülmektedir (Costanza et al., 2017; Daily et al., 2009). Örneğin, şehir planlamada ekosistem hizmetlerinin yeşil altyapı çözümleriyle entegrasyonu, Avrupa'daki birçok ülkenin sürdürülebilir kentleşme politikalarında önemli bir yer tutmaktadır. Avrupa Birliği Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi, ekosistemlerin ve hizmetlerinin devamlılığını sağlamak amacıyla yeşil altyapının oluşturulmasını ve bozulmuş ekosistemlerin en az %15'inin onarılmasını hedeflemektedir (Commission, 2013). Ülkemizde ise bu konunun akademik çalışmalarda henüz yeterince ele alınmadığı görülmektedir. Mevcut çalışmalar genellikle küçük ölçekli olup, ekosistem hizmetleri ve yeşil altyapı stratejilerinin

yoğunlaştığını, ancak doktora seviyesinde mevcut durumda daha sınırlı kaldığını göstermektedir.

Tezler yazım dili açısından değerlendirildiğinde, 105 tezin Türkçe, 32 tezin ise İngilizce olarak yazıldığı görülmektedir (Şekil 8).

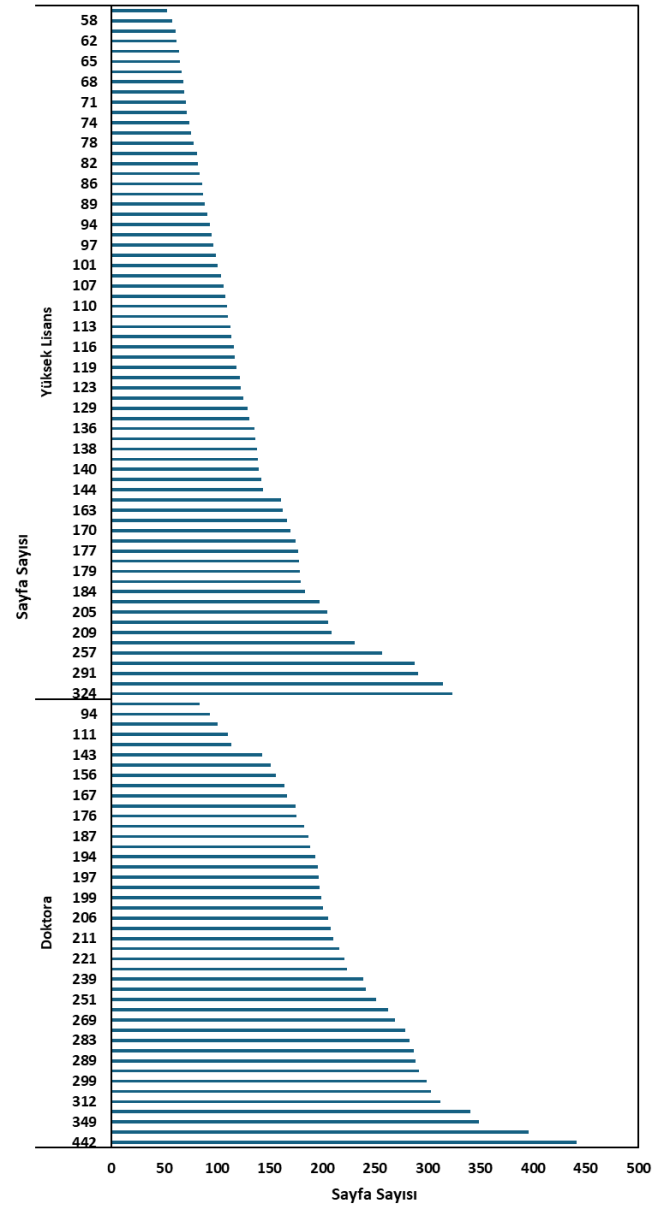


Şekil 8. Tezlerin yazım diline göre dağılımı

3.5 Sayfa sayısı ve referans sayısı dağılımı

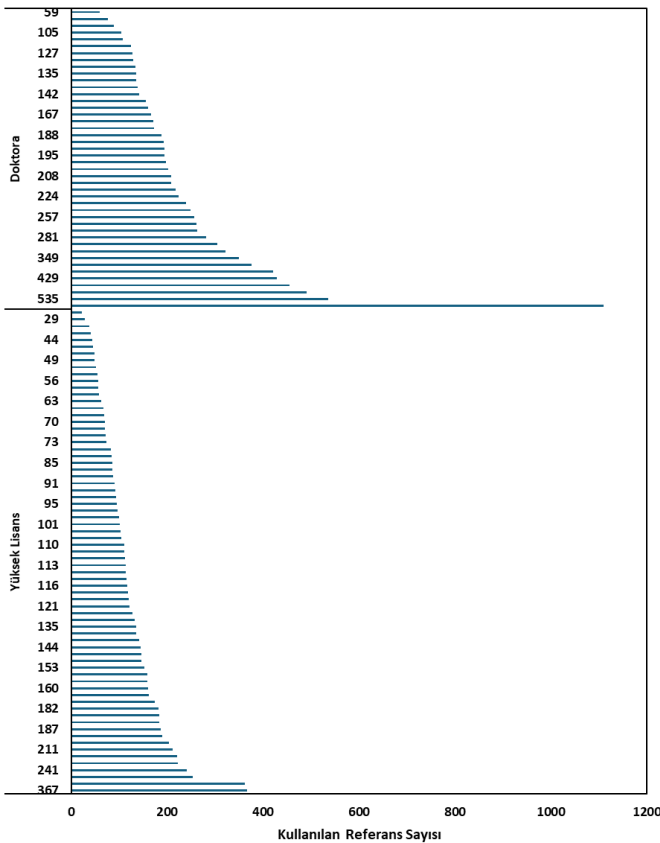
Lisansüstü tezlerin sayfa sayıları incelendiğinde, yüksek lisans ve doktora tezleri arasında belirgin bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Doktora tezlerinin sayfa sayıları genellikle daha yüksek olup, en uzun tez 442 sayfa, en kısa doktora tezi ise 84 sayfa olarak belirlenmiştir. Yüksek lisans tezlerinde ise en uzun çalışma 324 sayfa, en kısa çalışma ise 53 sayfa olarak belirlenmiştir. Genel olarak, doktora tezleri ortalama 200-300 sayfa arasında yoğunlaşırken, yüksek lisans tezlerinin büyük çoğunluğu 100-200 sayfa aralığında yer almaktadır (Şekil 9).

Doktora tezlerinde, daha kapsamlı metodolojiler, geniş literatür taramaları ve uzun süreli saha çalışmaları veya modelleme süreçlerine yer verilmesi nedeniyle sayfa sayısının yüksek lisans tezlerine göre daha fazla olması beklenmektedir (Çaha et al., 2020).



Şekil 9. Tezlerin sayfa sayısı dağılımı

Tezlerde kullanılan referans sayısı incelendiğinde, yüksek lisans tezlerinde en düşük referans sayısı 22, en yüksek referans sayısı ise 367 olarak belirlenmiştir. Doktora tezlerinde ise bu sayı önemli ölçüde artmakta olup, en düşük referans sayısı 59, en yüksek referans sayısı ise 1110 olarak tespit edilmiştir. Yüksek lisans tezlerinin büyük çoğunluğunda 50-150 referans kullanılırken, doktora tezlerinde bu sayı 200 ve üzeri seviyelere ulaşmaktadır. Özellikle bazı doktora tezlerinde 500'ün üzerinde kaynak kullanıldığı belirlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Tezlerde kullanılan referans sayısı dağılımı

3.6 Anahtar kelime analizi ve kelime frekansı

Ekosistem hizmetleri konulu lisansüstü tezlerde en sık kullanılan anahtar kelimeler ve bunların frekansları incelendiğinde, “ekosistem” (65 kez) ve “hizmetleri” (46 kez) en çok tekrar eden kavramlar olmuştur (Şekil 11). Çalışmalarda ekosistem hizmetleri kavramı temel bir kavram olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, “kentsel” (24 kez), “peyzaj” (22 kez) ve “yeşil” (19 kez) gibi kavramlar da sıkça kullanılmıştır. Bu da ekosistem hizmetleri ile kentsel planlama, peyzaj mimarlığı ve yeşil alanlar arasındaki ilişkiye dikkat çekmektedir. Kentsel ekosistem hizmetleri üzerine yapılan çalışmalar, yeşil alanlar, karbon depolama ve coğrafi bilgi sistemleri gibi kavramlarla güçlü ilişkiler kurulduğunu göstermektedir (Márquez et al., 2023).

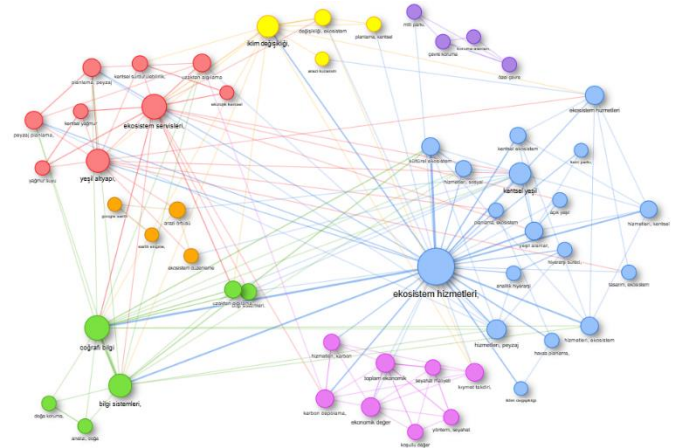


Sekil 11. Kelime frekansı analizine dayalı kelime bulutu

Ağ analizinde 53 düğüm (kelime), 161 bağlantı (ilişki), ortalama 6,08 derece bağlantı, 0,1168 yoğunluk ve 0,52 ortalama yol uzunluğu olduğu belirlenmiştir (Şekil 12). Modülerlik değeri 0,3983 olup, bu da anahtar kelimelerin belirli kümeler halinde gruplandığını göstermektedir. En merkezi anahtar kelimeler arasında “ekosistem hizmetleri”, “ekosistem servisleri”, “coğrafi bilgi”, “yeşil altyapı”, “iklim değişikliği” ve “kentsel yeşil” gibi ifadeler öne çıkmaktadır.

Anahtar kelime analizinde ortaya çıkan bu kümelenme, ekosistem hizmetleri ile ilgili bilimsel çalışmaların belirli temalar etrafında şekillendiğini ifade etmektedir. Benzer şekilde, kültürel ekosistem hizmetleri ile ilgili yapılan bir çalışmada, özellikle “coğrafi bilgi sistemleri”, “uzaktan algılama”, “kentsel sürdürülebilirlik” ve “karbon depolama” gibi kavramların sıkça kullanıldığı belirlenmiştir (Márquez et al., 2023).

Kelime ağı analizinde, ekosistem hizmetleri ile en sık ilişkilendirilen kavramların “coğrafi bilgi sistemleri”, “uzaktan algılama”, “kentsel sürdürülebilirlik”, “karbon depolama” ve “doğa koruma” olduğu belirlenmiştir. Ortaya çıkan bu ilişkiler ekosistem hizmetleri çalışmalarında mekânsal analiz, çevresel sürdürülebilirlik ve doğa koruma gibi kavramların önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, “kültürel ekosistem hizmetleri” ve “toplam ekonomik değer” gibi ifadelerin yer alması, ekosistem hizmetlerinin sadece ekolojik değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik boyutlarının da incelendiğine işaret etmektedir.



Şekil 12. Anahtar kelimeler arasındaki bağlantıları gösteren kelime ağı

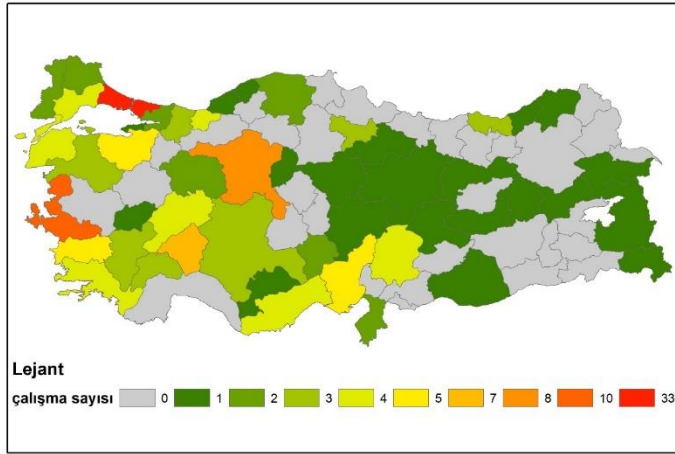
3.7 Çalışmanın Araştırma Bölgesi Analizi

Ekosistem hizmetleri konulu lisansüstü tezlerin araştırma bölgeleri incelendiğinde, çalışmaların geniş bir coğrafi dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Araştırmalar, yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası ölçeklerde gerçekleştirilmiş olup, ülkemizin farklı ekosistemlerini ve bazı yurtdışı bölgelerini kapsayan çalışmalar mevcuttur.

Ülkemizde en fazla araştırma yapılan alanlar arasında İstanbul farklı bir şekilde 1. sırayı almaktadır. Ankara, İzmir, Antalya, Bursa, Muğla ve Konya gibi Büyükşehirler de çalışma sayısı açısından öne çıkmaktadır. Özellikle İstanbul'da Ömerli Havzası, Belgrad Ormanı, Atatürk Kent Ormanı,

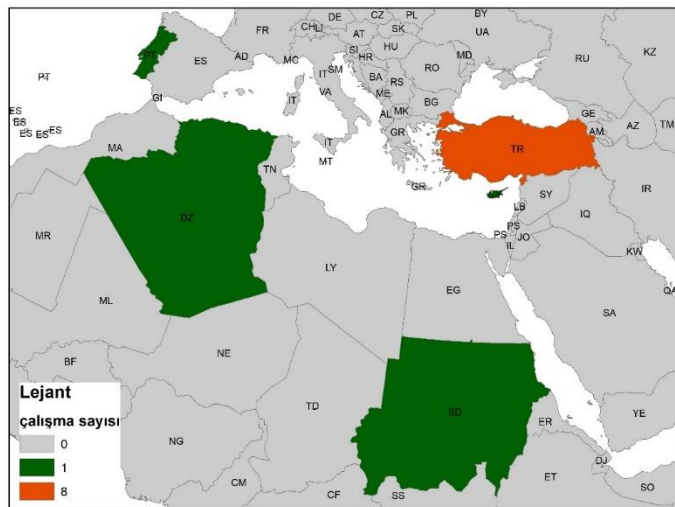
Büyükçekmece Havzası ve Taksim Gezi Parkı gibi alanlarla birçok çalışmaya konu olmuştur. Bunun yanı sıra Büyük Menderes Havzası, Eğirdir Havzası, Nilüfer Çayı Havzası, Küre Dağları Milli Parkı ve Göksu Deltası gibi önemli ekosistem alanlarında yapılan çalışmalar da dikkat çekmektedir.

Bölgesel olarak değerlendirildiğinde, Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgeleri araştırmaların yoğunlaştığı alanlar arasında yer almaktadır. Batı Akdeniz, Doğu Akdeniz, Göller Yöresi, Yukarı Sakarya Havzası ve Çukurova gibi ekolojik olarak önemli bölgelerde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, Kızılbaş Milli Parkı, Kazdağları, Manyas Gölü, Göksu Nehri ve Camili Biyosfer Rezerv Alanı gibi korunan alanlar üzerine yapılan araştırmalar da mevcuttur (Şekil 13).



Şekil 13. Türkiye içindeki araştırma bölgelerinin coğrafi dağılımı

Türkiye’de yapılan tezlerde uluslararası bölgelerde yürütülen çalışmalar da yer almaktadır. Bu kapsamda, İran (Fars Vilayeti), Sudan (Okwalma Ormanı), Cezayir (Adrar Bölgesi) ve Portekiz (Akdeniz Çayırı Ormanları) gibi farklı ülkelerde ekosistem hizmetleri bağlamında çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Türkiye geneli ve uluslararası araştırma bölgelerinin coğrafi dağılımı

4. Sonuç ve Öneriler

Bu araştırma ile, Türkiye’de ekosistem hizmetleri alanında gerçekleştirilen lisansüstü akademik çalışmaların profili ortaya konulmaya ve elde edilen bilgiler ışığında öneriler sunulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın kapsamı Türkiye’de ekosistem hizmetleri alanında yapılan lisansüstü tezler ile sınırlı tutulmuştur. Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde, ekosistem hizmetleri konusunda yapılan akademik çalışmaların 2016 yılından itibaren önemli bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Özellikle son yıllardaki bu artış, ekosistem hizmetleri konusunun ilerleyen yıllarda akademik araştırmalarda daha fazla yer bulacağını göstermektedir.

Çalışmaların çevre, doğa bilimleri ve mühendislik alanlarında, dolayısıyla fen bilimleri enstitülerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Anabilim dalı bazlı değerlendirmede ise Peyzaj Mimarlığı, Şehir ve Bölge Planlama ve Orman Mühendisliği Anabilim Dalları’nın ön plana çıktığı söylenebilir. Diğer taraftan ekosistem hizmetleri konusunda akademik çalışmaların sosyo-ekonomik, yönetim ve politika boyutlarının yeterince ele alınmadığı ortaya çıkmaktadır. Oysa ekosistem hizmetleri yalnızca ekolojik açıdan ele alınması gereken bir kavram değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik süreçlerle de ilişkili bir kavramdır.

Bu nedenle, ekosistem hizmetlerinin toplumsal faydalarının daha iyi anlaşılabilmesi için sosyal bilimler, ekonomi, hukuk ve kamu yönetimi gibi disiplinlerde ve bunlara bağlı farklı anabilim dallarında daha fazla akademik çalışma yapılması yararlı sonuçlar doğuracaktır. Özellikle ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerinin tahmin edilmesi, kent planlaması ile ilişkisi, tarımsal üretim süreçlerine entegrasyonu ve doğal kaynak politikalarındaki yeri gibi konuların daha fazla çalışılması sayesinde ülkemizde ekosistem hizmetlerinin farkındalığın artırılmasında katkı sunması beklenebilir.

Ayrıca, yapılan çalışmaların büyük ölçüde belirli üniversitelerde, özellikle de köklü araştırma altyapısına sahip yükseköğretim kurumlarında yoğunlaştığı görülmektedir. Buna karşılık, Türkiye’nin farklı bölgelerindeki üniversitelerde ekosistem hizmetleri konusunda yapılan çalışmaların ise daha sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Oysaki ülkemizin hemen hemen her bölgesinde farklı koruma statüleri ile yönetilmekte olan ve hayati öneme sahip ekosistem hizmetlerine sahip olan birçok korunan alan bulunmaktadır. Bu alanlarda şimdiye kadar gerçekleştirilen çalışmalar ise sınırlı sayıdadır. Bu alanlar başta olmak üzere, ülkemizdeki özellikli ekosistemlere yönelik farkındalık düzeyini artırmak ve bu alanların daha iyi bir şekilde yönetilmesini sağlamak için ekosistem hizmetlerine yönelik araştırmaların yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, ülkemizde ekosistem hizmetleri konusunda yapılan akademik çalışmalar son yıllarda artış göstermiş olsa da, disiplinler arası çalışmaların yetersizliği, uluslararası alanda ortak yürütülen çalışmaların sınırlı sayıda olması, bölgesel olarak homojen bir dağılım göstermemesi ve belirli ekosistem tiplerinin göz ardı edilmesi gibi eksiklikler bulunmaktadır. Gelecekte ekosistem hizmetleri konusundaki akademik çalışmaların daha kapsamlı hale gelmesi için, sosyal bilimler, ekonomi, hukuk ve kamu yönetimi gibi disiplinlerde yapılan araştırmaların artırılması, araştırma alanlarının ülkemizde daha geniş yelpazeye yayılması ve özellikle deniz ekosistemleri, yüksek dağ ekosistemleri ve kurak alanlar gibi daha az çalışılmış

ekosistem türleri üzerine daha fazla akademik araştırma yapılması gerekmektedir.

Kaynakça

- Akyol, C., Çalık, İ., 2022. Türkiye’de yayla turizmi üzerine yapılmış lisansüstü araştırmaların bibliyometrik analizi. *Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 299-315.
- Atabay, E., 2025. EkşiVeri 1.0.5: R-Shiny Entegrasyonlu Akıllı Veri Analizi ve Analitiği Uygulaması. In (Version 1.0.5) *Tourism Analytics*.
- Balvanera, P., Quijas, S., Karp, D. S., Ash, N., Bennett, E. M., Boumans, R., Brown, C., Chan, K. M. A., Chaplin-Kramer, R., Halpern, B. S., Honey-Rosés, J., Kim, C.-K., Cramer, W., Martínez-Harms, M. J., Mooney, H., Mwampamba, T., Nel, J., Polasky, S., Reyers, B., Walz, A., 2017. Ecosystem Services. In M. Walters, R. J. Scholes (Eds.), *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks* (pp. 39-78). Springer International Publishing.
- Chen, H., Sloggy, M. R., Evans, S., 2025. How land property rights affect the effectiveness of payment for ecosystem services: A review. *Land Use Policy*, 151.
- Commission, E., 2013. Green Infrastructure (GI) - Enhancing Europe’s Natural Capital. E. Commission. <https://www.dogavesehirler.org/yayinlar>.
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., Grasso, M., 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1-16.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., Turner, R. K., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158.
- Çaha, Ö., Çetin, M., Özgenel, M., 2020. Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi.
- Çelen, O., Demirel, K.B., Ünal, A., 2023. Bibliometric analysis of postgraduate thesis on rural tourism in Turkey. *Journal of Gastronomy, Hospitality and Travel*, 6(4), 1650-1658.
- Çoban, G., Uzun, O., 2023. Arazi örtüsü/alan kullanımı değişiminin ekosistem hizmetleri bağlamında değerlendirilmesi: Bilecik ili örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 19(2), 62-83.
- Daily, G. C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Mooney, H. A., Pejchar, L., Ricketts, T. H., Salzman, J., Shallenberger, R., 2009. Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 21-28.
- Demirci, B., Aktepe, B., 2021. Türkiye’de yenilebilir bitkilerle ilgili yapılan araştırmaların bibliyometrik analizi. *Journal of Global Food Research*, 2(1), 14-39.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., Lim, W. M., 2021. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296.
- Drupp, M. A., Zachary M. Turk, Ben Groom, Heckenhahn, J., 2024. Global evidence on the income elasticity of willingness to pay, relative price changes and public natural capital values. CESifo Working Paper, No. 11500, CESifo GmbH, Munich.
- Ersen, N., Akyüz, İ., 2024a. Bibliometric analysis of graduate theses on non-wood forest products in Turkey. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 26(1), 172-183.
- Ersen, N., Akyüz, İ., 2024b. Bibliometric profile of graduate theses regarding “Medical and aromatic plants” in Türkiye. *Turkish Journal of Forestry*, 25(1), 118-128.
- Eskin, B. Kurt, A., 2020. Bibliometric investigation of registered master's and doctoral thesis prepared under the title of environmental problems in Turkey. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 5(4), 676-684.
- ESRI, 2018. What's New in ArcMap 10.6. ESRI. Retrieved 26 Şubat 2025 from <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-desktop/uncategorized/whats-new-in-arcmap-10-6/>
- Evren, S., Kozak, N., 2014. Bibliometric analysis of tourism and hospitality related articles published in Turkey. *Anatolia*, 25(1), 61-80.
- FAO, 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 Main report (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Issue).
- Gómez-Baggethun, E., Barton, D.N., 2013. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245.
- Görmüş, S., Oktay, E., Cengiz, S., 2021. Kentsel Ekosistemin Dayanıklılık Hedefini Karşılama Ekolojik Planlama Yaklaşımları. *PEYZAJ - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 3(2), 122-134.
- Güzeller, C.O., Çeliker, N., 2018. Bibliometric analysis of tourism research for the period 2007-2016. *Advances in Hospitality and Tourism Research (AHTR)*, 6(1), 1-22.
- Hasan, S. S., Zhen, L., Miah, M. G., Ahamed, T., Samie, A., 2020. Impact of land use change on ecosystem services: A review. *Environmental Development*, 34, 100527.
- Jenkins, M., Schaap, B., 2018. Forest ecosystem services. Background analytical study. United Nations Forum on Forests 1-41.
- Keleş, E., 2024. Exploring the wide-ranging ecosystem services of riparian vegetation on a global scale. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 25(2), 233-243.
- Ketrez, G., 2024. Sağlık hizmetlerinin karbon ayak izi: görsel haritalama tekniği ile bibliyometrik bir analiz. *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 8(4), 446-458.
- Márquez, L. A. M., Rezende, E. C. N., Machado, K. B., Nascimento, E. L. M. d., Castro, J. D. a. B., Nabout, J. C., 2023. Trends in valuation approaches for cultural ecosystem services: A systematic literature review. *Ecosystem Services*, 64, 101572.
- MEA, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington, DC, USA.
- OGM, 2017. Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar (Tebliğ No: 299). Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Pascual, U., Palomo, I., Adams, W. M., Chan, K. M. A., Daw, T. M., Garmendia, E., Gómez-Baggethun, E., de Groot, R. S., Mace, G. M., Martín-López, B., Phelps, J., 2017. Off-stage ecosystem service burdens: A blind spot for global sustainability. *Environmental Research Letters*, 12(7), 075001.

- Rojas-Sanchez, M.A., Palos-Sanchez, P.R., Folgado-Fernandez, J.A., 2023. Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education. *Education and Information Technologies*, 28,155-192.
- Sancaklı, E., 2024. Türkiye'de karbon ayak izi konulu lisansüstü tezlerinin incelenmesi. *Peyzaj*, 6(1), 50-60.
- TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. TEEB. <https://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/synthesis-report/>
- Xie, G., Li, W., Xiao, Y., Zhang, B., Lu, C., An, K., Wang, J., Xu, K., Wang, J., 2010. Forest ecosystem services and their values in Beijing. *Chinese Geographical Science*, 20(1), 51-58.
- Yelsiz, M.Ş., Yücedağ, C., Çiçek, N., Ayan, S., 2024. A bibliometric analysis of scientific research in Türkiye on national parks between 2002 and 2021. *Forestist*, 74(3), 259-266.



Çankırı Orman Fakóltesi Araştırma Ormanında iklim sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması ve mekânsal dağılım analizi

Semih Ediş ¹, Servet Pehlivan ^{1*}

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakóltesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Çankırı, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 10/05/2025

Kabul Tarihi: 23/06/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1696953>

*Corresponding author:

spehlivan@karatekin.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Bu çalışma, Çankırı Orman Fakóltesi Araştırma Ormanı'nda farklı iklim sınıflandırma yöntemleri kullanılarak iklim tiplerinin belirlenmesini ve bu tiplerin mekânsal dağılımlarının analiz edilmesini amaçlamaktadır. Araştırma ormanlarında iklimsel farklılıkların tespiti; su dengesi, toprak nemi ve ekosistem dayanıklılığı gibi orman ekosistem süreçlerinin sürdürülebilir şekilde yönetilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Yöntemler Çalışmada Thornthwaite, Erinc, Aydeniz, Köppen, Trewartha ve De Martonne sınıflandırma yöntemleri uygulanarak, araştırma ormanına ait iklim tipleri belirlenmiştir. Elde edilen sınıflandırma sonuçları, Coğrafî Bilgi Sistemleri (CBS) ve jeoistatistiksel modelleme teknikleri (özellikle ordinary kriging) kullanılarak mekânsal olarak haritalanmıştır.

Bulgular Elde edilen sonuçlara göre, araştırma ormanının kuzeybatı ve güneybatı kesimlerinde su açığının belirgin olduğu yarı kurak–az nemli iklim tipleri; merkez ve doğu kesimlerinde ise su fazlasının sürdüğü yarı nemli iklim tipleri hâkimdir. Thornthwaite ve Erinc yöntemleri, su dengesi açısından duyarlı bölgelerin tespiti konusunda öne çıkarken; Trewartha sınıflaması, yüksek rakımlı bölgelerde kar örtüsü ve su tutma kapasitesine yönelik potansiyeli belirlemede etkili olmuştur. Aydeniz ve De Martonne yöntemleri ise mikroklimatik geçiş zonlarını başarılı biçimde yansıtmıştır.

Sonuçlar Araştırma ormanında belirlenen iklimsel farklılıkların, orman ekosistemlerinin su tutma kapasitesi, toprak nem durumu ve büyüme periyotları üzerinde doğrudan etkili olduğu görölmüştür. Bu bağlamda, yarı kurak alanlarda su açığı riskine karşı silvikültürel müdahalelerin artırılması; yarı nemli alanlarda ise toprak neminin korunması ve su tutma kapasitesinin yükseltilmesine yönelik ormancılık uygulamalarının güçlendirilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Thornthwaite, Erinc, Aydeniz, Köppen, Trewartha, De Martonne

Comparison of climate classification methods and spatial distribution analysis in the Research Forest of Çankırı Faculty of Forestry

ABSTRACT

Background and aims This study aims to determine and analyze the climate types and their spatial distribution within the Çankırı Faculty of Forestry Research Forest using various climate classification methods. Identifying climate variability in research forests is essential for the sustainable management of forest ecosystem processes such as water balance, soil moisture, and ecological resilience.

Methods The study employed six different classification methods: Thornthwaite, Erinc, Aydeniz, Köppen, Trewartha, and De Martonne. Climate types were determined based on long-term meteorological data and mapped using Geographic Information Systems (GIS) and geostatistical modeling techniques, particularly the ordinary kriging interpolation method.

Results Results indicated that semi-arid and less humid climate types, characterized by a noticeable water deficit, are predominant in the northwestern and southwestern sections of the research forest. In contrast, semi-humid climate types with sustained water surplus prevail in the central and eastern parts. Thornthwaite and Erinc methods were particularly effective in identifying zones with high water balance sensitivity, while the Trewartha classification highlighted areas with high-altitude snow cover and water retention potential. The Aydeniz and De Martonne methods effectively represented microclimatic transition zones across the forest landscape.

Conclusions The identified climatic variations significantly influence the forest ecosystem's water retention capacity, soil moisture status, and growth periods. Accordingly, it is recommended to enhance silvicultural interventions in semi-arid areas to mitigate water deficit risks and to strengthen forest management practices aimed at preserving soil moisture and increasing water retention capacity in semi-humid zones.

Key Words: Thornthwaite, Erinc, Aydeniz, Köppen, Trewartha, De Martonne

Bu makaleye atf:

Ediş, S., Pehlivan, S., 2025. Çankırı Orman Fakóltesi Araştırma Ormanında iklim sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması ve mekânsal dağılım analizi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 201-211.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Araştırma ormanları, orman ekosistemlerinin yapısını ve işleyişini uzun vadeli gözlemlerle anlamaya yönelik bilimsel çalışmalara ev sahipliği yapan alanlardır (Vose et al., 2014). Bu alanlar, yalnızca biyotik ve abiyotik süreçlerin izlenmesine değil, aynı zamanda sürdürülebilir ormancılık politikalarının geliştirilmesine, iklim değişikliğiyle mücadele ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkı sunmaktadır (Lugo et al., 2006; Owari et al., 2020). Araştırma ormanlarından elde edilen veriler, ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde, ormancılık yatırımlarının yönlendirilmesinde ve çevresel yönetim stratejilerinin biçimlendirilmesinde temel bir veri kaynağı niteliği taşımaktadır (Chudy et al., 2023; Haines, 2005). Türkiye’de yer alan ankırı Orman Fakóltesi Araştırma Ormanı, bu nitelikleri taşıyan örnek araştırma alanlarından biridir. Söz konusu ormanda, ölü örtü dinamiklerinden toprak özelliklerine, floristik yapıdan silvikültürel başarıya, artım ve hasılat ilişkilerinden havza yönetimine kadar farklı ormancılık disiplinlerine ilişkin çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (akır ve Tunç, 2019; Göl ve Ediş, 2017; Öner ve İmal, 2006; Göęerin ve Günlü, 2017; Ursavaş ve Ediş, 2024). Bu eřitlilik, araştırma ormanının çok yönlü bilimsel değerlendirmeler için önemli bir referans alanı olduğunu göstermektedir.

Ormancılık bilimi açısından değerlendirildiğinde, araştırma ormanlarının ne denli değer taşıdığı yukarıda özetlenmeye çalışılan uluslararası literatür dikkate alındığında bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında ankırı Orman Fakóltesi Araştırma Ormanı da çeşitli araştırmacılar için doğal bir laboratuvar olma görevini üstlenmiştir. Ülkemizde çeşitli ormancılık disiplinlerince yapılan birçok araştırma ankırı Orman Fakóltesi Araştırma Ormanı’nda yürütölmüştür. Söz konusu literatür incelendiğinde, özellikle, ölü örtü birikimi ve ayrışması (akır ve Tunç, 2019; akır vd., 2020; akır, 2021; akır vd., 2023) ile ölü örtü ve toprağın fiziksel özellikleri ve karbon stoklarına yönelik araştırmaların (Göl vd., 2010; Göl ve Ediş, 2017; Işık ve Göl, 2021; Göl, 2022; Demir ve Göl, 2022) oldukça yoğun olarak yürütöldüğü görölmüştür. Bu gibi toprak ve ekolojik araştırmaların yanında araştırma ormanının florasına (Abay ve Ursavaş, 2009; Ursavaş ve Öztürk, 2016; Ursavaş ve Tuttu, 2020; Tuttu ve Ursavaş, 2022) ve bitki ekolojisine (Göl vd., 2008; Dölarslan vd., 2018; eri ve Göl, 2021; Ursavaş ve Ediş, 2024) yönelik bilimsel araştırmalar da yürütölmüştür. Yine araştırma ormanının silvikültürel özellikleri ile ağaçlandırma faaliyetlerinin başarı ve sağlığı (Göl ve Öner, 2002; Öner, 2002; Öner ve akır, 2006; Öner ve İmal, 2006; Yılmaz vd., 2007; Öner ve Sivacıoğlu, 2010; Akkaya ve akır, 2022) üzerine oldukça fazla araştırıcı tarafından tamamlanmış ve ölkemiz ormancılık literatürüne kazandırılmış çalışma bulunmaktadır. Son olarak; ankırı Orman Fakóltesi Araştırma Ormanı ormancılık biliminin havza yönetimi disiplinine (Göl vd., 2004; Göl ve Dengiz, 2007; Göl vd., 2015; Görgölü ve Göl, 2021) yönelik araştırmalarının da kaydedeğer yoğunlukta gerçekleştirildiği bir doğal laboratuvar niteliğindedir. Tüm bunların yanında araştırma ormanının entomolojisine (şimşek vd., 2017; Saab vd., 2023) ve fitopatolojisine (Oskay ve şimşek, 2017a; Oskay ve şimşek, 2017b), meşcerelerin artım ve büyüme ilişkileri ile hasılatına ve meşcerelerin sahip olduğu ağaç bitkisel kütleinde depo edilen karbon miktarı ile üretilen oksijen miktarının zamansal

değişimine (Göğerin ve Günlü, 2017; Ercanlı vd., 2023, Keleş vd., 2024), alanda yetişen bitki türlerinin etnobotanik özelliklerine (Tuttu vd., 2024) yönelik araştırmalar ile orman yollarının planlanması (ölkuşu ve Buğday, 2022) alışmalarının da yürütöldüğü görölmektedir.

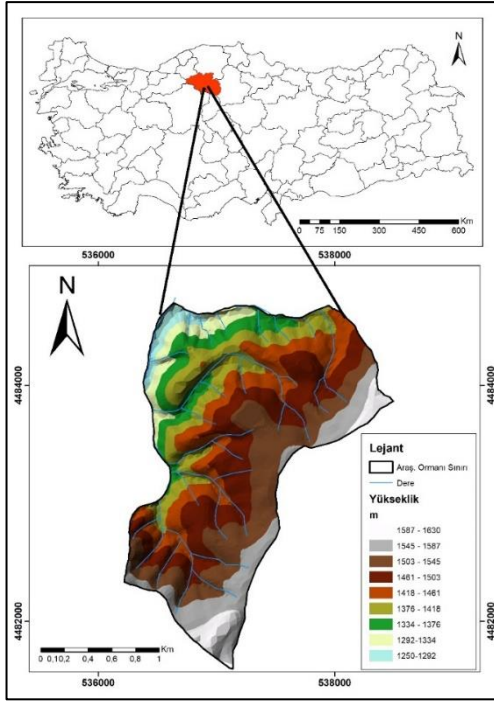
Orman ekosistemlerinin işleyişinde iklim belirleyici bir faktördür. Biyolojik eřitlilik, toprak yapısı, su ve karbon döngüleri gibi ekolojik süreçler üzerinde doğrudan etkili olan iklimsel değişkenler, özellikle küresel iklim değişikliği bağlamında ormancılık araştırmalarının öncelikli konusu haline gelmiştir (Landsberg and Gower, 1997; Houghton, 2007; Bonan, 2008; IPCC, 2021). Bu nedenle iklim tiplerinin doğru bir şekilde belirlenmesi ve haritalanması, sürdürülebilir ekosistem yönetimi açısından temel bir gerekliliktir. Bu alışma, ankırı Orman Fakóltesi Araştırma Ormanı’nın iklim tiplerini belirlemeyi ve bu tipleri Köppen, Thornthwaite, Erinç ve Aydeniz gibi farklı iklim sınıflandırma yöntemleri kullanarak Coğrafı Bilgi Sistemleri (CBS) ile haritalamayı amaçlamaktadır. Böylece, mikroklimatik özelliklerin mekânsal dağılımı ortaya konacak ve bu bilgiler ekosistem yönetimi, silvikültürel planlama, zararlı-hastalık kontrolü ve hasılat tahmini gibi ormancılık uygulamalarına bilimsel dayanak oluşturacaktır (Peel et al., 2007; Türkeş, 1998; Muluneh, 2021).

Bu kapsamda çalışmanın temel amacı, ankırı Orman Fakóltesi Araştırma Ormanı’nda hâkim olan iklim tiplerini farklı klimatolojik sınıflandırma yöntemleri (Köppen, Thornthwaite, Erinç ve Aydeniz) aracılığıyla belirlemek ve bu sınıflamaları Coğrafı Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak mekânsal olarak haritalamaktır. Çalışma, farklı iklim sınıflandırmalarını karşılaştırmalı biçimde değerlendirerek araştırma ormanının mikroklimatik yapısını çok yönlü olarak ortaya koymayı ve bu yapının ekosistem yönetimi üzerindeki olası etkilerine ilişkin bilimsel çıkarımlar sunmayı hedeflemektedir. Bu yönüyle alışma, Türkiye ormancılık literatüründe araştırma ormanları ölçeğinde gerçekleştirilmiş nadir klimatolojik analizlerden biri olma özelliği taşımaktadır. Ayrıca elde edilen bulgular, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) doğrultusunda; iklim eylemi (SKH 13), karasal yaşamın korunması (SKH 15), temiz su kaynaklarının sürdürülebilirliği (SKH 6) ve doğal kaynakların etkin yönetimi (SKH 12) gibi hedeflere yerel düzeyde bilimsel katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

2. Materyal

2.1 Çalışma alanı

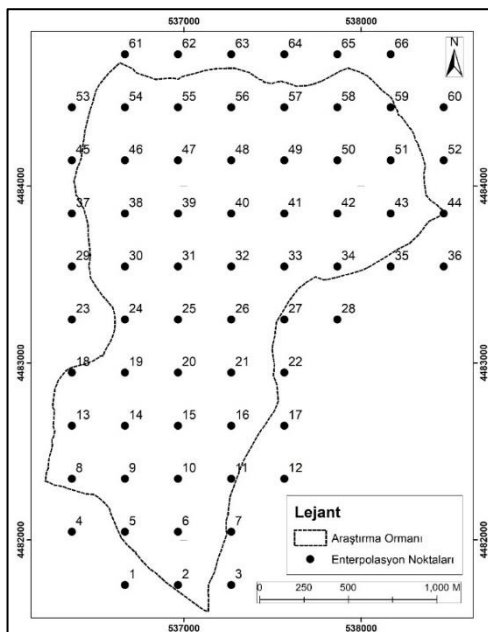
ankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakóltesi Araştırma Ormanı, ankırı ili sınırları içinde yer alan Eldivan İlçesinde bulunmaktadır (şekil 1). Toplam alanı Araştırma ormanında yükseklik 755 ile 1.631 m arasında, eğim %7-12 arasında değişmekte olup ortalama bakısı güneybatıdır (Göl vd., 2010).



Şekil 1. Araştırma ormanının konumu

2.2 Kullanılan veriler

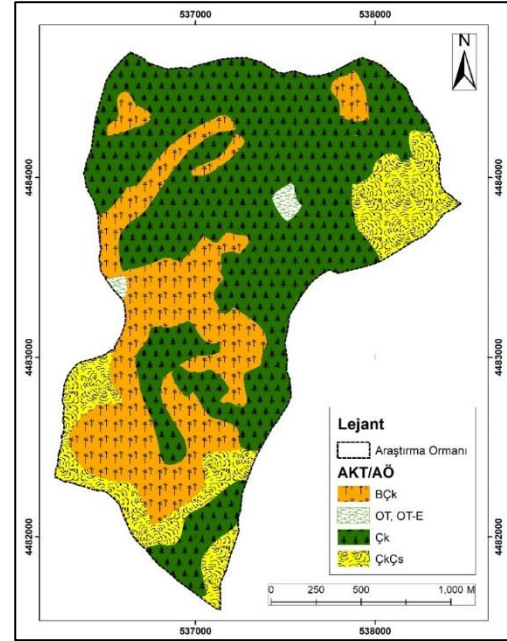
Bu çalışmada kullanılan meteorolojik veriler Çankırı Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilmiştir. Veriler, 30 yıllık (1993–2023) bir dönemi kapsamakta olup yağış, sıcaklık ve nem değerlerini içermektedir. Analiz edilen temel değişkenler şunlardır; yağış miktarı (mm), ortalama sıcaklık (°C), en yüksek ve en düşük sıcaklıklar (°C), bağıl nem (%)'dir. Çankırı Orman Fakültesi Araştırma Ormanına ait orman kuruluşu ve topoğrafya gibi veriler sayısal olarak Çankırı Orman İşletme Müdürlüğünden temin edilmiştir. Çalışma sahasında 300 metre aralıklarla belirlenen 66 grid noktası kullanılmıştır. Söz konusu noktaların konumları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Enterpolasyon noktalarının dağılımı

2.3 Bitki örtüsü ve toprak yapısı

Araştırma ormanındaki ekosistemleri, çoğunlukla sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) türlerinden oluşmaktadır. Alan aynı zamanda plantasyon ormanları, bozuk karaçam toplulukları, karaçam-sarıçam karışık ormanları, meşe ve ardıc (*Juniperus* spp.) çalılıkları ile açıklık alanları içermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Araştırma Ormanı arazi kullanma türü/arazi örtüsü durumu

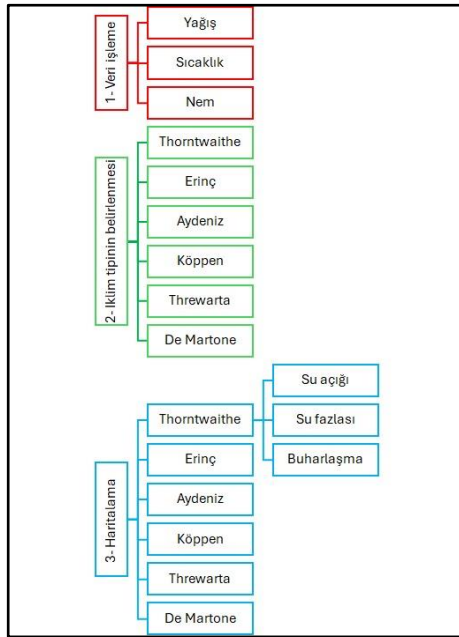
Toprak yapısı bakımından, araştırma ormanı kahverengi orman toprakları ile podzol topraklarının bir karışımına sahiptir. Toprak özellikleri açısından; yüksek kil içeriğine sahip, düşük ve orta seviyede kireç içerip hafif alkali ve alkali özellikler göstermektedir. Ayrıca yetersiz organik madde, sığ toprak yapısı, taşlılık, yüksek eğim ve kuraklık, bitki gelişimini sınırlayan faktörler alanın toprak yapısını karakterize etmektedir (Göl vd., 2010). Alanda, yüzey ve oyuntu erozyonu kısmen olarak görülmektedir.

3. Yöntem

3.1 Çalışmanın iş akışı aşamaları

Çalışmanın ilk aşamasında, meteorolojik değişkenlerin yükseltiye bağılı değişimini dikkate alarak, 300 metre aralıklarla 66 grid noktası oluşturulmuştur. Çankırı Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilen yağış ve sıcaklık verileri, çalışma alanına enterpolasyon yöntemiyle dağıtılmıştır. Nem verileri ise araştırma ormanında bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler kullanılarak modellenmiş ve bu model yardımıyla Çankırı Meteoroloji İstasyonu'ndan alınan veriler alana enterpole edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, Thornthwaite, Erinç, Aydeniz, Köppen, Threewart ve De Martonne yöntemlerine göre iklim tipleri ve özellikleri belirlenmiştir. Son aşamada ise her bir iklim tipine göre haritalama işlemleri yapılmıştır. Haritalamada iklim tipleri ve su

dengesi unsurları dikkate alınmış olup, Thornthwaite yönteminde su açığı, su fazlası ve buharlaşma durumları da analiz edilerek mekânsal dağılımları görselleştirilmiştir (şekil 4).



şekil 4. Araştırmanın iş akış şeması

3.2 Meteorolojik verilerin işlenmesi

Topoğrafik değişkenlere göre yağış tahminlerinde yaygın olarak kullanılan Schreiber (1904) yöntemi kullanılarak yağış verileri mekânsal olarak dağıtılmıştır. Sıcaklık verileri ise Laplace rate (sıcaklık gradyanı) yöntemi dikkate alınarak, yüksekliliğe bağlı sıcaklık değişimlerini tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır. Ortalama sıcaklık gradyan değeri 0,65 °C/100 m olarak kabul edilmiştir. Nem değerleri ise basit regresyon modelleri kullanılarak Çankırı istasyonundan alana enterpole edilmiştir.

3.3 İklim sınıflandırmaları

Sıcaklık, yağış, buharlaşma, topoğrafya ve zaman ölçeği gibi farklı kriterlere dayanmasından dolayı araştırma alanında farklı iklim sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Bu kapsamda; sıcaklık ve yağış verileri temel alınarak uygulanan Köppen (Peel et al., 2007), bu yöntemle ek olarak mevsimsel değişkenlikleri analiz etmek için Threwarta, potansiyel evapotranspirasyon, su açığı ve su fazlası hesaplamaları için uygulanan Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), Türkiye için geliştirilmiş yağış ve sıcaklık oranlarını baz alan Erinç (Erinç, 1969), bölgesel değişkenlikleri dikkate almasından dolayı Aydeniz, bölgenin nemlilik oranını değerlendiren De Martone (De Martonne, 1926) yöntemleri bu çalışmada tercih edilerek hesaplanmıştır.

3.4 Mekansal analiz ve haritalama

Bölgenin iklim tiplerinin mekânsal analizi ve haritalanması, ArcGIS 10.3 yazılımı kullanılarak gerçekteşirilmifitir. Coğrafi veri işleme ve jeoistatistiksel analizlerde yaygın kullanılan mekânsal enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Haritalama

işlemleri sırasında jeoistatistiksel (kriging vb.) ve deterministik (IDW, local polynomial interpolation, vb) modeller sırasıyla denemiş olup en düşük hata oranına sahip olan “ordinary kriging” yöntemi kullanılarak haritalama işlemleri tamamlanmıştır.

3.5 İstatistiksel analizler

Aydeniz yönteminin uygulanabilmesi için, çalışma alanında yer alan her bir grid noktasına ait nemlilik değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, 66 farklı noktada bağlı nem değerinin hesaplanması zorunlu hâle gelmiştir. Ancak bu aşamada, meteorolojik verilerin iklim istasyonu bulunmayan alanlara nasıl enterpole edileceği sorusu ortaya çıkmıştır. Literatürde, sıcaklık ve yağış gibi temel meteorolojik değişkenlerin enterpolasyonuna yönelik çeşitli yöntemler yaygın şekilde yer almakta olmasına rağmen, bağlı nemin meteoroloji istasyonu bulunmayan bölgelerdeki dağılımının tahminine yönelik çalışmalara literatürde yeterince rastlanmamaktadır. Bu metodolojik boşluğu aşmak amacıyla, bağlı nemin istatistiksel olarak en yüksek ilişki içerisinde olduğu değişkenler olan sıcaklık ve yağış verileri temel alınarak, nem değerleri regresyon analizine dayalı olarak tahmin edilmiştir. Bu amaçla araştırma ormanına en yakın meteoroloji istasyonu olan Eldivan Meteoroloji İstasyonunda kaydedilen sıcaklık (T), yağış (P) ve bağlı nem (N) değerlerine ilişkin aylık ortalamalar hesaplanmış ve bu üç meteorolojik değişken arasında bir regresyon ilişkisi olup olmadığı incelenmiştir. Yapılan analizde, bağlı nem (N) bağımlı değişken olarak; sıcaklık (T) ve yağış (P) ise bağımsız değişkenler olarak değerlendirilmiştir. Yönteme ait regresyon denkleminin genel ifadesi eşitlik 1’de verilmiştir.

$$N = a + (b \times (T^2 \times P)) + (c \times ((T^2 \times P)^2)) \quad (1)$$

Bu denklemdede;

N: Eldivan meteoroloji istasyonunda kaydedilen aylık ortalama bağlı nem değerlerini (%),

T: Eldivan meteoroloji istasyonunda kaydedilen aylık ortalama sıcaklık değerlerini (°C),

P: Eldivan meteoroloji istasyonunda kaydedilen aylık ortalama toplam yağış miktarını (mm) ifade etmektedir.

Söz konusu regresyon denkleminin geliştirilmesi ile araştırma alanında tespit edilen her bir noktaya ait sıcaklık ve yağış değerleri yardımıyla, ilgili noktaya ait bağlı nem değeri de hesaplanmıştır.

4. Bulgular ve Tartışma

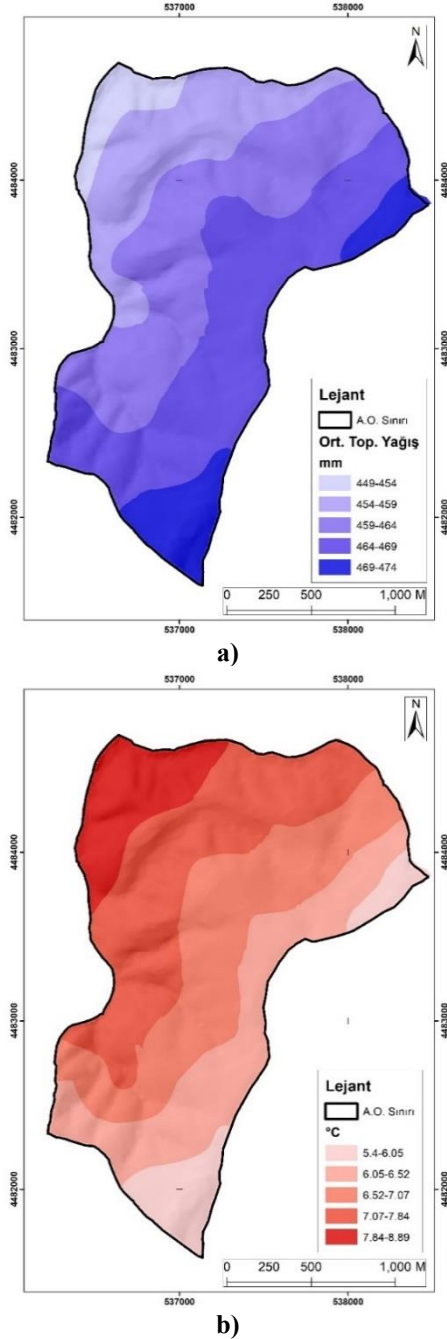
4.1. Yağış, sıcaklık ve nem dağılımı

Araştırma ormanında 300 x 300 m aralık mesafe ile oluşturulan 66 adet noktaya ilişkin yıllık ortalama toplam yağış miktarı, yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin ve yıllık ortalama nem değerleri tespit edilmiştir. Bağlı nemi tahmin etmede kullanılan regresyon denkleminin katsayılarının belirlenmesi sonucunda eşitlik;

$$N = 76,996 - (0,0039 \times (T^2 \times P)) + (0,0000002 \times ((T^2 \times P)^2)) \quad (2)$$

olarak oluşturulmuştur. Geliştirilen regresyon denkleminin R^2_{adj} değeri 0,88, RMSE değeri ise %6,40 biçiminde hesaplanmıştır. Hem regresyon denklemi hem de denklemin tüm katsayıları %95 güven düzeyinde anlamlıdır ($p < 0,05$).

Araştırma ormanının yıllık ortalama toplam yağış miktarı 450-500 mm arasında (şekil 5a), yıllık ortalama sıcaklık değerleri ise 6-12 °C aralığında hesaplanmıştır (şekil 5b).



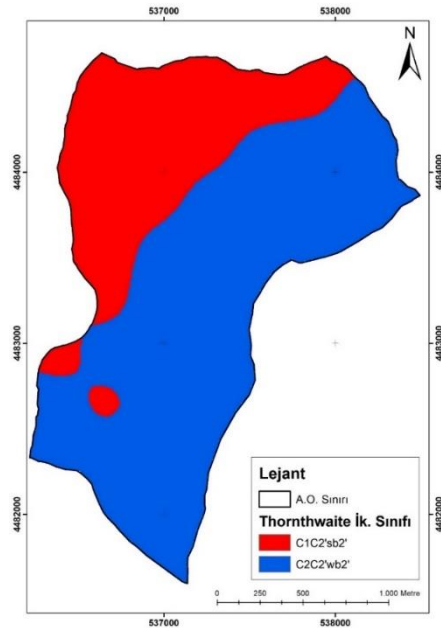
şekil 5. Araştırma ormanının ortalama toplam yağış miktarı (a) ile ortalama sıcaklık (b) haritaları

Nemin ise %65-80 arasında deęiřtięi ve dūřuk nem içerięinin dūřuk rakımlı açık alanlarda %65-70, yūřuk nem içerięinin ise %75-80 oranında yūřuk rakımlı ve ormanlık alanlarda olduęu tespit edilmiřtir.

4.2. İklım sınıflandırmaları

Araştırma Ormanı'nda Thornthwaite yūřemine gōre oluşturulan iklim sınıflandırma haritasında, C1C2'sb2' ve C2C2'wb2' olmak ūzere iki temel iklim tipi belirlenmiştir. Bu sınıflandırma, sıcaklık, yağış ve su dengesi bileşenlerinin karşılıklı etkileşimine dayalı olarak geliştirilmiştir. C1C2'sb2' iklim tipi, belirgin su açığı ile karakterize edilen yarı kurak ve az nemli koşulları ifade etmektedir. Buna karşılık, C2C2'wb2' tipi ise yıl boyunca su fazlasının daha uzun sūreyle devam ettiği, yarı nemli alanları temsil etmektedir (şekil 6).

Thornthwaite iklim sınıflandırması haritasının analizine katkı sağlamak amacıyla ek olarak sunulan yıllık su açığı, yağış etkinliği ve su fazlası sūresi haritaları, araştırma alanının iklimsel ve hidrolojik koşullarının mekansal farklılıklarını ortaya koymaktadır. Su fazlası miktarları 83-129 mm aralığında değişen beř farklı sınıf halinde gōsterilmiřtir. En dūřuk su fazlası miktarının (83-100 mm) gōzlemlendięi açık tonlu alanlar, ūzellikle kuzeybatı ve gūneybatı kesimlerinde yayılım gōstermektedir. Bu bōlgeler, Thornthwaite iklim sınıflandırmasında C1C2'sb2' (yarı kurak – az nemli) tipi ile ūrtūřmekte olup, bu alanlarda su açığının daha belirgin olduğu ve toprak neminin daha hızlı kaybedildiği dūřūnlmektir.



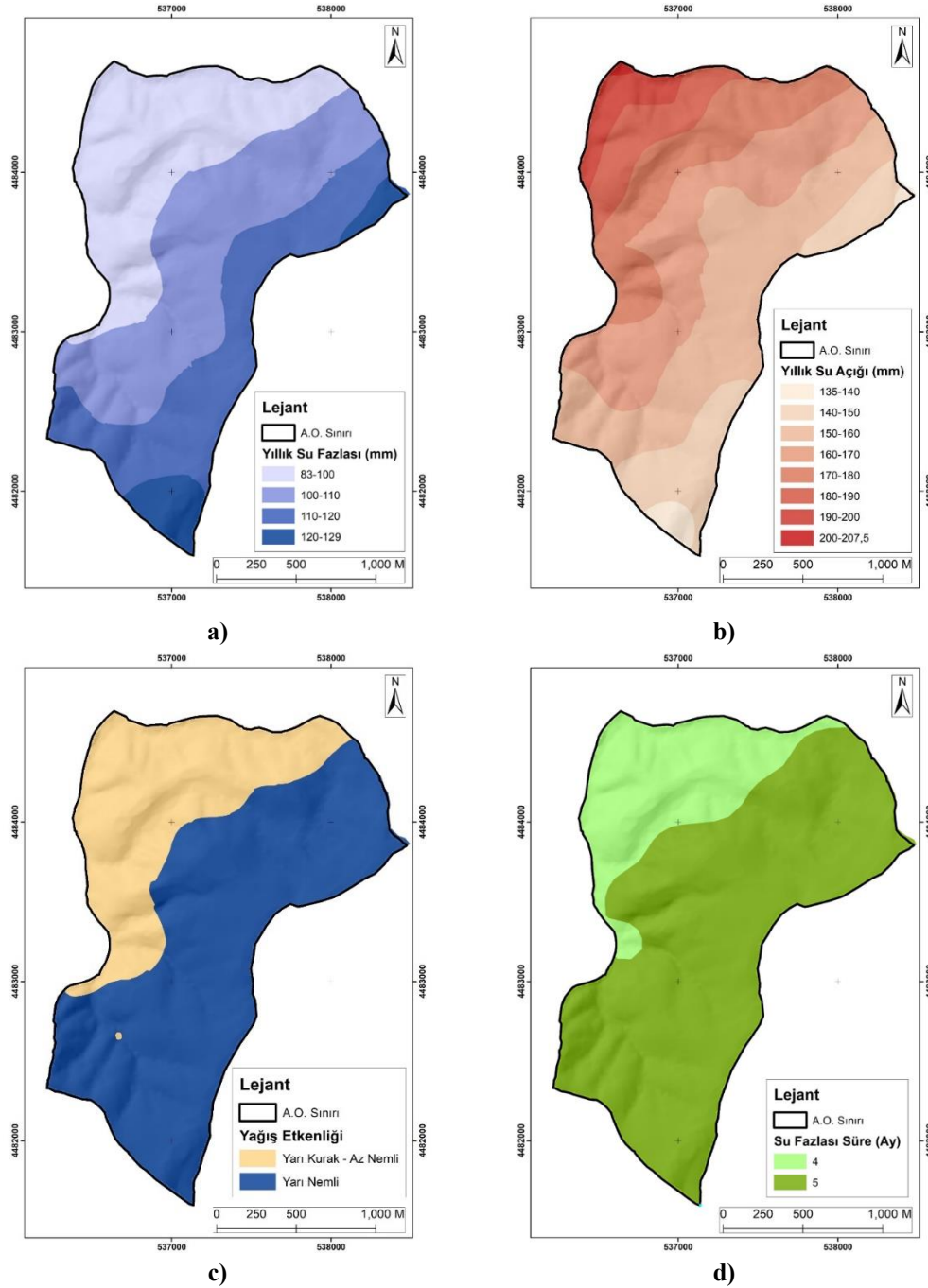
şekil 6. Araştırma Ormanının Thornthwaite İklım Sınıflandırmasına gōre haritası

Arařtırma alanının merkez ve doęu kesimlerinde ise su fazlası miktarının 110-129 mm aralıęında olduęu koyu tonlu bōlgeler dikkat çekmektedir. Bu alanlar, C2C2'wb2' (yarı nemli) iklim tipi ile ūrtūřmekte olup, su fazlasının yılın belirli dōnemlerinde belirginleřtięi ve toprak nem kapasitesinin daha yūřuk olduęu bōlgelerdir. ūzellikle 120-129 mm aralıęında su fazlasına sahip olan alanlar, su tutma kapasitesi açısından ūnemli ekosistem hizmetleri saęlamaktadır ve su dengesi açısından kritik bōlgeler olarak deęerlendirilmektedir (řekil 7a).

Yıllık su açığı haritasında, kuzey ve batı kesimlerinde su açığının 200 mm'nin ūzerinde olduğu dikkati çekmektedir (şekil 7b). Bu bōlgelerin, Thornthwaite sınıflandırmasında

C1C2'sb2' iklim tipi ile örtüştüğü belirlenmiştir. Bu durum, orman ekosistemlerinde su stresi riskinin yüksek olduğunu ve bu alanlarda toprak neminin yılın büyük bir bölümünde yetersiz kaldığını göstermektedir. Öte yandan, güneydoğu ve doğu kesimlerinde su açığı değerlerinin 150 mm'nin altında kaldığı ve bu bölgelerin C2C2'wb2' iklim tipi ile uyumlu olduğu saptanmıştır. Bu alanlarda su fazlası süresi haritası da dikkate alındığında, su fazlasının beş aya kadar sürdüğü görölmektedir. Bu süre, özellikle yarı nemli alanların su tutma kapasitesinin yüksek olduğunu ve toprak neminin uzun süre korunabildiğini göstermektedir.

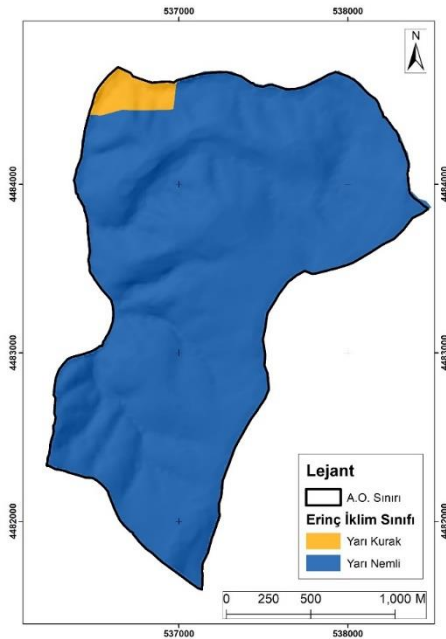
Yağış etkinliği haritası incelendiğinde, araştırma alanının kuzey ve batı kesimlerinde yarı kurak-az nemli (sarı) alanların hakim olduğu gözlemlenmiştir. Bu alanların, Thornthwaite sınıflandırmasında C1C2'sb2' iklim tipi ile örtüştüğü, dolayısıyla bu bölgelerde yağış etkinliğinin düşük olduğu düşünölmektedir (şekil 7c). Buna karşın, güneydoğu ve doğu kesimlerinde yarı nemli (mavi) alanların baskın olduğu ve bu bölgelerin C2C2'wb2' iklim tipi ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yarı nemli alanların su tutma kapasitesinin daha yüksek olduğunu ve su fazlalığının beş aya kadar sürdüğünü ortaya koymaktadır (şekil 7d).



şekil 7. Araştırma Ormanında Yıllık su fazlası (a), Yıllık Su açığı (b), Yağış Etkenliği (c) ve Su fazlası süren ay süresi (d) haritaları

Bu alışma, Thornthwaite iklim sınıflandırmasının mekânsal dağılımının destekleyici hidroklimatik haritalarla birlikte değeriendirilmesinin, orman ekosistemlerinde su dengesi ile iklim koşulları arasındaki etkileşimi anlamlı biçimde ortaya koyduğunu göstermektedir. Bulgular, yarı kurak–az nemli alanların su açığına karşı daha hassas olduğunu; buna karşın, yarı nemli bölgelerde su fazlası süresinin daha uzun sürdüğünü ve bu alanların daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Bu farklılıklar, ormancılık uygulamalarında su yönetimi stratejilerinin alan bazında farklılaştırılmasını gerekli kılmaktadır. Özellikle yarı kurak bölgelerde su açığı riskini azaltmaya yönelik su hasadı uygulamalarının teşvik edilmesi ve silvikültürel önlemlerin artırılması önerilmektedir (Bonan, 2008). Yarı nemli alanlarda ise su fazlasının etkin şekilde yönetilerek, kurak dönemlerde oluşabilecek su stresi riskinin azaltılması hedeflenmelidir (Day et al., 2002; Vose et al., 2014).

Erinç metoduna göre yapılan iklim sınıflandırmasında araştırma ormanında iki tipte iklim sınıfı ortaya çıkmaktadır. Araştırma alanının büyük bir kısmı yarı nemli (mavi) olarak tanımlanmıştır (şekil 8). Yarı nemli bölgeler, yıllık yağış miktarının sıcaklık artışlarını dengelediğı, toprak neminin korunduğı ve su açığının düşük olduğı alanları temsil etmektedir. Bu alanlarda, orman ekosistemlerinin su tutma kapasitesinin yüksek olduğı ve bitki örtüsünün büyüme döneminde yeterli suya erişebildiğı düşünölmektedir (Wenwei et al., 2002).

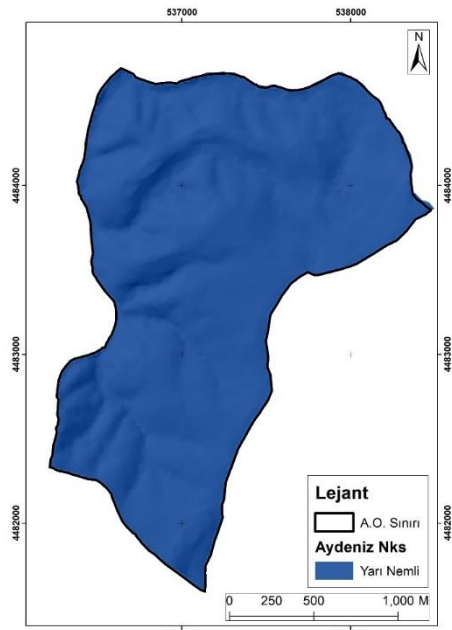


şekil 8. Erinç yöntemine göre Araştırma Ormanının iklim sınıfları

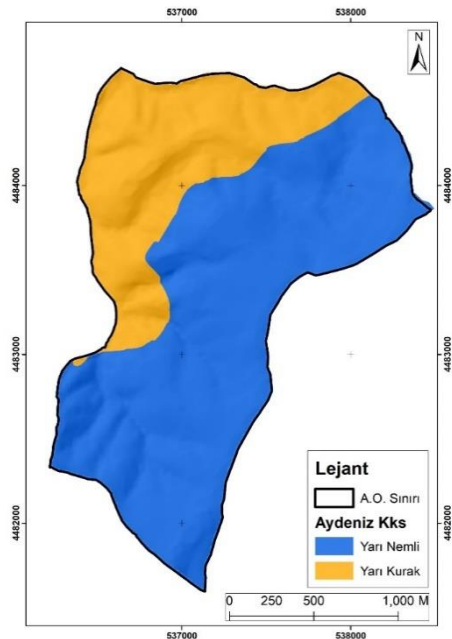
Ayrıca, yarı nemli bölgeler, buharlaşma oranının düşük, toprak neminin ise göreceli olarak daha istikrarlı olduğı alanlar olarak öne çıkmaktadır. Orman ekosistemlerinde bu tür alanlar, yangın riski açısından daha düşük hassasiyete sahiptir (Konca-Kędzierska and Pianko-Kluczyńska, 2018). Alanın kuzeybatı kesiminde ise yarı kurak (sarı) olarak sınıflandırılan bir bölge dikkat çekmektedir. Yarı kurak bölgelerde, kuraklık riski artmakta ve yaz aylarında su stresi potansiyeli yükselmektedir.

Orman ekosistemleri açısından yarı kurak bölgeler, bitki büyüme periyodunun kısalması, su yetersizliğı ve yangın riski gibi olumsuz etkilerle karşı karşıya kalabilir (Malagnoux et al., 2007; Blanco-Rodríguez et al., 2023).

Aydeniz yöntemine göre yapılan analizde, Araştırma Ormanı'nın genel iklim tipi yarı nemli olarak belirlenmiştir (şekil 9a ve 9b). Her iki harita da bölgenin büyük bir kısmında nemlilik potansiyelinin hâkim olduğunu ve su açığının sınırlı kaldığını göstermektedir. Aydeniz Kuraklık-Kuraklık Sınıflaması (KKS) haritası (şekil 9b), çalışma alanındaki mikroklimatik farklılıkların, iklim tiplerinin mekânsal dağılımında belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.



a)



b)

şekil 9. Aydeniz metoduna göre, Nemlilik katsayısı (a) ve Kuraklık katsayısı (b) Araştırma Ormanının iklim tipleri

Özellikle kuzeybatı ve güneybatı kesimlerde, yerel topoğrafya ve mikroklimatik koşulların etkisiyle yarı kurak alanların öne çıktığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu bölgelerde orman ekosistemlerinin daha yoğun su stresi altında kalabileceğine ve toprak neminin daha hızlı kaybedilebileceğine işaret etmektedir. Kurak karakterli bu alanlar, yaz aylarında toprak neminin hızla azalması nedeniyle su yönetimi açısından yüksek kuraklık riski taşıyan bölgeler olarak değerlendirilmektedir (Luo et al., 2023).

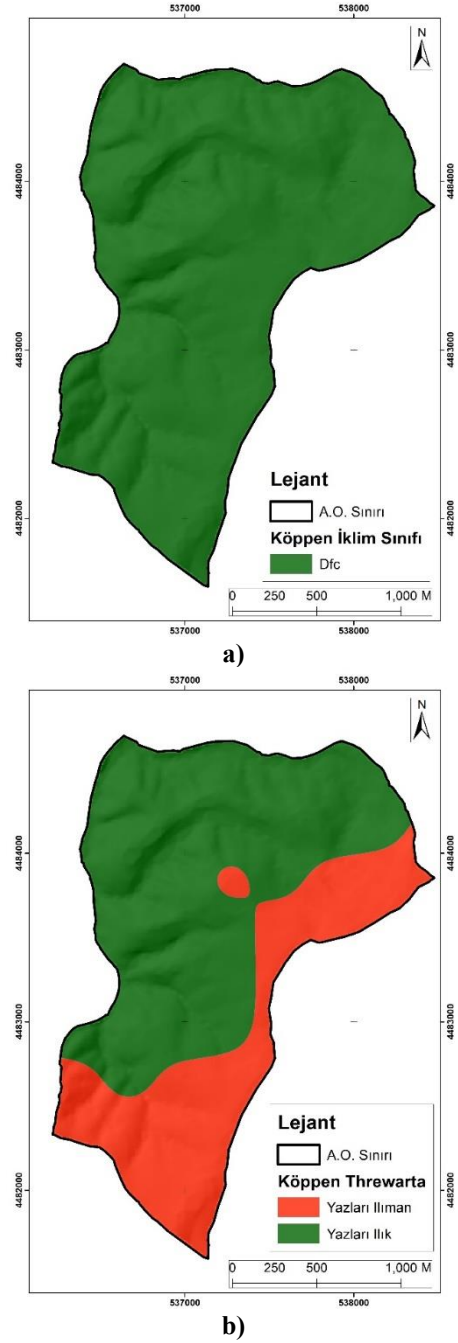
Bu bulgular, orman ekosistemlerinde su yönetimi ve orman yangını riski ile mücadelede yerel iklimsel ve topografik koşulların dikkate alınarak müdahale stratejilerinin optimize edilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Alcamo et al., 2023).

Köppen İklim Sınıflandırmasına göre Araştırma ormanının tamamı "Dfc" Soğuk Orman kuşağı içinde, kışları şiddetli, yazları kısa ve serin ve hemen her mevsimi yağışlı iklim tipi olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 10a). Bu iklim tipi, yıllık sıcaklık ortalamalarının düşük, kış aylarının uzun ve sert, yaz aylarının ise serin ve kısa sürdüğü bölgeleri temsil etmektedir (Köppen, 1884; Peel et al., 2007). Köppen-Threwarta iklim sınıfına göre araştırma ormanının yüksek rakımlı bölgelerinde "Dcfo" Yazları Ilıman Kışları Soğuk Ilıman Karasal iklim tipi, düşük rakımlı bölgelerinde ise "Dcbo" Yazları Ilık Kışları Soğuk Ilıman Karasal iklim tipi olduğu belirlenmiştir (Şekil 10b).

Dfc iklim tipi, genellikle boreal orman kuşaklarında ve yüksek rakımlı karasal bölgelerde gözlemlenen, soğuk ve nemli koşullarıyla öne çıkan bir iklim rejimidir. Araştırma Ormanı'nda bu iklim tipinin baskın olması, bölgedeki orman ekosistemlerinin büyüme periyodunun sınırlı olduğunu ve yaz aylarında dahi toprak neminin yüksek düzeyde korunabildiğini düşündürmektedir. Dfc iklimine özgü düşük sıcaklıklar ve uzun süren kış mevsimi, evapotranspirasyon oranlarını sınırlandırarak toprakta su birikiminin artmasına olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, bu iklim koşulları altında yer alan ormanlık alanların su tutma kapasitesinin yüksek olduğu ve kış mevsiminde kar örtüsünün önemli bir su rezervi işlevi gördüğü değerlendirilmektedir (Dursun ve Yazıcı, 2022).

Yazları ılıman iklim bölgeleri, sıcaklıkların yaz aylarında göreceli olarak düşük seyrettiği ve yağışın yıl içine dengeli dağıldığı alanlar olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgelerde, vejetasyon süresi daha uzun sürmekte ve toprak nemi yıl boyunca daha dengeli bir dağılım göstermektedir (Gilliam, 2016). Buna karşılık, yazları ılık iklim bölgeleri ise orman ekosistemlerinde su dengesi açısından önemli kırılganlıklar yaratmakta ve yaz aylarında kuraklık stresinin daha yoğun hissedilmesine yol açmaktadır (Pyrgou et al., 2019).

Köppen-Trewartha iklim sınıflandırmasının mekânsal dağılımı, özellikle su dengesi ve yangın riski gibi ormancılık açısından kritik parametrelerin değerlendirilmesinde stratejik bir araç niteliğindedir. Yazları ılık iklim tipine sahip bölgelerde, artan kuraklık ve yangın riski nedeniyle su yönetimi uygulamalarının daha hassas ve yerel koşullara özgü biçimde planlanması gerekmektedir.

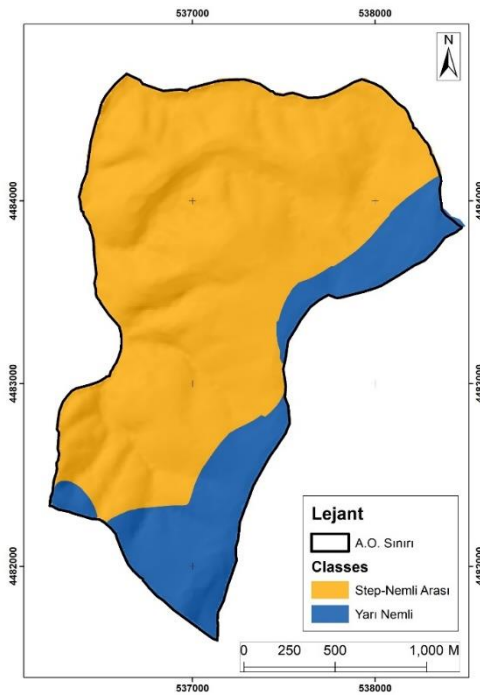


Şekil 10. Araştırma ormanının Köppen (a) ve Köppen Threwarta (b) yöntemlerine göre iklim sınıfları

Araştırma Ormanı'nda De Martonne kuraklık indisi yöntemi doğrultusunda gerçekleştirilen değerlendirme sonucunda, çalışma alanında Step-Nemli Arası (sarı) ve Yarı Nemli (mavi) olmak üzere iki temel iklim tipi tanımlanmıştır. Step-nemli arası sınıfına giren bölgeler, yıllık yağış miktarının görece düşük, sıcaklıkların ise daha yüksek seyrettiği alanları temsil etmektedir. Buna karşılık, yarı nemli alanlar, daha fazla yağış alan ve sıcaklık düzeylerinin daha düşük olduğu mikroklimatik bölgeler olarak belirlenmiştir (Şekil 11). Bu iklimsel ayırım, orman ekosistemlerinin su dengesi, toprak nemi ve büyüme koşulları açısından farklı yönetsel stratejiler gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

Step-nemli bölgeler, yarı nemli alanlara göre daha kurak iklim tipleri sergiler ve yıllık toplam yağış bu topraklardaki

buharlaşma ve evapotranspirasyon s¼reçlerini telafi edemeyecek kadar d¼ř¼kt¼r (McKinnon et. al, 2020; Materia et. al, 2021). Bu durum, ¼zellikle yaz aylarında topraktaki nemin hızla t¼kenmesine neden olur ve bitki ¼rt¼s¼n¼ su stresi altına sokabilmektedir. Kuraklık olasılığının y¼ksek olduğu bu alanlardaki orman ekosistemlerinin direnci d¼řebilir; bu nedenle su kaynaklarının y¼netimi ve ekosistem temelli ¼nlemleri planlamak gereklidir. Buna karşılık, yarı nemli b¼lgelerde, daha y¼ksek yağış rejimi ve daha d¼ř¼k sıcaklık, yıl boyunca daha istikrarlı bir toprak su i¼erięi ile sonu¼lanır (Zhang et. al, 2014). Bu b¼lgelerdeki y¼ksek su tutma kapasitesi, orman ekosistemlerinde b¼y¼me d¼neminin daha sağlıklı ilerlemesini sağlamakta ve bitki ¼rt¼s¼n¼n suya erişimini s¼rd¼r¼lebilir kılmaktadır.



şekil 11. De Martone Y¼ntemine g¼re Araştırma Ormanının iklim tipleri

5. Sonu¼ ve ¼neriler

Bu ¼alıřma, ¼ankırı Orman Fak¼ltesi Araştırma Ormanı'nda farklı iklim sınıflandırma y¼ntemleri (Thorntwaite, Erine, K¼ppen, Trewartha, De Martonne, Aydeniz) kullanılarak iklim tiplerinin mek¼nsal dağılımını değerlendirmekte ve bu sınıflamaların ormancılık uygulamaları a¼ısından potansiyel katkılarını ortaya koymaktadır. Thorntwaite ve Erine y¼ntemlerine g¼re, araştırma ormanının kuzeybatı ve g¼neybatı kesimlerinde yarı kurak–az nemli koşulların h¼kim olduğu; doğu ve merkez kesimlerinde ise su fazlasının s¼rd¼ę¼ yarı nemli alanların yer aldığı belirlenmiştir. Bu farklılıklar, su dengesi bileşenlerinin sahada mek¼nsal olarak değiştiğini g¼stermektedir. ¼alıřmada kullanılan iklim sınıflama y¼ntemleri, mikroklimatik ¼zelliklerin ayırıştırılmasına olanak sağlamış; ¼zellikle Aydeniz ve De Martonne y¼ntemleri, ge¼iř zonlarını yansıtmakta başarılı olmuştur. Trewartha ve K¼ppen–Trewartha sınıflamaları ise y¼ksek rakımlı alanlarda kar ¼rt¼s¼ potansiyelinin ve yaz sıcaklık eğilimlerinin izlenmesinde faydalı olabileceği değerlendirilmektedir. Mek¼nsal analizlerde

kullanılan ordinary kriging y¼ntemi, d¼ř¼k hata oranları ile farklı sınıflandırmalar i¼in başarılı interpolasyon sonu¼ları ¼retmiřtir. Bu durum, jeostatistiksel modelleme yaklaşımlarının iklim sınıflandırma ¼alıřmalarına entegrasyonunu desteklemektedir.

¼alıřmanın ¼nemli bir sınırlılığı, arazi i¼i mikroklimatik ¼l¼¼m verilerinin (orneğin toprak sıcaklığı, y¼zey nemi, solar radyasyon) eksik olmasıdır. Bu t¼r verilerin entegrasyonu, ilerleyen ¼alıřmalarda sınıflandırma doğruluğunu artıracaktır.

Bu kapsamda, elde edilen mek¼nsal iklim verilerinin ormancılık uygulamalarında (orneğin hasılat planlaması, silvik¼lt¼rel m¼dahale zonlaması, yangın riski haritalaması, toprak ve su koruma stratejileri) kullanılması; iklim temelli planlamaların g¼çlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Abay, G., Ursavaş, S., 2009. ¼ankırı ili araştırma ormanı karayosunu (Musci) flora ve ekolojisi. Bartın Orman Fak¼ltesi Dergisi, 11(16), 61–70.
- Akkaya, D., ¼akır, F., 2022. ¼ankırı Eldivan y¼resinde Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) doğal gen¼liklerine ¼am ¼kseotu (*Viscum album* subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollm.) bulaşma derecesinin belirlenmesi ve silvik¼lt¼rel yaklaşımlar. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 8(2), 73-79.
- Alcamo, L., Broich, K., Disse, M., 2023. Nature-based solutions for drought resilient forests. EGU General Assembly Conference, Vienna, Austria, pp. EGU-14949.
- Aydeniz, A., 1985. Toprak amenajmanı-I. Ankara ¼niversitesi Ziraat Fak¼ltesi Yayınları, Ankara.
- Blanco-Rodríguez, M.Á., Ameztegui, A., Gelabert, P., Rodrigues, M., Coll, L., 2023. Short-term recovery of post-fire vegetation is primarily limited by drought in Mediterranean forest ecosystems. Fire Ecology, 19(1), 68.
- Bonan, G.B., 2008. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. Science, 320(5882), 1444-1449.
- Chudy, R.P., Cubbage, F.W., Mei, B., Siry, J.P., 2023. The Journal of Forest Business Research to support sustainable forest investments for economic, social, and environmental benefits. Bioresources, 18(3), 4373.
- ¼akır, M., 2021. Orman karıncalarının (*Formica rufa* grup) mikroklimabacaklı kom¼nite yapısına etkisi. Bartın Orman Fak¼ltesi Dergisi, 23(3), 941-949.
- ¼akır, M., ¼akır, F., Yal¼ntekin, H.İ., 2020. ¼ankırı Karatekin ¼niversitesi, Orman Fak¼ltesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda humus formlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 6(2), 82-90.
- ¼akır, M., Sargıncı, M., Akburak, S., 2023. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) meşcerelerinde ibre d¼k¼m miktarı ve bu yolla toprak ekosistemine geri d¼nen karbon ve azotun tespiti. D¼zce ¼niversitesi Orman Fak¼ltesi Ormancılık Dergisi, 19(2), 269-282.
- ¼akır, M., Tun¼, T., 2019. Ayırırma s¼recinde orman karıncalarının (*Formica rufa* grup) rol¼: İlk yıl sonu¼ları. Bartın Orman Fak¼ltesi Dergisi, 21(2), 477-485.

- Çerçi, E., Göl, C., 2021. Tuzlu ve jipsli sahalarda oyuntu içinde doğal yetişen ağaç ve çalı türleri: Ballica Deresi Havzası. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2), 624-635.
- Çölkuşu, T., Buğday, E., 2022. Planning optimal forest road network using unmanned aerial vehicle (Eldivan Sample). 1st International Karatekin Science and Technology Conference, Çankırı Karatekin University, Çankırı, pp. 199-204.
- Day, K., Trethewey, C., Leech, S., 2002. Research programs at the University of British Columbia Research Forests. International Symposium for Advancing Field Science and LTER (Long Term Ecological Research) Networks, Sapporo, Japan, pp. 73-77.
- Demir, K., Göl, C., 2022. Anadolu karaçam ormanlarında bakının ölü örtü ve üst toprak özelliklerine etkileri. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 89-97.
- Dölarslan, M., Gül, E., Erşahin, S. (2018). Endemic vascular plants of marble and serpentine parent materials in semiarid grassland. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(6), 693-698.
- Dursun, İ., Yazıcı, N., 2022. Köppen-Trewartha ve Thornthwaite yöntemlerine göre Isparta Yöresi iklim tipinin belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(2), 264-279.
- Ercanlı, İ., Şenyurt, M., Günlü, A., Çakır, M., Bolat, F., Bulut, S., 2023. ÇAKÜ Araştırma Ormanı karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli toprak üstü ağaç biyokütle denklemlerinin geliştirilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 126-134.
- Erinç, S., 1969. Türkiye’de iklim ve iklim bölgeleri. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Gilliam, F.S., 2016. Forest ecosystems of temperate climatic regions: from ancient use to climate change. *New Phytologist*, 212(4), 871-887.
- Göl, C., 2022. Influences of slope aspects on soil properties of Anatolian black pine forests in the semiarid region of Turkey. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 17-24.
- Göl, C., Buğday, E., Ediş, S., Ercanlı, İ., 2015. Ormanlık havzalarda üretim yollarında sıklımanın üst toprak hidro-fiziksel özelliklerine etkileri. *Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu*, Çankırı, 208-225.
- Göl, C., Dengiz, O., 2007. Land use and land cover variation and soil properties of Cankırı-Eldivan Karataşbağı river basin. *University of Ondokuz Mayıs, J. Agric. Sci. Turk.*, 22, 86-97.
- Göl, C., Öner, N., 2003. Çankırı-Eldivan-Korubaşı mevkiî doğal ve yapay orman kuruluşlarının bazı toprak ve silvikültürel özellikleri yönünden incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3(1), 1-18.
- Göl, C., Sezgin, M., Dölarslan, M.B., 2008. Changes of Soil Properties and Flora in Natural Forest and Afforestation Areas (Çankırı-Eldivan Region). International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, pp. 53-64.
- Göl, C., Ünver, İ., Özhan, S., 2004. Çankırı-Eldivan yöresinde arazi kullanma türleri ile yüzey toprağı nemi arasındaki ilişkiler. *Turkish Journal of Forestry*, 5(2), 17-29.
- Göl, C., Yılmaz, H., Ediş, S., 2010. Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı topraklarının bazı özellikleri ve sınıflandırması. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Trabzon, pp.941-952.
- Görgülü, E., Göl, C., 2021. Coğrafi bilgi sistemleri ile havza morfolometrik analizi: Sarayköy Göleti Havzası (Çankırı) örneğı. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 107-118.
- Günlü, A., Gögerçin, R., 2017. ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanında Göktürk-2 uydu görüntüsü kullanılarak bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 1-13.
- Haines, R., 2005. The contribution of Australian and international forestry research. *Research in Agriculture and Applied Economics*, Canberra, Australia, pp. 74-79.
- Houghton, J. T., 2007. Global warming: The complete briefing. Cambridge University Press, Cambridge.
- 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. Cambridge.
- Işık, E., Göl, C., 2021. Yarı kurak bölgelerde doğal ve plantasyon karaçam ormanlarının bazı toprak özellikleri ile organik karbon ve toplam azot depolama kapasitelerinin değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 22(3), 202-210.
- Keleş, N. N., Tepebaş, B., Keleş, S., 2024. Orman ağaçlarında depolanan karbon ve üretilen oksijen miktarının zamansal değışiminin analizi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 16-21.
- Konca-Kędzierska, K., Pianko-Kluczyńska, K., 2018. The influence of relative humidity on fires in forests of Central Poland. *Forest Research Papers*, 79(3), 269-279.
- Landsberg, J.J., Gower, S.T., 1997. Applications of physiological ecology to forest management. Elsevier. California.
- Luo, X., Li, S., Yang, W., Liu, L., Shi, Y., Lai, Y., Yu, P., Yang, Z.Y., Luo, K., Zhou, T., Yang, X., Wang, X., Chen, S., Tang, X., 2023. Spatio-temporal changes in global root zone soil moisture from 1981 to 2017. *Journal of Hydrology*. 626, 130297.
- Malagnoux, M., Sène, E.H., Atzmon, N., 2007. Forests, trees and water in arid lands: A delicate balance. *Unasylva*, 58(229), 24-9.
- Materia, S., Ardilouze, C., Prodhomme, C., Donat, M.G., Benassi, M., Doblas-Reyes, F.J., Peano, D., Caron, L.P., Ruggieri, P., Gualdi, S., 2022. Summer temperature response to extreme soil water conditions in the Mediterranean transitional climate regime. *Climate Dynamics*, 58(7), 1943-1963.
- Mulneh, M.G., 2021. Impact of climate change on biodiversity and food security: a global perspective—a review article. *Agriculture & Food Security*, 10(36), 1-25.
- Oskay, F., Şimşek, Z., 2017a. Çankırı (Eldivan) karaçam orman topraklarında saptanan bazı mikrofungalın in vitro koşullarda antagonistik etkileşimlerinin belirlenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 130-138.
- Oskay, F., Şimşek, Z., 2017b. Çankırı (Eldivan) karaçam orman topraklarında saptanan mikrofungalın. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 23-38.
- Owari, T., Im, S., Guan, B.T., 2020. Special feature Long-term monitoring and research in Asian university forests: towards

- further understanding of environmental changes and ecosystem responses. *Journal of Forest Research*, 25(3), 134-135.
- Öner, N., 2002. Çankırı ilinin kuraklık bakımından kritiğı ile ağaçlandırmalarda kullanılabilecek türler ve ağaçlandırma teknikleri. *Kırsal Çevre Yıllığı*, 67-87.
- Öner, N., Çakır, M., 2006. Yaprak alanının Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *caramanica*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) fidanlarında bitki çap, boy, hacim ve ağırlık artımı üzerine etkileri. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 6(2), 167-178.
- Öner, N., İmal, B., 2009. Bülbülpınarı (Eldivan-Çankırı) yöresi meşcere kuruluşları üzerine araştırmalar, *Turkish Journal of Forestry*, 7(2), 67-79.
- Öner, N., Sivacioğlu, A., 2010. Yarıkurak bölge ağaçlandırmaları ve çölleşme (Çankırı ve Tosya Örneğı). *Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu, Çorum*, pp. 94-104.
- Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633-1644.
- Pyrgou, A., Santamouris, M., Livada, I., Cartalis, C., 2019. Retrospective analysis of summer temperature anomalies with the use of precipitation and evapotranspiration rates. *Climate*, 7(9), 104.
- Saab, N.N., Şimşek, Z., Kondur, Y., 2023. *Ooencyrtus pityocampae* (Mercet) (Hymenoptera: Encyrtidae)'nın *Graphosoma lineatum* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) yumurtalarındaki etkinliğı ve parazitlenme süresinin etkisi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 70-80.
- Schreiber, E., 1904. Die Verteilung des Niederschlags in den Alpen. *Gotha: Justus Perthes*.
- Tewari, D.N., 1994. Forestry Research for Sustainable Development. *The Indian Forester*, 120(1), 3-11.
- Thornthwaite, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, 38(1), 55-94.
- Tuttu, G., Aytaş, İ., Bilgili, B.C., 2024. Bitkisel tasarımda *Leontice leontopetalum* L. (Kırbaş) türünün kullanım potansiyeli analizi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 119-126.
- Tuttu, G., Ursavaş, S., 2022. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanının (Çankırı/Eldivan) florası. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 51-65.
- Türkeş, M., 1998. *Klimatoloji ve Meteoroloji. Kriter Yayınları*.
- Ursavaş, S., Edis, S., 2024. Environmental and Topographical Factors Influencing Moss Distribution in Semi-Arid Regions: A Study of Çankırı-Eldivan Mountain. *Anatolian Bryology*, 10(2), 179-190.
- Ursavaş, S., Öztürk, E., 2016. Mosses identified on deadwoods in the Research and Application Forest of the Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry. *Anatolian Bryology*, 2(1-2), 21-46.
- Ursavaş, S., Tuttu, G., 2020. Çankırı Karatekin Üniversitesi, orman fakültesi araştırma ve uygulama ormanının karayosunu florasına katkılar. *Anatolian Bryology*, 6(1), 27-40.
- Vose, J.M., Swank, W.T., Adams, M.B., Amatya, D.M., Campbell, J., Johnson, S.L., Swanson, F.J., Kolka, R., Lugo, A.E., Musselman, R., Rhoades, C.C., 2014. The Role of Experimental Forests and Ranges in the Development of Ecosystem Science and Biogeochemical Cycling Research. In: Hayes, D., Stout, S., Crawford, R., Hoover, A. (eds) *USDA Forest Service Experimental Forests and Ranges*. Springer, New York, NY.
- Wenwei, J., Shuquan, Y., Guomo, Z., Zhilin, J., Wenming, S., 2002. A study on water-holding function of different forest vegetation in Anji region. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 24(5), 635-639.
- Yılmaz, S., Şimşek, Z., İmal, B., Öner, N., Kondur, Y., 2007. Çankırı (İldivan-Küçükacıbey)'da gerçekteştirilen ağaçlandırma çalışmaları. *Türkiye'de Yarıkurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı, Bildiriler Kitabı*. Nevşehir, Ministry of Environment and Forestry, General Directorate of Afforestation and Erosion Control, 88-93.
- Zhang, T., Yang, J., Winrich, A., Will, R.E., Zou, C.B., 2024. Trade-off of ecosystem productivity and water use related to afforestation in southcentral USA under climate change. *Science of The Total Environment*, 915, 170255.



Endemik Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold. subsp. *pallasiana* var. *fastigiata* Businský) tohumlarında çimlenme dinamikleri ve fungal kolonizasyon

Şeyma Semercioğlu ¹, Funda Oskay ^{1*}

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Uluyazı Kampüsü, 18100, Çankırı, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 05/05/2025

Kabul Tarihi: 26/06/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1691643>

*Corresponding author:

fundaoskay@karatekin.edu.tr

ÖZ

Giriş ve Hedefler Bu çalışma, Anadolu karaçamının endemik bir varyetesi olan çok sınırlı bir alanda doğal yayılış gösteren ve popülasyonları çeşitli biyotik ve abiyotik tehditlerin etkisi altındaki Ehrami karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *fastigiata*) tohumlarının bazı kalite özelliklerinin, özellikle de tohum sağlığı ile ilişkili olarak tohumlarda fungal kolonizasyon miktarlarının belirlenmesi amacı ile yürütülmüştür.

Yöntemler Çalışmada taksonun, doğal yayılış alanından (*in situ*) ve tohum bahçelerinden (*ex situ*)

farklı yıllarda toplanarak 3-15 yıl arasında değişen sürelerde depolanmış tohumları analiz edilmiştir.

Bulgular Tohumların bin dane ağırlıkları 11,18- 20,91 g, rutubet yüzdeleri %6,63- %8,94, çimlenme enerjileri %0- %24, çimlenme yüzdeleri %1- %43,50 ve ortalama çimlenme süreleri 9,0- 16,91 gün arasındadır. Fungal kolonizasyon %9- %53,50 arasında değişirken çimlenme enerjisi ve çimlenme yüzdesi ile negatif, nem içeriği ile pozitif yönde anlamlı korelasyon göstermiştir.

Sonuçlar Tohumların düşük kalite özellikleri, depolama süresi ve tohum sahalarının çevresel koşullarındaki bozulmalarla ilişkilendirilebilir. Bu durum, marjinal ve sınırlı yayılışa sahip bu endemik varyetenin popülasyon yenilenme kapasitesi açısından uzun vadede ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Diğer taraftan tohum bahçelerinden elde edilen tohumların da son derece düşük performans göstermesi, genetik materyalin doğal popülasyona kıyasla çevresel koşullara daha az uyum sağlaması, bahçelerin bulunduğu bölgelerdeki mikroklimatik farklılıklar, tohum olgunlaşma dönemindeki stres faktörleri ve muhtemel bakım eksiklikleriyle ilişkili olabilir. Bu bulgular, *ex situ* tohum kaynaklarının etkinliğini değerlendirmede yalnızca genetik değil, aynı zamanda çevresel ve yönetimsel faktörlerin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bulgular, Ehrami karaçamının etkin korunması için tohum sağlığı, depolama koşulları ve çevresel stres faktörlerinin bütüncül şekilde ele alınması gerektiğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Ehrami karaçam, tohum fungusları, çimlenme, orman patolojisi, tohum patolojisi

Germination dynamics and fungal colonization in seeds of the endemic Ehrami Black Pine (*Pinus nigra* J.F. Arnold. subsp. *pallasiana* var. *fastigiata* Businský)

ABSTRACT

Introduction and Objectives This study examined the seed quality of Ehrami pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *fastigiata*), an endemic variety of Anatolian black pine facing biotic and abiotic threats. The focus was on seed health, specifically fungal colonisation and its relationships with other seed characteristics.

Methods Seeds were collected from the natural distribution area (*in situ*) and seed orchards (*ex situ*) in different years and analysed after being stored for periods ranging from 3 to 15 years.

Results The thousand-seed weights of the seeds ranged from 11.18 to 20.91 g, moisture contents from 6.63% to 8.94%, germination energies from 0% to 24%, germination percentages from 1% to 43.50%, and average germination periods from 9.00 to 16.91 days. The percentage of fungal colonisation ranged from 9 to 53.5%, showing a significant negative correlation with both germination energy and germination percentage, while demonstrating a positive correlation with moisture content.

Conclusions The low quality of seeds is caused by several factors, including how long the seeds have been stored and the environmental conditions they face, especially due to climate change and mistletoe during seed production. This situation is a serious long-term threat to the growth of this unique variety, given its limited and marginal distribution. Also, the poor performance of seeds from seed orchards may happen because their genetic material is less suited to local conditions compared to seeds from natural populations. Differences in microclimates where orchards are located, stress during seed maturation, and possible maintenance issues may also play a role. These show how important it is to consider genetic factors, environmental conditions, and management practices when assessing ex-situ seed resources. A thorough approach to seed health, storage conditions, and environmental stressors is essential for successfully conserving the Ehrami pine.

Key Words: Ehrami karaçam, seed fungi, germination, forest pathology, seed pathology

Bu makaleye atf:

Semercioğlu, Ş., Oskay, F., 2025. Endemik Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold. subsp. *pallasiana* var. *fastigiata* Businský) tohumlarında çimlenme dinamikleri ve fungal kolonizasyon. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 212-224.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Pinus nigra J. F. Arnold (karaçam), Avrupa'nın güneyi ve Anadolu'nun dağlık bölgeleri gibi geniş ancak parçalı bir yayılış alanına sahip, odun üretimi ve ağaçlandırma çalışmaları açısından önemli iğne yapraklı bir orman ağacıdır. Beş alt türü bulunan bu türün, Türkiye'deki temsilcisi *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (Anadolu karaçamı), dört milyon hektarı aşan yayılış alanıyla ülkede kızılçamdan sonra en geniş yayılışa sahip kozalaklı orman ağacı türüdür. Geniş ve parçalı yayılışı nedeniyle varyasyonlar gösteren Anadolu karaçamının Türkiye'de çeşitli varyeteleri bulunmaktadır (Akkemik et al., 2011; Yılmaz, 2022). Bu varyetelerden biri, morfolojik özellikleri, sınırlı yayılışı ve genetik farklılıkları ile özel bir öneme sahip, nesli tehlike altında olan Ehrami karaçamdır [*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *fastigiata* Businský (Syn. *P. nigra* Arnold var. *pyramidata* Acatay 1955; *P. nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acatay) Yaltırık., 1986)] (Acatay, 1956; Gülsoy et al., 2014; Ünalı, 2004; Akkemik et al., 2011; Yılmaz, 2022).

Varyete Türkiye'de ilk olarak 1955 yılında Türk ormancı ve fitopatolog Dr. Abdulgafur Acatay tarafından tanımlanmış ve *Pinus nigra* var. *pyramidata* olarak adlandırılmıştır (Acatay 1956). Acatay (1956), yöresel olarak, uzunçam, selviçam olarak da adlandırılan, bazı kaynaklarda Vakıf çamı olarak da geçen bu karaçam varyetesine, serviye (*Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* (O. Targ. Tozz.) Nyman) benzetmesinden dolayı 'Ehrami Karaçam' ismini vermiştir. Bununla birlikte Acatay (1956), *P. nigra* var. *pyramidata* 'nın, Beissner and Fitschen (1930) tarafından, dalları yukarı yönelimli, ibreleri oldukça uzun ve düzgün yapılı, kozalakları ise yaklaşık 8 cm uzunluğunda, büyük ve sivri formda bir varyete olarak daha önceden tanımlanarak adlandırıldığını, ancak söz konusu kaynağın, bu adlandırma ve tanımlamanın ilk kez kim tarafından yapıldığı ve daha da önemlisi doğal yayılış alanı hakkında bilgi verilmediğini ve ilgili kaynak gösterilmediğini belirtmiştir. Sonrasında bu endemik taksonun adı, Yaltırık (1986) tarafından *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* olarak değiştirilmiştir. Günümüzdeki geçerli tanımla ve isimlendirmesi ise Businský tarafından yapılmış ve yeni bir varyete olarak *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *fastigiata* adıyla 2008 yılında yayımlanmıştır (Businsky, 2008).

Türkiye'ye özgü endemik bir varyete olan Ehrami karaçamın doğal yayılışı Kütahya ili Tavşanlı ilçesi civarındaki yaklaşık 300 hektarlık küçük bir alana sıkışmıştır (Yücel, 1995a, 1992a). Bu varyetenin doğal yayılışı 980-1350 metre rakımları arasında olup, özellikle Kütahya Tavşanlı Vakıfköy civarında en yoğun şekilde görülmektedir (Yücel, 1995a, 1992a). Ehrami karaçamın Türkiye için önemi ve Kütahya'daki doğal yayılış alanının Milli Park olarak korumaya alınması önerilmiş olup (Yücel, 1995b, 1992a, 1988), alanın bir kısmı 1993 yılında "Vakıf Çamlığı Tabiat Koruma Alanı" olarak ilan edilmiştir. Bunun dışında Kastamonu çevresinde de küçük toplulukları tespit edilmiştir (Karadağ, 1999). Ehrami karaçam, bozkır ve orman ekosistemleri arasındaki geçiş zonlarında yer almakta olup, kuraklığa ve düşük besin içeriğine sahip topraklara uyum sağlamıştır (Gülsoy et al., 2014). Bu varyete, dar piramidal tepe formu, gövdeden yukarıya dar açılarla çıkan dalları ve maksimum 15–20 metreye ulaşabilen boyu ile ayırt edilir (Acatay, 1956; Yaltırık, 1986). Varyete genetik ve bazı

morfolojik özellikleri bakımından alttürden önemli derecede farklılık göstermektedir; iğne yaprakları Anadolu karaçamına kıyasla daha kısa; 5,5-12 cm uzunluğunda, kozalakları daha kısa ve daha sıkı yapılı; ortalama uzunlukları 32,7–75,5 mm arasında ve tohumlar 5,2–7,3 mm uzunluğunda, oval şekilli ve hafif yapılıdır (Gülsoy et al., 2014; Yücel, 2022).

Türkiye'de, karaçam taksonları üzerinde yapılmış çeşitli bilimsel araştırmalar bulunsun da (Sevgi et al., 2022), sınırlı yayılış alanına sahip, nesli tehlike altında olan Ehrami karaçam, Ebe karaçamı, büyük kozalaklı çam, Sarkık dallı karaçam gibi taksonlar üzerine yapılmış çalışmalar sınırlı olup güncel araştırma yok denecek kadar azdır (Sevgi et al., 2022). Bununla birlikte, Ehrami karaçamın yayılışı ve ekolojik özellikleri konusunda Yücel (1992a) tarafından yapılmış doktora tezi, ayrıca 1999 yılında Kütahya'da düzenlenmiş "1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.))" sempozyumu dikkat çekicidir. Ehrami karaçamın doğal yayılış alanında yapılan çalışmalar, varyetenin morfolojisi, sistematigi, yayılışı, florası, vejetasyon yapısı, ekolojik özellikleri, meşcerelerinin özellikleri, genetik yapısı ve tohum özellikleri (Acatay, 1956; Gülsoy et al., 2014; Karadağ, 1999, 1993; Küçükkara and Tatlı, 1999; Tatlı et al., 1999; Tosun and Karadağ, 1991; Yücel, 1999a, 1995a, 1992a, 1992b) konularında çeşitli bilgiler sağlamaktadır. Yücel (2022), Ehrami karaçam ile ilgili yapmış olduğu çalışmalarını derleyerek; bu varyetenin habitusu (Yücel, 1999b, 1995a, 1992a), ibre özellikleri (Yücel, 1999b, 1996), polen morfolojisi (Yücel, 1995a, 1992a), kozalak ve tohum morfolojisi (Yücel, 1999c, 1994, 1992a), iklim, toprak, ölü örtü özellikleri, bitki beslenme elementleri ilişkileri gibi ekolojik özellikleri (Yücel, 1995a, 1992a), büyüme özellikleri (çap-boy ilişkileri) (Yücel, 1999b, 1996) ve tohum çimlenme özellikleri (Yücel, 1999c, 1994, 1992a) konularında bilgileri bir araya getirmiştir. Varyetenin, Kütahya-Tavşanlı dışında, Kastamonu civarında da doğal olarak yayıldığı belirtilmiş olsa da (Karadağ, 1999) literatürde bu yayılış alanına ilişkin güncel bilgi ne yazık ki bulunmamaktadır. Bu varyetenin yayılış alanı dışında tesis edilmiş Isparta-Gölcük yöresi plantasyon sahalarındaki tohum verimliliği (Bilir et al., 2017) ve büyüme performansı (Genç et al., 1999; Kartal and Bilir, 2022) gibi konularda da bazı araştırmaların yapılmış olduğu anlaşılmaktadır. Ehrami karaçam aşılı fidan üretim tekniği konusunda da bir yüksek lisans çalışması yürütülmüştür (Ergin, 2004; Sivacioglu et al., 2004). Ormancılık alanındaki bu çalışmalara ek olarak, Ehrami karaçamın uçucu yağları ve antimikrobiyal özellikleri de bazı araştırmalara konu olmuştur (Ucar and Balaban, 2004; Unalı and Toroglu, 2009). Diğer taraftan, sınırlı doğal yayılış alanına sahip bu endemik varyetenin doğal yayılış alanında ya da plantasyon sahalarında varyetenin neslini tehdit eden sorunlar (gençleşme dinamikleri, hastalık ve zararlılar, hava kirliliği, iklim değişikliğinin etkileri gibi) üzerine araştırma ya da yayınlar sınırlıdır (Dağdaş, 2016; Ünalı, 2004).

Ehrami karaçam, sınırlı bir alanda doğal olarak yayılış gösterirken, bu alanda varlığını tehdit eden çeşitli faktörlerle karşı karşıyadır ve nesli tehlike altında olan bir takson olarak değerlendirilmektedir (Dağdaş, 2016; Ünalı, 2004). Yücel (2022), Ehrami karaçamın doğal yayılış alanını tehdit eden unsurları; orman yangınları, genetik bozulma, bölgedeki gümüş işletmeleri, ormancılık uygulamaları, ilgili orman işletmelerinde

konunun önemine dair bilgi eksikliği, tanıtım yetersizliği ve ökseotu zararı olarak sıralamıştır. Ünalı (2004) ise Vakıfköy'deki Ehrami karaçam popülasyonlarının karşılaştığı çevresel ve biyotik tehditleri incelediği çalışmada, ağaç ölümlerinde çevrede bulunan termik santraller ile sanayi tesislerinden kaynaklanan SO₂ ve partikül madde kirliliğinin yanı sıra yaygın *Viscum album* L. (ökseotu) istilasının etkili olduğunu belirtmiştir. Ünalı (2004) çalışmada, bu etkenlerin, ağaçların fotosentez kapasitesini azaltarak su ve besin dengesini bozduğunu ve bu durumun zamanla daha da ağırlaştığını ifade etmiş, ayrıca, kuruyan ağaçlar ile kar ve rüzgâr devriklerinin yapısal hasarlara ve zararlı böcek popülasyonlarının artışına yol açtığını, koruma alanı statüsü nedeniyle müdahalelerin sınırlı olmasının da bu tehditlerin etkisini artırdığını vurgulamıştır.

Orman ağaçlarının tohumları, ekosistemlerin sürekliliğini sağlayan ve genetik çeşitliliğin korunmasında temel rol oynayan kritik unsurlardır. Bu bağlamda, endemik ve nesli tehlike altında olan Ehrami karaçam gibi varyetelerin tohum özelliklerini incelemek, bu varyetenin korunması ve restorasyonu açısından büyük önem taşımaktadır. Tohumların çimlenme oranı, canlılığı ve genetik çeşitliliği, popülasyonların doğal yayılış alanlarındaki gençleştirme başarısı ya da yayılış alanı dışında tesis edilmesi ve genetik erozyonun önlenmesi için temel veriler sunar. Bununla birlikte, Ehrami karaçamın tohum özelliklerine ilişkin çalışmalar varyetenin Kütahya civarındaki doğal yayılış alanına ait tohumlarla sınırlı olup bu konuda güncel çalışmalar da bulunmamaktadır. Literatür incelendiğinde, Ehrami karaçam tohumlarının çimlenme özellikleri üzerine araştırmaların 1992-1999 yılları arasında yapılan çalışmalarla sınırlı olduğu anlaşılmaktadır (Yücel, 1999c, 1994, 1992a). Bu konudaki ilk araştırmada, Ehrami karaçamın doğal yayılış alanından toplanan tohumların çimlenme özellikleri; Jacobsen, Rodewald ve çimlendirme dolabı koşullarında yapılan testlerle ortaya konulmuştur (Yücel 1992a). Yücel (1992a), beşi doğal yayılış alanı içinde ve biri Eskişehir'de peyzaj amaçlı kullanılan Ehrami karaçamlardan toplanan tohum örnekleri üzerinde yaptığı analizlerde tohumların bin dane ağırlıklarının 18,26 g ile 22,36 g arasında değişmekte olup ortalama 20,11 g olarak rapor etmiştir. Çalışma, Ehrami karaçamının sınırlı yayılışına rağmen tohumlarının çimlenme potansiyelinin yüksek olduğunu ve çimlenme başarısını etkileyen başlıca faktörlerin tohumun doluluk durumu, fizyolojik olgunluğu ve çevresel koşullar olduğunu ortaya koymuştur. Takip eden yıllarda yapılan diğer çalışmalarda Ehrami karaçam tohumlarının neredeyse yarı yarıya açık ve koyu renkli tohumlardan oluştuğu, açık renkli tohumların büyük bir çoğunluğunun boş (%81), koyu renkli tohumların ise büyük oranda dolu (%99) dolu olduğu ve bin dane ağırlıklarının açık renkli tohumlarda ortalama 13,1 g, koyu renklilerde ise ortalama 24,6 g olduğunu belirlenmiştir. Ayrıca sürekli karanlık ortamda çimlenme hızının düşük ancak çimlenme kabiliyetinin daha yüksek olduğu da belirtilmiştir (Yücel 1994). Yücel (1999b) tarafından yürütülen başka bir araştırmada ise, Ehrami karaçam tohumlarında düşük tuzluluğun (%0,5) çimlenmeyi etkilemezken %1'den %3 konsantrasyonunda artan oranların çimlenmeyi orandaki artışa paralel olarak azalttığı, potasyum nitrat (KNO₃) ve sülfürik asit (H₂SO₄) uygulamalarının ise düşük konsantrasyonlarda bile çimlenmeyi olumsuz etkilediğini de belirlemiştir. Bu çalışmaların sonuçlarına dayanarak, Ehrami karaçam

tohumlarının çimlenme kabiliyetinin yüksek (ortalama %81,3) olduğu buna göre tohum çimlenme probleminin bulunmadığı bildirilmiştir (Yücel, 2022).

Günümüzde, Ehrami karaçamın ikisi Eskişehir (TB47 ve TB210), biri Bursa'da (TB85) olmak üzere 3 adet tohum bahçesi ile Kütahya'da (Tavşanlı-Vakıfköy) ve Kastamonu-Gölköy'de birer adet gen koruma ormanı bulunmaktadır (ORTOHUM, 2025). Tavşanlı-Vakıfköy'de bulunan Gen koruma ormanı, 2000 yılında Tohum meşceresi olarak yeniden tescil edilmiş (TM112, 106 ha), fakat 2014 yılında tabiatı koruma alanında kaldığı için 237 ha alanı kapsayacak şekilde gen koruma ormanı olarak (GKO_285) vasfı değiştirilmiştir (Dağdaş, 2016; ORTOHUM, 2025). Bunlara ek olarak, varyetenin Isparta Gölcük yöresinde de plantasyon sahaları bulunmaktadır. Ancak, bu varyetenin tohum bahçeleri ve doğal yayılış alanı dışındaki plantasyon sahalarından toplanan tohumların özellikleri hakkında bilgilerimiz oldukça sınırlıdır. Öte yandan, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (ORTOHUM) tarafından tohum kaynaklarından toplanan tohumların çimlenme özellikleri, bin dane ağırlığı ve rutubet yüzdeleri, fidan üretimi öncesinde ORTOHUM laboratuvarlarında rutin olarak analiz edilmektedir. Ancak, bu veriler bilimsel literatüre dahil edilmemiş (yayınlanmamış) durumdadır.

Tohum kalitesi ve sağlığını etkileyen birçok faktör bulunmakla birlikte, biyotik faktörlerin başında fungal enfeksiyonlar gelmektedir. Tohumlarla ilişkili funguslar genel olarak tohumların çimlenme kabiliyetini azaltan patojenik ve küf fungusları ya da çimlenen fidecik ve fidanların gelişimi ve yaşamını etkileyebilen patojenik funguslar olarak kötü ün yapmış olsalar da bazı fungusların tohumları ve bunlardan gelişen fidanları diğer patojenik ve sabrobik funguslara karşı koruyucu etkileri de olabilmektedir. Türkiye de orman ağaçları tohumları ile ilişkili fungusların araştırılmasına yönelik bazı çalışmalar bulunsun da (Aday Kaya and Karaman, 2023; Akıllı and Katircioğlu, 2006; Argun et al., 2014; Oskay and Karataş, 2021; Velioğlu, 2001), Ehrami karaçam tohumlarında fungal çeşitlilik ve fungusların çimlenme üzerindeki etkileri henüz araştırılmamıştır.

Bu çalışma, Ehrami karaçamın hem doğal (*in situ*) hem de doğal yayılış alanı dışı (*ex situ*) kaynaklardan toplanan tohumların kalite özelliklerinin belirlenmesi ve fungal kolonizasyonun tohum çimlenme performansına nasıl etki ettiğinin belirlenmesi amacı ile yürütülmüştür. Bu amaçla, ikisi Ehrami karaçamın doğal yayılış alanındaki Vakıf Çamlığı Tabiat Koruma alanındaki Gen koruma ormanından (GKO285; eski adı ile TM112 nolu tohum meşceresi) farklı yıllarda ve alanlardan ve diğer ikisi ise Eskişehir ve Bursa'da bulunan TB47 ve TB85 nolu tohum bahçelerinden temin edilmiş tohumlarının nem içerikleri (rutubet yüzdeleri) ve bin dane ağırlıkları ile çimlenme özellikleri (çimlenme enerjisi, çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi) ve çimlenme sürecinde tohumlarda fungal kolonizasyon yüzdeleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Tohum kaynağı

Bu çalışmada, 4 farklı alandan çeşitli yıllarda toplanarak depolanmış olan Ehrami karaçam tohumları kullanılmıştır

(Tablo 1). Tohum bahçesi ve tohum meşçeresi kaynaklı tohumlar, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Tohum fizyolojisi Laboratuvarı tohum koleksiyonundan temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm tohumlar +4 °C de depolanmıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan Ehrami karaçam tohumlarının temin edildiği kaynaklara ilişkin bilgiler *

Tohum Kaynağı	Tohum Kaynağı (Tesis) Tipi	Orman İdari Konumu**	Enlem	Boylam	Orijin	Tohum Toplama Yılı ve Depolama Süresi (yıl)
Vakıf Çamlığı Tabiat Alanı (VO)	Doğal Yayılış Alanı	Kütahya, Tavşanlı, Vakıf Çamlığı Tabiat Alanı	39°27'8.85"K	29°40'47.39"D	Doğal Yayılış Alanı	2020, 4
TM112 (GKO185)	Tohum Meşçeresi/Gen Koruma Ormanı	Kütahya, Tavşanlı, Kayaboğazi	39° 27' 10" K	29° 41' 32" D	Doğal Yayılış Alanı	2009, 15
TB47	Tohum Bahçesi	Eskişehir, Eskişehir, İnönü	39° 43' 16" K	30° 25' 28" D	Tavşanlı (İkizoluk)	2021, 3
TB85	Tohum Bahçesi	Bursa, Karacabey, Karadağ	40° 18' 52" K	28° 13' 15" D	Tavşanlı (İkizoluk)	2019, 5

*: Tohum kaynaklarına ilişkin bilgiler Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (ORTOHUM) Web sitesinde yer alan Islah tesislerine ait bilgilerden faydalanılarak hazırlanmıştır. **: Orman Bölge Müdürlüğü, Orman İşletme Müdürlüğü, Şefliği

2.2 Tohumların bin dane ağırlıklarının ve nem içeriklerinin belirlenmesi

Her bir tohum kaynağına ait tohumların bin dane ağırlıkları 8 yinelemeli olarak 100'erli gruplar halinde rastgele seçilen tohumların elektronik hassas terazide tartıldıktan sonra, 8 yinelemenin ortalamasının alınıp 10 ile çarpılması sureti ile hesaplanmıştır (ISTA, 1996).

Tohumların nem içeriği (rutubet yüzdesi, R%) 3 yinelemeli olarak 5 g tohum örneğinde ISTA (1996)'ya göre belirlenmiştir. Laboratuvara getirilen tohumların taze ağırlığı (TA) ve 105±1 °C'de 17 saat etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlığı (KA) 0,001 g duyarlılığındaki terazi ile belirlenmiştir. Fırında kurutulan tohumlar, içinde silika jel bulunan kuru tutuculara (desikatör) alınarak 15–20 dk soğumaya bırakıldıktan sonra tartılarak son olarak kuru ağırlıkları (KA) tespit edilmiştir. Tohumların nem tayini; ISTA (1996)'e göre aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. Formülde; R (%): Rutubet yüzdesi, TA: taze ağırlık (g), KA: kuru ağırlık (g) değerlerini ifade etmektedir (Formül 1).

$$R (\%) = ((TA - KA) / TA) \times 100 \quad (1)$$

2.3 Tohumların çimlenme özelliklerinin belirlenmesi

Çimlendirme testleri, her bir tohum kaynağı için 50 adet tohum kullanarak 4 yinelemeli olarak, içerisinde nemlendirilmiş filtre kâğıtları bulunan 12 cm çapındaki plastik Petri kaplarında 20 °C sabit sıcaklık ve %60-70 nem koşullarına ayarlanmış inkübatörlerde gerçekleştirilmiştir. Tohum ekimini takip eden 3. günden itibaren 3'er gün ara ile tohumların çimlenme durumları ve tohumlar üzerinde fungal kolonizasyon olup olmadığı takip edilmiş, çimlenen tohum adetleri ve üzerinde fungal kolonizasyon gözlemlenen tohum adetleri çimlendirme füyüne kaydedilmiştir. Kökçüğü, tohum boyunun 1-1,5 katı olan tohumlar çimlenmiş kabul edilmiştir. Gözlemler 28 günlük bir süreç boyunca devam ettirilmiştir. 21. ve 28.

Günlerde, çimlenen tohum adetlerinde bir değişim olmadığı için hesaplamalarda 21. güne ait değerler kullanılmıştır.

Çimlenme testlerinin değerlendirilmesinde çimlenme hızı olarak da adlandırılan "Çimlenme Enerjisi" (ÇE; tohum ekimini takip eden ilk 6. ya da 9. gün sonunda çimlenen tohumların yüzdesi) ve "Çimlenme Yüzdesi" (ÇY; denemenin sonunda çimlenen tohumların yüzdesi) değerleri kullanılmıştır. Bunlara ek olarak, tohumların çimlenme hızını ölçmek için kullanılan standart bir başka metrik olan "Ortalama Çimlenme Süresi" (OÇS; tohumların ortama kaç günde çimlendiği) de hesaplanmıştır. Bu değerler, aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanmıştır. Formüllerde; ÇE (%): Çimlenme enerjisi, $\sum n_i$: 9. gündeki toplam çimlenen tohum adedi (Formül 2), ÇY (%): Çimlenme yüzdesi, $\sum n_{ii}$: 21. gündeki çimlenen toplam tohum, N: Teste konulan toplam tohum sayısı (Formül 3), OÇS (Gün): Ortalama çimlenme süresi, n_i ; i. günde çimlenen tohum adedi, t_i ; i. gün, $\sum n_i$; i. günde toplam çimlenen tohum adedini ifade etmektedir (Formül 4).

$$CE \% = \frac{\sum n_i}{N} \times 100 \quad (2)$$

$$CY \% = \frac{\sum n_{ii}}{N} \times 100 \quad (3)$$

$$OÇS = \frac{\sum (n_i - t_i)}{\sum n_i} \quad (4)$$

Tohumlarda çimlenme durumları takip edilirken aynı zamanda bu tohumlar üzerinde herhangi bir fungal kolonizasyon olup olmadığı da izlenmiştir. Fungal kolonizasyon belirlenirken, tohumların çimlenmiş ya da çimlenmemiş olması ayrılmıştır. Fungal kolonizasyon yüzdesinin (FK%) belirlenmesinde, ekimi takip eden 9. ve 21. günde üzerinde fungal kolonizasyon görülen tohum adedi esas alınarak bu oran aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. Formülde FK (%): Fungal Kolonizasyon yüzdesi, n_{iii} : ekimden itibaren 21. güne kadar üzerinde fungal

kolonizasyon gözlemlenen toplam tohum adedi, N : Teste konulan toplam tohum adedini ifade etmektedir (Formül 5).

$$FK (\%) = \frac{\sum n_{iii}}{N} \times 100 \quad (5)$$

2.4 Tohumlarda yaygın olarak gözlemlenen fungusların tanısı

Çimlenme testleri sırasında tohumlar üzerinde gözlemlenen funguslar, morfolojik olarak tanılanmıştır. Morfolojik tanı için ilk olarak tohumlar üzerinde gelişim gösteren fungal kolonilerden steril bir iğne yardımı ile parçalar alınarak içerisinde Patates Dekstroz Agar (PDA) bulunan 90 mm'lik plastik Petri kutularına aktararak saflaştırılmıştır. Petri kaplarının etrafı parafilm ile sarılarak 20 °C'ye ayarlanmış bir inkübatöre yerleştirilmiş ve karanlık koşullarda inkübasyona bırakılmıştır. Saflaştırılan fungal izolatlar koloni morfolojileri (gelişim hızı, koloni rengi, miselyal gelişim formu vb.) morfolojik gruplara (morfotip) ayrılmıştır. En az 5 izolatla temsil edilen yaygın morfotip izolatları mikroskopik olarak incelenmiş ve cins ya da tür seviyesinde teşhisleri morfolojik olarak gerçekleştirilmiştir.

2.5 Veri analizi ve istatistiksel değerlendirme

İstatistiki analizler öncesinde verilerin dağılım özelliklerini belirlemek üzere her bir sayısal değişken için Shapiro-Wilk normalite testi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda; tohumlarda fiziksel kalite parametrelerine [rutubet yüzdesi (%), ve bin dane (g)], çimlenme ve fungal kolonizasyon özelliklerini kapsayan fizyolojik parametrelere [çimlenme enerjisi ÇE (%); çimlenme yüzdesi ÇY (%); ortalama çimlenme süresi: OÇS (gün) ile fungal kolonizasyon yüzdesi FK (%)] ilişkin verilerin normal dağılımdan anlamlı şekilde saptığı belirlenmiştir ($p < 0,05$) ve buna uygun olarak bu çalışmada kullanılan istatistiksel analizlerde non-parametrik test yöntemleri tercih edilmiştir. Farklı tohum kaynaklarının çimlenme enerjisi (ÇE %), çimlenme yüzdesi (ÇY %), ortalama çimlenme süresi (OÇS) ve fungal kolonizasyon yüzdesi (FK %) üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla Kruskal-Wallis H testi uygulanmıştır. Bu test, üç veya daha fazla bağımsız grubun medyanları arasında fark olup olmadığını analiz etmek için kullanılmaktadır. Çimlenme performansı ile fungal kolonizasyon yüzdesi, tohum rutubeti ve bin dane değerleri arasındaki ilişkileri

değerlendirmek için Spearman sıralama korelasyon katsayısı (ρ) hesaplanmıştır. Korelasyon matrisi, değişkenler arası ilişkilerin görselleştirilmesini kolaylaştırmak amacıyla ısı haritası (heatmap) şeklinde sunulmuştur.

İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir. İstatistiksel analizler ve görselleştirme işlemleri SPSS 20.0 (SPSS Institute Inc., 2012.) yazılımı ve Python programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

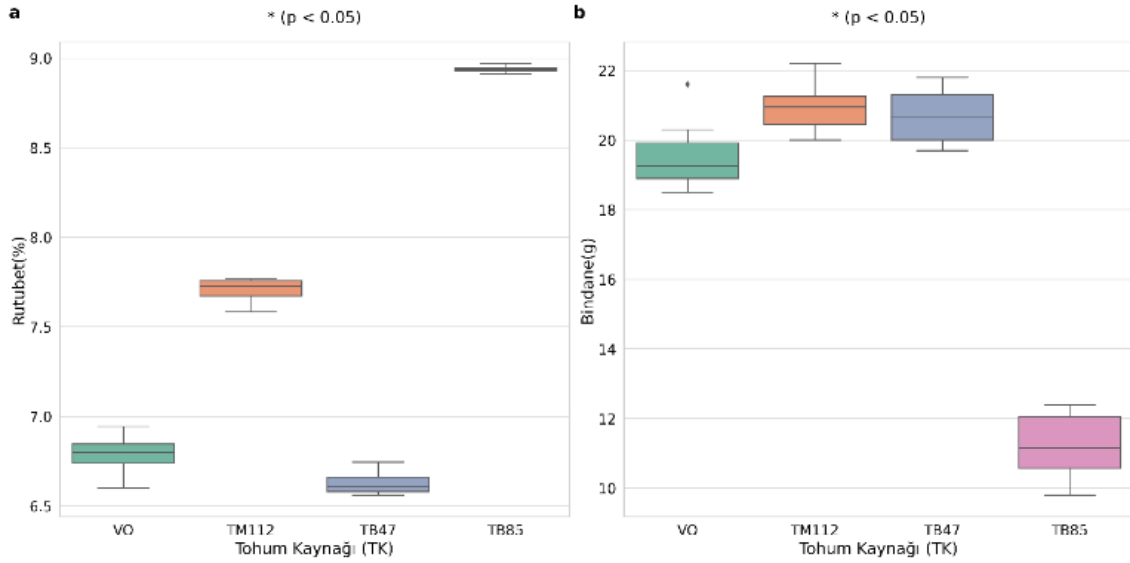
3. Bulgular

3.1 Tohum bin dane ağırlıkları ve nem içerikleri

Farklı tohum kaynaklarından elde edilen Ehrami karaçam tohumlarının tohum nem içerikleri %6,6 ile %8,9 arasında değişmiş, en yüksek nem içeriği, TB85 kodlu tohum kaynağında tespit edilmiştir (Tablo 2, Şekil 2a). Tohum kaynakları arasında nem içerikleri bakımından farklılıklar, Kruskal-Wallis testi ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu ortaya koyulmuştur ($H = 114,300$, $df = 3$, $p < 0,001$). Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda, TB85 grubunun R (%) değeri, TB47, TM112 ve VO gruplarına göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. TB47 ile VO grubu hariç, diğer grup eşleşmelerinde anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bin dane ağırlığı değerleri ise 11,2 g ile 20,9 g arasında değişmiş; en yüksek ortalama bin dane ağırlığı TM112 (20,9 g), en düşük ise TB85 (11,2 g) kaynaklı tohumlarda ölçülmüştür (Tablo 2, Şekil 2b). Kruskal-Wallis testi, tohum kaynakları arasında bin dane ağırlığı açısından da anlamlı farklar olduğunu göstermiştir ($H = 21,621$, $df = 3$, $p < 0,001$). İkili karşılaştırmalar, TB85 grubunun TB47 ve TM112 gruplarına göre anlamlı derecede daha düşük değerlere sahip olduğunu göstermiştir. Diğer gruplar arasındaki farklar ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 2. Tohum bin dane ağırlığı ve rutubet yüzdesine ait bulgular

Tohum Kaynağı tipi	Tohum Kaynağı Kodu	R (%) $\pm$ SD	Bin dane Ağırlığı (g) $\pm$ SD
<i>ex situ</i> Tohum Bahçesi	TB47	6,63 $\pm$ 0,08	20,68 $\pm$ 0,82
	TB85	8,94 $\pm$ 0,02	11,18 $\pm$ 0,99
<i>in situ</i> Doğal yayılış alanı	TM112	7,70 $\pm$ 0,08	20,91 $\pm$ 0,74
	VO	6,79 $\pm$ 0,13	19,56 $\pm$ 1,00



Şekil 2. a) Tohum Rutubeti (R%) ve b) Bin dane (g) ağırlıklarının tohum kaynağına göre dağılımı.

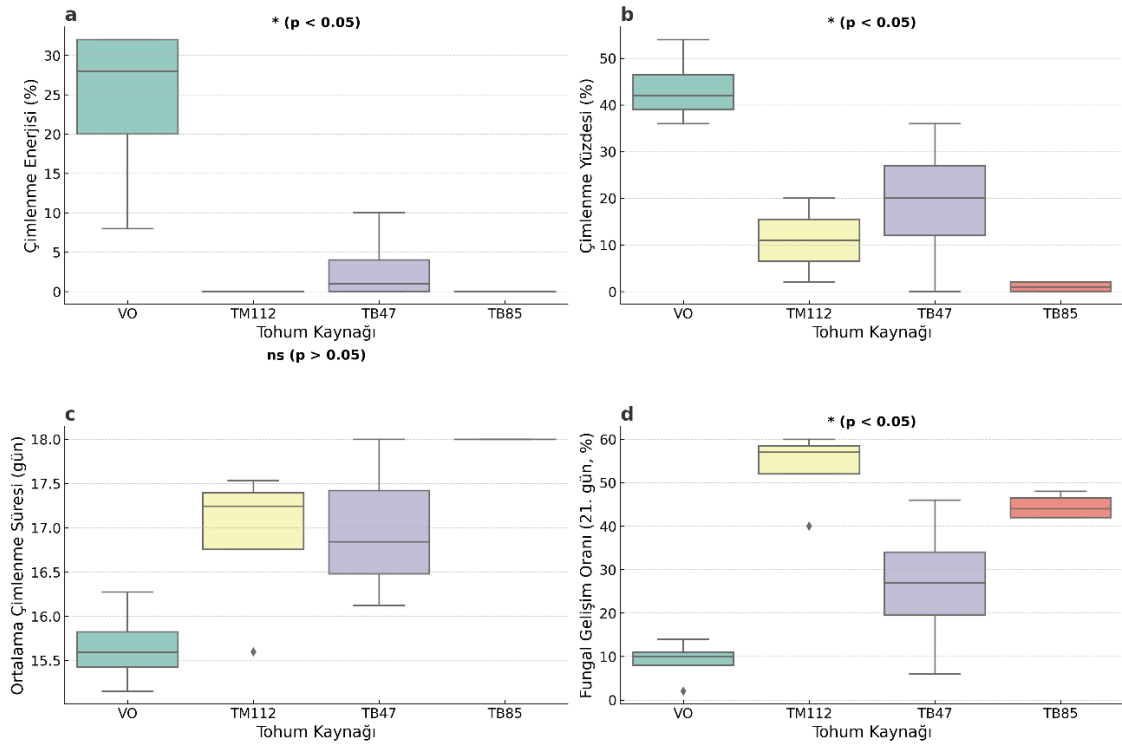
3.2. Tohumların çimlenme özellikleri

Farklı tohum kaynaklarından elde edilen Ehlami karaçam tohumlarının çimlenme enerjisi (ÇE%), çimlenme yüzdesi (ÇY%), ortalama çimlenme süresi (OÇS) ve fungal kolonizasyon yüzdesi (FK%) değişkenleri incelendiğinde (Tablo 3), en yüksek çimlenme performansının VO kaynaklı tohumlarda gözlemlendiği anlaşılmaktadır. VO kaynaklı tohumlarda çimlenme enerjisi %24,00, çimlenme yüzdesi ise %43,50 olarak belirlenmiştir. VO tohumları aynı zamanda en kısa çimlenme süresine (OÇS = 15,65 gün) ve en düşük fungal kolonizasyon yüzdesine (%9,00) sahiptir. TM112 kaynağından elde edilen tohumlarda çimlenme enerjisi değeri 0 olarak belirlenmiş, yani bu tohumlarda ilk 9 gün sonunda çimlenme gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte bu tohumlarda çimlenme

yüzdesi %11,00 olarak tespit edilmiştir. TM112 tohumlarının ortalama çimlenme süresi 16,9 gün olup, fungal kolonizasyon %53,5 ile en yüksek değeri göstermektedir. TB47 kaynaklı tohumlarda ÇE %3,00, ÇY ise %19,00 olarak belirlenmiş; ortalama çimlenme süresi 16,9 gün, fungal kolonizasyon ise %26,5'tir. TB85 kaynaklı tohumlarda çimlenme çok zayıf bulunmuş (ÇE = 0, ÇY = %1,00), fungal kolonizasyon ise yüksek çıkmıştır (%44,5) (Tablo 3, Şekil 3). Tohumların kaynaklarına göre çimlenme özellikleri arasındaki farklılıklar Kruskal-Wallis testi ile değerlendirildiğinde, hem çimlenme enerjisi (ÇE%) ve çimlenme yüzdesi (ÇY%) hem de fungal kolonizasyon (FK%) açısından tohum kaynakları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu belirlenmiştir (ÇE%: $H = 9,008$, $p = 0,029$; ÇY%: $H = 8,018$, $p = 0,046$; FK%: $H = 9,216$, $p = 0,027$).

Tablo 3. Farklı tohum kaynaklarına ait tohumların çimlenme özellikleri; çimlenme enerjisi (ÇE%), çimlenme yüzdesi (ÇY%), ortalama çimlenme süresi (OÇS) ile fungal kolonizasyon yüzdesine (FK%) ilişkin ortalama $\pm$ standart sapma (SD) değerleri.

Tohum Kaynağı tipi	Tohum Kaynağı	ÇE (%) $\pm$ SD	ÇY (%) $\pm$ SD	OÇS (gün) $\pm$ SD	FK (%) $\pm$ SD
<i>ex situ</i>	TB47	3,00 $\pm$ 4,19	19,00 $\pm$ 13,29	12,74 $\pm$ 7,50	26,50 $\pm$ 14,54
Tohum bahçesi	TB85	0	1,00 $\pm$ 1,02	9,00 $\pm$ 9,14	44,50 $\pm$ 2,64
<i>in situ</i>	TM112	0	11,00 $\pm$ 6,81	16,91 $\pm$ 0,78	53,50 $\pm$ 8,05
Doğal	VO	24,00 $\pm$ 9,96	43,50 $\pm$ 6,80	15,65 $\pm$ 0,41	9,00 $\pm$ 4,43



Şekil 3. Farklı tohum kaynaklarına göre: a) Çimlenme enerjisi (ÇE, %), b) Çimlenme yüzdesi (ÇY, %), c) Ortalama çimlenme süresi (OÇB, gün) ve d) fungal kolonizasyon oranı (FK %) değişkenlerinin dağılımını gösteren kutu grafikleri.

3.3 Tohum kalite ve tohum çimlenme özellikleri ile fungal kolonizasyon arasındaki ilişki

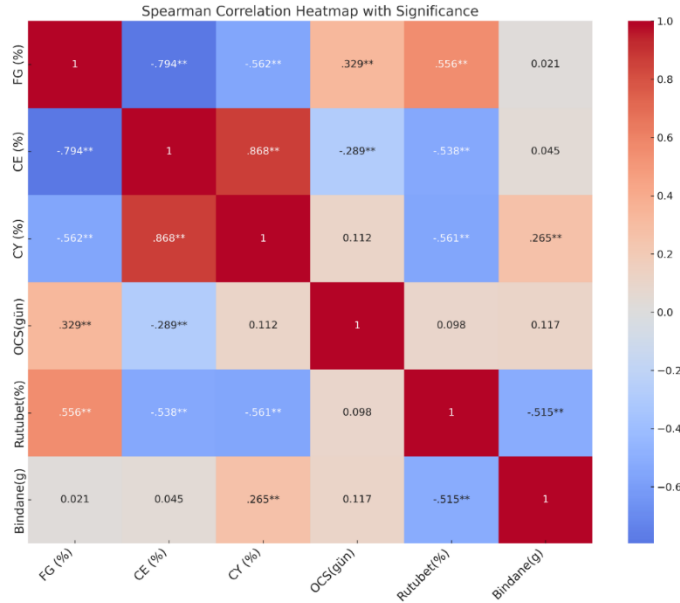
Fungal kolonizasyon ile çimlenme özellikleri, rutubet (%) ve bin dane ağırlığı arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla Spearman korelasyon analizi uygulanmış ve sonuçlar ısı haritası ile görselleştirilmiştir (Tablo 4, Şekil 4). Spearman korelasyon analizi, incelenen değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı birkaç ilişki olduğunu göstermiştir. Fungal kolonizasyon yüzdeleri ile tohumların çimlenme enerjileri ve yüzdeleri arasında güçlü bir negatif korelasyon gözlenmiştir (sırasıyla; $\rho = -0,794$, $p < 0,01$; $\rho = -0,562$, $p < 0,01$). Bununla

birlikte, fungal kolonizasyon ile ortalama çimlenme süresi arasında zayıf pozitif bir korelasyon gözlenmiştir ($\rho = 0,329$, $p < 0,01$). Diğer taraftan, fungal kolonizasyon ile tohum rutubet yüzdesi arasında kuvvetli düzeyde pozitif bir korelasyon bulunurken ($\rho = 0,556$, $p < 0,01$), fungal kolonizasyon ile bin dane ağırlığı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($\rho = 0,021$, $p > 0,05$). Bu sonuçlar, fungal kolonizasyonun tohum çimlenme performansını olumsuz etkilediğini ve nem içeriğinin bu etkiyi artırabileceğini belirtirken, tohum ağırlığının bu dinamikten bağımsız olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Fungal kolonizasyon (%), çimlenme parametreleri (ÇE, ÇY ve OCS) ile tohum fiziksel özellikleri (R% ve bin dane ağırlığı) arasındaki korelasyon matrisi

	FK (%)	ÇE (%)	ÇY (%)	OÇS (gün)	R (%)	Bin dane (g)
FK (%)	1	-0,794**	-0,562**	0,329**	0,556**	0,021
ÇE (%)	-0,794**	1	0,868**	-0,289**	-0,538**	0,045
ÇY (%)	-0,562**	0,868**	1	0,112	-0,561**	0,265**
OÇS (gün)	0,329**	-0,289**	0,112	1	0,098	0,117
R (%)	0,556**	-0,538**	-0,561**	0,098	1	-0,515**
Bin dane (g)	0,021	0,045	0,265**	0,117	-0,515**	1

** Korelasyon $p < 0,01$ seviyesinde anlamlıdır.

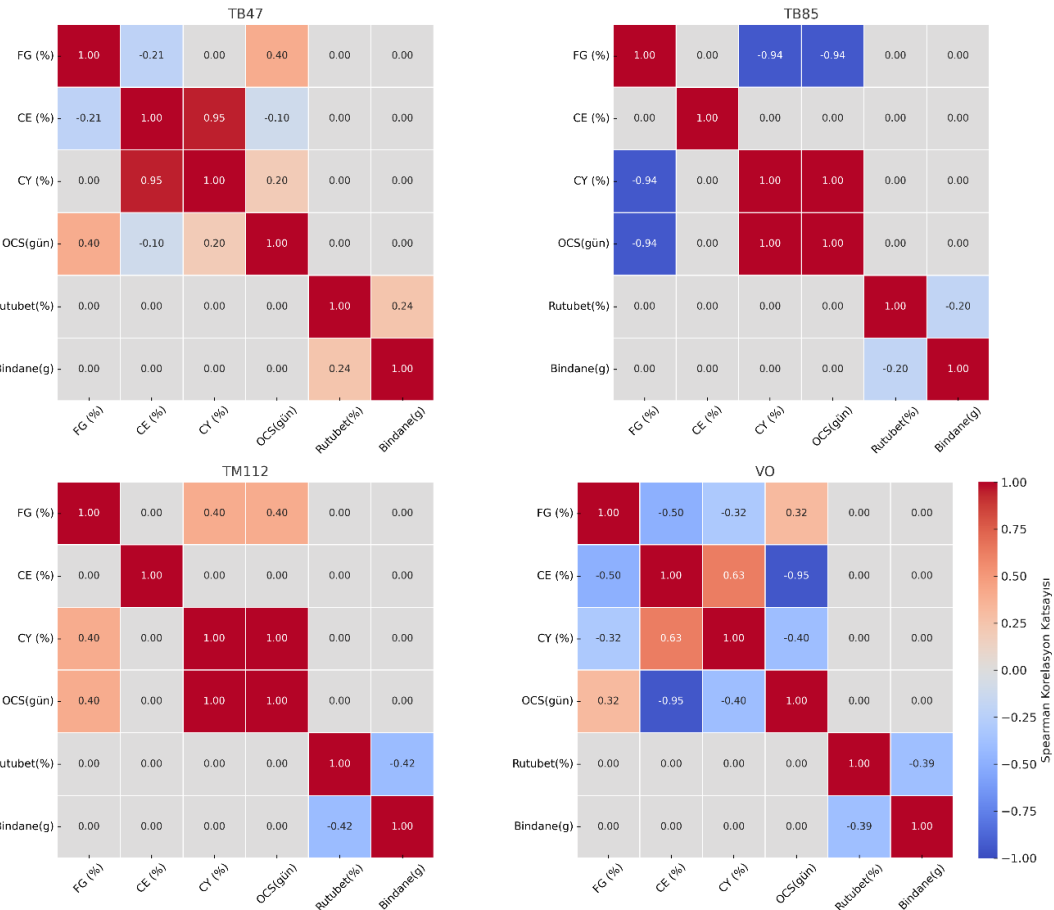


Şekil 4. Farklı tohum kalite parametreleri arasındaki Spearman korelasyon katsayılarını gösteren ısı haritası. Korelasyon katsayıları hücre içinde sayısal olarak belirtilmiştir. İstatistiksel

olarak anlamlı ilişkiler $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) düzeylerinde yıldız işaretleri ile gösterilmiştir. Renk skalası, ilişkinin yönü ve şiddetini ifade eder; koyu mavi tonlar güçlü negatif, koyu kırmızı tonlar güçlü pozitif ilişkileri göstermektedir.

Korelasyon analizleri, farklı tohum kaynakları (VO, TM112, TB47, TB85) için fungal kolonizasyon (FK) ile çimlenme özellikleri, tohum rutubeti ve bin dane ağırlığı arasındaki ilişkilerin kaynak bazında değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur (Şekil 5). Doğal yayılış alanlarından alınan VO tohumlarında, FK ile çimlenme enerjisi (ÇE) arasında güçlü negatif korelasyon ($\rho = -0,500$) ve ÇE ile çimlenme süresi (OÇS) arasında yüksek negatif ilişki ($\rho = -0,949$) gözlenmiştir. TM112 tohumlarında ise FK, çimlenme yüzdesi (ÇY) ve OÇS ile orta düzeyde pozitif korelasyonlar ($\rho = 0,400$) sergilemiştir. Tohum bahçesi kaynaklı TB47’de, ÇE ile ÇY arasında yüksek pozitif korelasyon ($\rho = 0,949$) ve FK ile OÇS arasında pozitif ilişki ($\rho = 0,400$) bulunurken, TB85’te FK, ÇY ve OÇS ile güçlü negatif korelasyonlar ($\rho = -0,943$) göstermiştir. Bu bulgular, Ehrami karaçam tohumlarında fungal kolonizasyon ile tohum kalite özellikleri arasındaki ilişkinin tohum kaynağına özgü farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Tohum Kaynaklarına Göre Spearman Korelasyon Isı Haritaları



Şekil 5. Tohum kaynaklarına göre Spearman korelasyon analiz sonuçlarını gösteren ısı haritaları. Her panel, farklı tohum kaynaklarına (VO, TM112, TB47 ve TB85) ait çimlenme ve tohum kalite parametreleri arasındaki Spearman korelasyon katsayılarını göstermektedir. Korelasyon katsayıları hücre içinde sayısal olarak belirtilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı ilişkiler $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) düzeylerinde yıldız işaretleri ile gösterilmiştir. Renk skalası, ilişkinin yönü ve şiddetini ifade eder; koyu mavi tonlar güçlü negatif, koyu kırmızı tonlar güçlü pozitif ilişkileri göstermektedir.

3.4. Tohumlarda yaygın olarak gözlemlenen funguslar

Tohumlarda yaygın olarak gözlemlenen ve morfolojik olarak tanımlanan funguslar; *Trichoderma* Pers. spp., *Trichothecium roseum* (Pers.) Link, *Penicillium* L. spp., *Aspergillus* P. Micheli ex Haller spp., *Alternaria* Nees spp., *Sydowia polyspora* (Bref.) E. Müll., *Fusarium* Link spp.'dir. Bunlara ek olarak, üreme yapısı oluşturmeyen, steril funguslar da tespit edilmiştir.

4. Tartışma

Bin dane ağırlığı, tohum kalitesi ve çimlenme potansiyelini yansıtan kritik bir parametredir. Yücel (1992a), Ehrami karaçam tohumlarının bin dane ağırlıklarının 18,26 g ile 22,36 g arasında değişmekte olup ortalama 20,11 g olarak rapor etmiştir. Diğer taraftan Yücel (1994), Ehrami karaçam tohumlarının neredeyse yarı yarıya açık ve koyu renkli tohumlardan oluştuğunu, açık renkli tohumların büyük bir çoğunluğunun boş (%81), koyu renkli tohumların ise büyük oranda dolu (%99) dolu olduğu ve bin dane ağırlıklarının açık renkli tohumlarda ortalama 13,1 g, koyu renklilerde ise ortalama 24,6 g olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmamızda incelenen Ehrami karaçam tohumların bin dane ağırlıkları 11,18 ile 20,91 g arasında ölçülmüştür. TM112 ve TB47 kaynaklarından elde edilen tohumların, 20 g üzeri ortalama bin dane ağırlıkları ile yüksek besin rezervlerine sahip oldukları söylenebilir. Buna karşılık, TB85 kaynağı, sadece 11,18 g'lık düşük bir ortalama ile hem potansiyel doluluk hem de kalite açısından sınırlı bulunmuştur. Bu çalışmadaki geniş varyasyon, tohumların ayrıştırılmamış olmasından (örneğin boş/dolu, açık/koyu renkli) ve fizyolojik olgunluk farklılıklarından kaynaklanıyor olabilir. Yücel (1992a) tarafından belirtildiği üzere koyu renkli ve dolgun tohumlar daha ağırdır ve daha yüksek çimlenme kapasitesine sahiptir. Ancak bu çalışmada bu özellik değerlendirilmemiş olup gelecek çalışmalarda dikkate alınması gereken bir özellik olarak karımıza çıkmaktadır. Ehrami karaçam tohumlarında fungal kolonizasyon yüzdesi ile bin dane ağırlığı arasındaki ilişkilere bakıldığında, bu iki parametre arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olmadığı anlaşılmaktadır. Nitekim, fungal kontaminasyonların tohum bin dane ağırlığını azaltıcı etkisi olduğu bilinse de genel olarak tohum ağırlığı tek başına fungal kolonizasyon üzerinde belirleyici bir faktör olarak ele alınmamakta, fungal kontaminasyonun oluşumu ve şiddetinin tohum nem içeriği, saklama süresi ve başlangıç mikrobiyal yük gibi diğer etkenlerle birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir. Tohum nem içeriği, çam tohumlarının canlılığı, çimlenme kapasitesi ve uzun süreli depolanabilirliği üzerinde belirleyici bir etkidir. Özellikle tohumların depolanması söz konusu olduğunda, nem içeriği kritik bir parametre olarak öne çıkar. Yüksek nem seviyeleri, metabolik faaliyetleri ve mikrobiyal gelişimi teşvik ederek tohumun bozulmasını hızlandırabilirken; düşük nem seviyeleri bu süreçleri yavaşlatarak tohumun canlılığını ve dayanıklılığını artırabilir. Çoğu çam tohumu, kurumaya dayanıklı ortodoks tohum kategorisinde yer almakta olup, yaklaşık %6–7 nem içeriğine kadar güvenle kurutulabilir (Temel et al., 2011). Bu tür ortodoks tohumlar, düşük nem içeriğinde (%5–10) ve 3–5 °C gibi soğuk depolama koşullarında saklandığında, genellikle 5 ila 15 yıl boyunca önemli bir bozulma olmaksızın canlılıklarını koruyabilir (Maria De

Oliveira Pires and Lima Baute, 2023). Çalışmada analiz edilen tohumlar 3 ila 15 yıl arasında değişen sürelerde +4 °C'de depolanmış tohumlardır ve bunların nem içerikleri %6,6 ile %8,9 arasında değiştiği belirlenmiştir. Tohum sağlığı açısından, fungal kontaminasyon miktarının, genellikle fungal gelişim için uygun koşullar sağlaması nedeniyle tohum nem içeriğiyle pozitif yönde ilişkili olduğu varsayılır. Nitekim, bu çalışmada tohumların rutubet içerikleri ve fungal kolonizasyon yüzdeleri arasındaki ilişki incelendiğinde, fungal kolonizasyon ile tohum rutubet yüzdesi arasında kuvvetli düzeyde pozitif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bu durum yüksek nem içeriğinin fungal kolonizasyonu teşvik edebileceğini ve dolaylı olarak tohum canlılığını olumsuz etkileyebileceğini düşündürmektedir. Nitekim, yüksek (%7 üstünde) nem içeriğine sahip TB85 ve TM112 kökenli tohumlarda fungal kolonizasyon yüzdelерinin de yüksek olduğu (sırasıyla %44,50 ve %53,50), buna karşılık rutubeti %7 altında olan tohumlarda fungal kolonizasyonun daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak bu tohumların depolanma sürelerinin nem ve fungal kolonizasyonla ilişkisi net değildir. Bu sonuçlar, yüksek nem içeriğinin saklama süresinden bağımsız olarak fungal kolonizasyonu artırabileceğini, ancak bu ilişkinin her zaman doğrudan ve tek yönlü olmadığını göstermektedir. Tohumlarda fungal kontaminasyonun ve kolonizasyon şiddetinin; tohumun kaynağının özellikleri (konumu, iklim, toprak özellikleri ve sağlık durumu gibi), tohumun başlangıçtaki mikrobiyal yükü, saklama süresi, depolama koşullarının uygunluğu ve istikrarı, tohumun fizyolojik durumu gibi diğer faktörlere de bağlı olabileceği göz ardı edilmemelidir.

Çalışmada, tohumların çimlenme enerjileri, çimlenme yüzdeleri ve ortalama çimlenme sürelerinin farklı tohum kaynaklarında sırasıyla %0 - %24, %1-%43,5 ve 9 – 17 gün arasında olduğu ve tohum çimlenme özellikleri açısından kaynaklar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada belirlenen çimlenme özelliklerine ilişkin değerler, Ehrami karaçam tohumlarının daha önce belirlenen çimlenme oranlarına kıyasla oldukça düşük olup, Ehrami karaçamının sınırlı yayılışına rağmen tohumlarının çimlenme potansiyelinin yüksek olduğu yönündeki bilgilerle uyumlu değildir (Yücel 1992a, 1995a, 1994, 1999b). Nitekim, Yücel (1992a) ilk 4 günün sonunda tohumların %68,8 ile %38,2 sinin ortalama olarak da %56,7'nin çimlendiğini, çimlenme hızının (çimlenme enerjisi) %56,7 ila %56,7 arasında ortalama %60,3, çimlenme kabiliyetinin (çimlenme yüzdesi) ise %87,5 ile %74,5 arasında ortalama %87,5 olarak belirlenmiş ve bu sonuç çimlenme hızının farklı olmasına karşın çimlenme kabiliyetinin yüksek ve çimlenme probleminin bulunmadığı şeklinde yorumlanmıştır. Bu çalışmanın bulguları, Ehrami karaçamının doğal yayılış alanındaki tohumların çimlenme enerjisi ve çimlenme yüzdesi değerlerinin aynı alanın 30 yıl öncesinde belirlenen değerlerinden yaklaşık %36 oranında daha düşük, bunun da ötesinde tohum bahçelerinden toplanan tohumlarda bu farkın çimlenme enerjisi bakımından %60, çimlenme yüzdesi bakımından %80'e ulaştığını göstermiştir. Bu azalma, tohumların depolanma sürecinde çimlenme kabiliyetlerinde meydana gelen azalma ile ilişkili olabilir. Öyle ki uzun süre depolanan çam tohumlarında çimlenme enerjisi ve yüzdelерinin önemli oranlarda azalabildiği bilinmektedir. Örneğin Temel et al., (2011) tarafından yapılan bir araştırmada 10 yıl depolanan karaçam tohumlarında çimlenme enerjisinin %80'den %30,7'ye

(%49,3 azalma), çimlenme yüzdesinin ise %96'dan %58,4'e (%37,6 azalma) düştüğü bildirilmiştir. Bu çalışmada incelenen *in situ* kaynaklı Ehrami karaçam tohumlarından TM112 örneği 15 yıldır, VO örneği ise 4 yıldır depolanmaktadır. TM112 tohumlarında çimlenme enerjisi %0, çimlenme yüzdesi ise yalnızca %11 olarak tespit edilmiştir. Daha kısa süreyle (4 yıl) depolanan VO örneğinde ise çimlenme enerjisi %24,00, çimlenme yüzdesi ise %43,50 olarak ölçülmüştür. Bu değerler, Yücel (1992a) tarafından aynı doğal yayılış alanında bildirilen ortalama çimlenme enerjisi (%60,3) ve çimlenme yüzdesi (%87,5) ile karşılaştırıldığında, TM112 örneğinde sırasıyla %100 ve %87 oranında, VO örneğinde ise yaklaşık %60 ve %50 oranında azalma olduğunu göstermektedir. İncelenen tohum örneklerinde gözlemlenen düşük çimlenme oranları ve canlılık değerleri yalnızca uzun süreli depolamaya bağlı olmayabilir. Özellikle doğal yayılış alanından elde edilen TM112 ve VO kaynaklarının çimlenme performansındaki düşüş, tohum üreten anaç ağaçların maruz kaldığı çevresel stres faktörlerinin de bir sonucu olabilir. Nitekim son yıllarda yaşanan iklim değişikliği, artan sıcaklıklar, azalan yağış miktarları ve sıklaşan kuraklık dönemleriyle birlikte tohum gelişimini doğrudan etkilemektedir (Lucas-Borja et al., 2017). Lucas-Borja et al. (2023), çam türlerinde artan ısı ve su stresi altında tohumların embriyo gelişiminin zayıfladığını, rezerv madde birikiminin azaldığını ve bu nedenle tohumların çimlenme yüzdesi ve canlılık kapasitesinin düştüğünü bildirmiştir. Ayrıca, bu stres koşulları kozalak oluşumunda azalma, dölleme başarısında düşüş ve erken kozalak dökümü gibi mekanizmalar yoluyla da tohum verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Diğer taraftan yaklaşık 20 yıl önce yapılan bir değerlendirmede Vakıf ormanı ve TM112 nolu tohum bahçesinin bulunduğu alanlarda ağaçlardaki su stresinin etkisini katlayarak artırabilecek ökse otu enfeksiyonlarının varlığı ve bölgedeki gümüş madeni ve termik santrallerin neden olduğu kirleticilerin Ehrami karaçamlarda kurumalara yol açan önemli stres faktörleri olduğu belirtilmiştir (Ünaldı, 2004). Su, tuz ya da sıcaklık stresinin karaçam ve diğer bazı çam türlerine ait tohumların çimlenme hızı ve yüzdesinde önemli azalmalara yol açabildiği bilinmektedir (El Khoury et al., 2021; Neufeld et al., 2000; Ribeiro et al., 2023; Topacoglu et al., 2016; Ulsan, 2022; Zas et al., 2013). Diğer taraftan, *Diplodia sapinea* gibi patojenik funguslar ya da *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Çam kozalak emici böceği) gibi zararlılar da tohumların hayatiyetini önemli ölçüde azaltabilen biyotik faktörlerdir (Avcı et al., 2024; Oskay and Karataş, 2021). Dolayısıyla, 30 yıl önce elde edilen yüksek çimlenme oranlarıyla kıyaslandığında güncel verilerde gözlenen azalmalar, yalnızca depolama süresiyle değil, aynı zamanda tohumların üretildiği çevresel koşullardaki bozulmalarla da ilişkilendirilebilir. Bu durum, özellikle marjinal ve sınırlı yayılışlı türlerin popülasyon yenilenme kapasitesi açısından uzun vadede ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Diğer taraftan *Ex situ* kaynaklı tohumlarda gözlemlenen düşük çimlenme enerjisi ve çimlenme yüzdesine ilişkin olarak, geçmiş dönemlere ait karşılaştırmalı veriler bulunmadığından doğrudan bir azalma eğilimi saptanması mümkün değildir. Ancak, bu tohum bahçelerinde elde edilen tohumların düşük performansı; genetik materyalin doğal popülasyona kıyasla çevresel koşullara daha az uyum sağlaması, bahçelerin bulunduğu bölgelerdeki mikroklimatik farklılıklar, tohum olgunlaşma dönemindeki stres faktörleri ve muhtemel bakım eksiklikleriyle ilişkili olabilir. Bu

bulgular, *ex situ* tohum kaynaklarının etkinliğini değerlendirmede yalnızca genetik değil, aynı zamanda çevresel ve yönetsel faktörlerin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Korelasyon analizleri, fungal kolonizasyon ile çimlenme enerjisi ve yüzdesi arasında güçlü negatif yönlü, ancak ortalama çimlenme süresi ile zayıf pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, fungal kolonizasyonun tohum çimlenme performansını olumsuz etkilediğini ve nem içeriğinin bu etkiyi artırabileceğini belirtirken, tohum ağırlığının bu dinamikten bağımsız olduğunu göstermektedir. Bu çalışmamızda, VO kaynağı en yüksek çimlenme enerjisi (%24,00) ve çimlenme yüzdesi (%43,50) ile çimlenme açısından en başarılı grup olarak öne çıkmıştır. Aynı zamanda bu grup, en düşük fungal kolonizasyon (%9,00) ile de dikkat çekmiştir. Buna karşılık, TB85 grubunda %1 gibi çok düşük oranda çimlenme gözlemlenmiş ve yüksek düzeyde fungal kolonizasyon (%44,5) tespit edilmiş olup bu durum fungal kolonizasyonun çimlenmeyi baskılayıcı etkisine işaret ediyor olabilir. Diğer taraftan TM112 tohumlarında çimlenme enerjisi 0 iken çimlenme yüzdesinin %11 olması, çimlenmenin gecikmeli başladığını göstermektedir. Bu durum, fungal kontaminasyonun doğrudan öldürücü değil, çimlenmeyi geciktirici etki yaratabileceği fikrini desteklemektedir (Crocker et al., 2016; Yang et al., 2024). Ayrıca, fungal kolonizasyon ile ortalama çimlenme süresi arasındaki pozitif korelasyon, fungal kontaminasyonların çimlenme süresini uzatabileceği görüşünü destekler niteliktedir.

Fungal kolonizasyon tüm tohum kaynaklarında kaydedilmiş, şiddeti ve etkileri farklılık göstermiştir. Bazı tohum gruplarında yüksek fungal kolonizasyon ile birlikte düşük çimlenme oranları gözlenirken, TM112 gibi kaynaklar, fungal varlığa rağmen yüksek çimlenme performansı göstermiştir. Bu durum, mevcut fungusların doğrudan patojenik olmadığını veya etkilerinin daha çok baskılayıcı (geciktirici) olabileceğini göstermektedir. Benzer geciktirici etkiler, çam ve orkide türleri üzerinde yapılan çalışmalarda da bildirilmiştir (Crocker et al., 2016; Tian et al., 2023; Yang et al., 2024). Örneğin Oskay ve Karataş (2021), karaçam ve sarıçam tohum bahçelerinden temin edilen tohumların %70'inin (sırasıyla ortalama %72 ve %57) *D. sapinea* ile bulaşık olduğu tespit etmişler, *D. sapinea* ile bulaşık karaçam tohumların bin dane ağırlıklarını 8,0-10,0 g, çimlenme enerjilerini %1,0-2,0 ve çimlenme yüzdeslerini %3,0-5,0 arasında belirlemişlerdir. Diğer taraftan *D. sapinea* tespit edilmeyen karaçam tohumlarında bin dane ağırlığı 21,1 g, çimlenme enerjisi %77 ve çimlenme yüzdesi %79 olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda bu tohumları kolonize eden funguslar arasında *D. sapinea* tespit edilmemiştir. Bununla birlikte bu tohumlarda *Sydowia polyspora* ile *Alternaria* ve *Fusarium* cinslerine dahil tohumlarda çimlenmeyi engelleyici ya da geciktirici etkisi bilinen çeşitli funguslar belirlenmiştir. *S. polyspora*'nın tohum hayatiyetini etkilememekle birlikte çimlenmeyi azaltıcı etkisi olduğu bilinmekte ve bu fungus çam tohumlarında çıkış öncesi patojenik bir fungus olarak tanınmaktadır (Ridout and Newcombe, 2018).

Ehrami karaçam tohumlarda morfolojik olarak tanılanan funguslar, Türkiye'de çeşitli çam türlerinde tespit edilen funguslarla benzerlik göstermektedir (Aday Kaya and Karaman, 2023; Akıllı and Katircioğlu, 2006; Argun et al., 2014; Oskay and Karataş, 2021; Velioğlu, 2001). Tohumlarda tespit edilen

funguslar arasında hem potansiyel patojenler (örn. *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.*, *Sydowia polyspora*) hem de potansiyel yararlı türler (*Trichoderma spp.*) yer almıştır. Bu çeşitlilik, tohum mikrobiyotasının hem çimlenme başarısını tehdit eden hem de potansiyel olarak destekleyen işlevlere sahip olduğunu göstermektedir (Bastide et al., 2019; Dias Parisi et al., 2018). Ancak bu çalışmada, tür düzeyinde teşhis yapılmadığı için bu fungusların rolü spekülatif kalmaktadır. Tohumlarla ilişkili fungal toplulukların zararlı patojenlerden, nötr ya da simbiyotik organizmalara kadar geniş bir spektrumda olabileceği dikkate alındığında, bu mikrobiyal etkileşimlerin karmaşık yapısı daha da belirginleşmektedir (Cleary et al., 2019; de la Bastide et al., 2019). Diğer taraftan çevresel koşullar ve tohumların kaynağını teşkil eden ağaçların fizyolojik durumu da fungal toplulukların bileşen ve yapılarını etkilemiş olabilir. Özellikle stresli veya nemli ortamlarda oluşan tohumlar, daha zengin veya daha saldırgan mikrobiyotaya sahip olabilir. Doğal yayılış alanı oldukça dar olan Ehrami karaçamı gibi türler için bu durum, koruma açısından kritik bir öneme sahiptir. Nitekim, başka bir endemik varyete olan *P. nigra* var. *yaltirikiana* üzerine yapılan bir araştırmada çimlenebilen tohumlardan elde edilen fidanların önemli bir kısmının fungal nedenlerle yaşamlarını sürdüremedikleri bildirilmiştir (Oral, 2019).

Bu çalışma temel bilgiler sunsa da bazı sınırlamaları mevcuttur. Örneğin, tohumlar renk veya doluluklarına göre ayrılmamış ve çimlenme testlerinden önce doluluk veya canlılık analizleri yapılmamıştır. Gelecekteki araştırmalarda, tohum kabuğu özellikleri, iç besin içeriği ve genetik varyasyon gibi faktörler de dikkate alınmalıdır. Ayrıca, mevcut fungal türlerin moleküler yöntemlerle tanımlanması ve bu türlerin ekolojik rollerinin belirlenmesi, gözlenen etkilerin zararlı mı yoksa simbiyotik mi olduğunu aydınlatacaktır. Diğer taraftan bu çalışmada tespit edilen fungusların doğrudan tohumların çimlenme yetenekleri üzerindeki etkileri de araştırılmamıştır. Bunların da ötesinde, çalışmada 4 ila 15 yıldır depolanan Ehrami karaçam tohumları kullanılmış ancak bu tohumların ilk toplandığı yıla ait kalite özellikleri bilinmemektedir. Tohumların nem içerikleri ve çimlenme özelliklerine ait ilk toplanma yılına ait veriler bu çalışmanın bulgularının daha güvenilir bir şekilde yorumlanmasında faydalı olabilir. Bu çerçevede, bu çalışmada incelenen Ehrami karaçam tohumlarının ilk toplandıkları yılda belirlenmiş kalite özelliklerine ilişkin veriler ORTOHUM'dan talep edilerek değerlendirmelere dahil edilmesi düşünülebilirdi. Gelecekte, tohumla ilgili olarak yapılan çalışmalarda özellikle tohumların ilk toplanma dönemine ait rutubet, bin dane ve çimlenme enerjisi, yüzdesi gibi bilgilerin temin edilmesine özen gösterilmesi önerilebilir.

Çalışmanın bulguları, tohum kaynağı seçiminin, depolama koşullarının ve tohum sağlığı değerlendirmelerinin ormancılık uygulamalarında dikkate alınması gerektiğini göstermesi bakımından önemlidir. Özellikle, çimlenme başarısını olumsuz etkileyen fungal kontaminasyon riskine karşı sıcak su uygulaması, biyolojik kontrol etmenleri ve fungisit uygulaması gibi yöntemlerin entegre edilmesi önerilebilir.

5. Sonuç

Bu çalışma, endemik ve tehdit altındaki Ehrami karaçam (*P. nigra* subsp. *pallasiana* var. *fastigiata*) tohumlarında çimlenme başarısının, tohumun nem içeriği, bin dane ağırlığı ve fungal

kolonizasyon düzeyleri gibi çoklu faktörlerden etkilendiğini ortaya koymuştur. Tohum kaynakları arasında gözlenen farklılıklar hem *in situ* hem de *ex situ* korunmuş materyalin kalitesinin, saklama süresi, çevresel stres koşulları ve tohum sağlığı ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Fungal kolonizasyonun yüksek olduğu örneklerde düşük çimlenme enerjisi ve yüzdesi gözlemlenmiş; özellikle nem içeriği %8'in üzerinde olan tohumlarda bu eğilim belirginleşmiştir. Ancak, nem düzeylerinin çam türleri için kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu dikkate alındığında, bu etkinin başlangıç mikrobiyal yük, saklama koşulları ve anaç sağlığı gibi diğer faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. *Ex situ* kaynaklı tohumların çimlenme başarısındaki düşüklük, geçmiş dönem verilerle kıyaslama eksikliği nedeniyle mutlak olarak yorumlanamasa da mikroklima, tohum bahçesi yönetimi ve genetik uyum eksikliği gibi olası nedenleri işaret etmektedir.

Elde edilen bulgular, sadece bilimsel bilgiye değil, aynı zamanda doğaya duyarlı ormancılık uygulamaları ve tür koruma stratejilerine de katkı sunabilir. Ehrami karaçamının sürdürülebilir korunması için, tohum biyolojisi, patolojisi ve ekolojisini bütüncül biçimde ele alan ve başlangıç materyaline ait veri kaydının sistematik biçimde tutulduğu uzun vadeli izleme programları geliştirilmelidir. Bu yaklaşım, iklim değişikliği ve biyotik stresler gibi küresel tehditlere karşı yerel düzeyde etkili ve dirençli çözümler üretmede temel bir adım olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından 1919B012203679 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Makalenin hazırlanması sırasında yardımcı olan Doç. Dr. Ebru Gül'e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Acatay, A., 1956. *Pinus nigra*'nın Türkiye'deki varyeteleri ve özellikleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 30, 1–34.
- Aday Kaya, A.G., Karaman, A., 2023. Occurrence of fungi, with emphasis on *Diplodia pinea*, in pine seeds from forest nurseries of Turkey. Kuwait Journal of Science 50, 1–4.
- Akıllı, S., Katırcıoğlu, Y.Z., 2006. Türkiye'de Ağaçlandırma Çalışmalarında Kullanılan Bazı İğne Yapraklı Orman Ağaçları Tohumlarında Fungal Floranın Tespiti. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 6, 63–73.
- Akkemik, Ü., Yılmaz, H., Oral, D., Kaya, A., 2011. Some Changes in Taxonomy of Pines (*Pinus* L.) Native to Turkey. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 61, 63–78.
- Argun, N., Ceylan, S., Velioğlu, E., Aydın, Ü., 2014. Karaçam [*Pinus nigra* J. F. Arnold subsp. *nigra* var. *pallasiana* (Loudon) Rehder] tohum meşçere ve bahçelerinde üretilen tohumlarda bulunan fungusların tespiti ve fidanlardaki patojeniteleri. Presented at the Türkiye II. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, Orman Genel Müdürlüğü, pp. 748–758.
- Avcı, M., Oğuzoğlu, Ş., İpekdağ, K., Can, T., Selek, F., Hızal, E., Aksu, Y., Oskay, F., Kaya, A.G.A., Lehtijarvi, T.D., Lehtijarvi, A.T., 2024. *Leptoglossus occidentalis*

- Heidemann, 1910 (Hemiptera: Coreidae) in Türkiye: Its distribution, life cycle, and fungal associations. *Forest* 11, 131–140.
- Bastide, P.Y., LeBlanc, J., Kong, L., Finston, T., May, E.M., Reich, R., Hintz, W.E., von Aderkas, P., 2019. Fungal colonizers and seed loss in lodgepole pine orchards of British Columbia. *Botany* 97, 23–33.
- Bilir, N., Çatal, Y., Tekocak, S., Cercioğlu, M., 2017. Fertility variation in endemic populations of Ehrhami black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* var. *pyramidata*). *J. For. Res.* 28, 683–686.
- Businsky, R., 2008. Taxonomic revision of the *Pinus nigra* Arnold complex. *Acta Pruhoniana* 88, 5–56.
- Cleary, M., Oskay, F., Doğmuş, H.T., Lehtijärvi, A., Woodward, S., Vettraino, A.M., 2019. Cryptic Risks to Forest Biosecurity Associated with the Global Movement of Commercial Seed. *Forests* 10, 459.
- Crocker, E., Lanzafane, J.J., Karp, M.A., Nelson, E.B., 2016. Overwintering Seeds as Reservoirs for Seedling Pathogens of Wetland Plant Species. *Ecosphere*.
- Dağdaş, S., 2016. Ehrhami karaçamın (Vakıf karaçamı) (*Pinus nigra* arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata*) yayılışı, yetiştirme muhiti istekleri, silvikültürü ve karaçamlarda toplu kurumalar. *Orman Mühendisliği Dergisi* Nisan/Mayıs/Haziran, 23–33.
- Dias Parisi, J.J., Fischer, I.H., Medina, P.F., Firmino, A.C., Meletti, L.M., 2018. Pathogenicity and Transmission of Fungi Detected on Passiflora Alata Seeds. *Arquivos Do Instituto Biológico*.
- El Khoury, Y., Noujeim, E., Bubici, G., Tarasco, E., Al Khoury, C., Nemer, N., 2021. Potential Factors behind the Decline of *Pinus pinea* Nut Production in Mediterranean Pine Forests. *Forests* 12, 1167.
- Ergin, Ö.F., 2004. Ehrhami karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata*) aşılı fidan üretim tekniği (masterThesis). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kastamonu.
- Genç, M., Cengiz, N., Bilir, N., Gülcü, S., 1999. Field performans of *Pinus nigra* Arnold, subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* plantations in Golcuk, Isparta: 8 years result, in: 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. Ssp. *pallasiana* (Lamb.)). Presented at the 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.)), Kütahya, pp. 60–64.
- Gülsoy, S., Gülsoy, A., Çengel, B., Kaya, Z., 2014. The evolutionary divergence of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and its varieties based on noncoding trn regions of chloroplast genome. *Turkish Journal of Botany* 38, 627–636.
- ISTA, 1996. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology* (Supplement), 24, 1–365.
- Karadağ, M., 1999. Ehrhami Karaçamın Kastamonu-Oyrak Mikro Havzasındaki Yayılışı, in: 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrhami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. Ssp. *pallasiana* (Lamb.)). Presented at the 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrhami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.)), Kütahya.
- Karadağ, M., 1993. Kastamonu Orman işletmesi Gököy Şefliğindeki değişik Piramidal Karaçam Meşcereleri (Yüksek Lisans). İstanbul Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kartal, R., Bilir, N., 2022. Isparta Yöresi Ehrhami Karaçam Ağaçlandırmalarının Değerlendirilmesi: 30. Yıl Sonuçları. *Jonas* 5, 10–17.
- Küçükbara, B., Tatlı, A., 1999. Ehrhami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık.) Populasyonunun Floristik Yapısı., in: 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.)). Kütahya, pp. 23–25.
- Lucas-Borja, M.E., Candel-Pérez, D., Tiscar, P.A., Prévosto, B., Hedo, J., 2017. *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* early recruitment and initial seedling growth in warmer and drier locations: the role of seed and soil provenance. *Plant Ecol* 218, 761–772.
- Maria De Oliveira Pires, R., Lima Baute, J., 2023. Importance of Seed Quality For The Forestry Sector. *Bol.Téc.SIF* 03, 1–06.
- Neufeld, H.S., Lee, E.H., Renfro, J.R., Hacker, W.D., 2000. Seedling insensitivity to ozone for three conifer species native to Great Smoky Mountains National Park. *Environmental Pollution* 108, 141–151.
- Oral, D., 2019. Determining the factors affecting reproduction of an endemic black pine variety [*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *Yaltirikiana*] in Turkey. *Appl. Ecol. Env. Res.* 17.
- ORTOHUM, 2025. Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Anasayfa [WWW Document]. URL <https://www.ogm.gov.tr/ortohum/> (accessed 6.22.25).
- Oskay, F., Karataş, A., 2021. Incidence of *Diplodia sapinea* in *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and *Pinus sylvestris* seed. *Turkish Journal of Forestry* 22, 218–228.
- Ribeiro, S., Gaspar, M.J., Lima-Brito, J., Fonseca, T., Soares, P., Cerveira, A., Fernandes, P.M., Louzada, J., Carvalho, A., 2023. Impact of Fire Recurrence and Induced Water Stress on Seed Germination and Root Mitotic Cell Cycle of *Pinus pinaster* Aiton. *Forests* 14, 78.
- Ridout, M., Newcombe, G., 2018. *Sydowia polyspora* is both a Foliar Endophyte and a Preemergent Seed Pathogen in *Pinus ponderosa*. *Plant Dis.* 102, 640–644.
- Sevgi, O., Tecimen, B., Okan, T. (Eds.), 2022. Karaçam. Türkiye Ormancılar Derneği (TOD), Ankara.
- Sivacioğlu, A., Ayan, S., Ergin, Ö.F., Ertekin, M., 2004. Ehrhami Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata*) Aşılı Fidan Üretimi. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 4, 90–100.
- Tatlı, A., Küçükbara, B., Tel, A.Z., 1999. *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık'ın Vejetasyon Yapısı, in: 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. Ssp. *pallasiana* (Lamb.)). Presented at the 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Erhami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.)), Kütahya, pp. 163–176.
- Temel, F., Gülcü, S., Ölmez, Z., Göktürk, A., 2011. Germination of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*)

- Seeds from the Lakes Region of Turkey: Geographic Variation and Effect of Storage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 39, 267–274.
- Tian, F., Wang, J.-C., Bai, X.-X., Yang, Y., Huang, L., Liao, X., 2023. Symbiotic Seed Germination and Seedling Growth of Mycorrhizal Fungi in *Paphiopedilum Hirsutissimum* (Lindl. Ex Hook.) Stein From China. *Plant Signaling & Behavior*, 18(1), e2293405.
- Topacoglu, O., Sevik, H., Akkuzu, E., 2016. Effects of water stress on germination of *Pinus nigra* Arnold. Seeds. *Pakistan Journal of Botany* 48, 447–453.
- Tosun, S., Karadağ, M., 1991. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)’ın Yeni Bir yayılış Alanı. *Araştırma Bülteni* 114.
- Ucar, G., Balaban, M., 2004. Volatile needle extractives of Anatolian black pine varieties: *P. nigra* subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* and var. *pyramidata*. *Biochemical Systematics and Ecology* 32, 983–992.
- Uluslan, M.D., 2022. Responses of the germination and phytochemical content of *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. (Anatolian black pine) seeds to salt stress. *J. For. Sci.* 68, 365–375.
- Unaldi, U.E., Toroglu, S., 2009. Studies on antimicrobial activity of pyramidal black pine (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*): an endemic plant close to become extinct. *J Environ Biol* 30, 197–204.
- Ünalı, Ü.E., 2004. Nesli Tehlikedeki Ağaç: Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 14, 67–80.
- Velioğlu, E., 2001. Detection of Fungal Flora in Certain Forest Tree Seeds. Ministry of Forestry, Publication, Ankara.
- Yaltırık, F., 1986. Ülkemizde Az Tanınan İki Çam Varyetesi: Ebe Karaçamı ve Ehrami Karaçam. *Çevre Koruma Dergisi*, 28, 19-25.
- Yang, J., Li, N.-Q., Gao, J., 2024. Roles of Mycorrhizal Fungi on Seed Germination of Two Chinese Medicinal Orchids: Need or Do Not Need a Fungus? *Frontiers in Plant Science*.
- Yılmaz, H., 2022. Karaçamın (*Pinus nigra* J. F. Arnold) Sistematigi Üzerine Tartışmalar. in: Sevgi, O., Tecimen, B., Okan, T. (Eds.), *Karaçam. Türkiye Ormancılar Derneği (TOD)*, Ankara.
- Yücel, E., 2022. Ebe karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*) ve Ehrami karaçam’ın (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*) ekolojisi. in: Sevgi, O., Tecimen, B., Okan, T. (Eds.), *Karaçam. Türkiye Ormancılar Derneği (TOD)*, Ankara.
- Yücel, E., 1999a. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)’ın Coğrafik Varyasyonları. in: 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. Ssp. *pallasiana* (Lamb.)). Presented at the 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.)), Kütahya, pp. 730–739.
- Yücel, E., 1999b. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)’da Gelişim Farklılıklarının Gövde Modellerinde İzlenmesi. in: 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. Ssp. *pallasiana* (Lamb.)). Presented at the 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.)), Kütahya, pp. 740–754.
- Yücel, E., 1999c. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata*)’ın Tohum Çimlenmesi Üzerinde Farklı Tuz (NaCl) ve Asit (H₂SO₄. KNO₃) Konsantrasyonlarının Etkileri. in: 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. Ssp. *pallasiana* (Lamb.)). Presented at the 1st. International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.)), Kütahya, pp. 722–729.
- Yücel, E., 1996. The Effects of Ecological Factors on the Growth Properties *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık. in: IV. Plant Life of South West Asia. Presented at the IV. Plant Life of South West Asia, Ege University Press, İzmir, pp. 725–740.
- Yücel, E., 1995a. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık)’ın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri. *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, Eskişehir.
- Yücel, E., 1995b. Ehrami Karaçam’ın (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* “Acatay” Yaltırık) Türkiye İçin Önemi. in: 1. Tavşanlı Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Presented at the Tavşanlı Hepimizin 1. Tavşanlı Araştırmaları Sempozyumu, Kütahya, pp. 353–370.
- Yücel, E., 1994. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe var. *pyramidata* (Acat) Yaltırık)’ın Tohum Çimlenme Ekolojisi. in: XII. Ulusal Biyoloji Kongresi. Presented at the XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Edirne, pp. 33–38.
- Yücel, E., 1992a. Ehrami Karaçam (*Pinus nigra* Arnold Subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe var. *pyramidata* (Acat) Yaltırık, Stat.nova)’nın dağal yayılışı ve ekolojik özellikleri (Doktora Tezi). *Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı*, Eskişehir.
- Yücel, E., 1992b. Ehrami Karaçam’ın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık) Doğal Yayılışı. *Ankara Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Dergisi* 4, 93–118.
- Yücel, E., 1988. *Pinus nigra* var. *pallasiana* *pyramidata* Ormanı Milli Park Olmalıdır. *Tabiat ve İnsan* 22, 5–9.
- Zas, R., Cendán, C., Sampedro, L., 2013. Mediation of seed provisioning in the transmission of environmental maternal effects in Maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton). *Heredity* (Edinb) 111, 248–255.



Farklı arazi kullanım türü/örtüsü altındaki toprakların erozyon duyarlılıklarının değerlendirilmesi (Karataşbağı Deresi Havzası)

Meltem Tunca ¹, Ceyhun Göl ^{1*}

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Yönetimi Anabilim Dalı 18200, Çankırı, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 07/02/2025

Kabul Tarihi: 26/06/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1635440>

*Corresponding author:

drceyhungol@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Erozyon, tüm dünyada arazi degradasyonunun temel nedenidir. Yanlış ve aşırı arazi kullanımı ise erozyonun başlıca nedenidir. Erozyon riskinin belirlenmesine toprak erozyon duyarlılık indeksleri (erodibilite indeksleri) kullanılmaktadır.

Yöntemler araştırmada, Karataşbağı Deresi Havzasında yüzey toprakların Arazi

Kullanım Türü/Arazi Örtüsüne (AKT/AÖ) göre erozyon duyarlılıkları incelenmiştir. Havzadan grid yöntemine göre (200x200m), yüzey topraklarından (0-30 cm) alınan 45 adet örnekte bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve erodibilite indeksleri incelenmiştir.

Bulgular Aşınma duyarlılık analizleri sonuçlarına göre havza topraklarının erozyona karşı yüksek derecede duyarlıdır. Organik madde, hacim ağırlığı, kil ve dispersiyon oranı arasında yüksek düzeyde korelasyonlar bulunmuştur. Tüm bu toprak özellikleri yanında havzada verimli orman miktarı sadece %8 dir. Havzanın %56,2'si tarım, orman içi açıklık ve bozuk mera arazilerden oluşmaktadır.

Sonuçlar Havza toprakları erozyona karşı dirençsizdir. Havzada toprak koruma fonksiyonu yüksek bitki örtüsü (verimli orman veya mera vb.) yetersizdir. Bu nedenle havzada erozyon tehlikesi oldukça yüksektir. Havzada erozyon miktarını düşürmek için bitkilendirme, ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmalarına önem verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Arazi, erodibilite, sedimantasyon, Çankırı

The evaluation of erosion susceptibility of soils under different land use types/cover (Karataşbağı stream catchment)

ABSTRACT

Background and aims Erosion is the main cause of land degradation all over the world. Incorrect and excessive land use is the main cause of erosion. Soil erosion susceptibility indexes (erodibility indexes) are used to determine erosion risk.

Methods In this research, erosion susceptibilities of surface soils in the Karataşbağı Stream catchment were examined according to Land Use Type/Land Cover (LCT/LLT). Some physical and chemical analyses, and erodibility indices were examined in 45 samples taken from the surface soil (0-30 cm) from the basin according to the grid method (200x200m).

Methods Findings According to the results of erosion sensitivity analysis, it was determined that the basin soils are highly sensitive to erosion. High correlations were found between organic matter, bulk density, clay and dispersion ratio. In addition to all these soil properties, the amount of productive forest in the basin is only 8%. 56.2% of the basin consists of agricultural, forest clearings and degraded pasture lands.

Conclusions The catchment soils are not resistant to erosion. The soil protection function of the catchment is insufficient in the vegetation (productive forest or pasture etc.). Therefore, the erosion risk in the basin is quite high. To reduce the amount of erosion in the basin, importance should be given to planting, afforestation and rehabilitation works.

Key Words: Land, erodibility, sedimentation, Çankırı

Bu makaleye atıf:

Tunca, M., Göl, C., 2025. Farklı arazi kullanım türü/örtüsü altındaki toprakların erozyon duyarlılıklarının değerlendirilmesi (Karataşbağı Deresi Havzası). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 225-233.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Litosferin en dış tabakası olan toprağın, bulunduğu yerden aşınması, taşınması ve birikimi süreci erozyon olarak tanımlanır (İkiel ve ark., 2020). Çevre kirliliği, artan nüfus ve gıda ihtiyacı, iklim değişikliği, doğal afetler gibi birçok olumsuz gelişme tüm dünyada can ve mal kayıplarını zamansal ve mekânsal artışına neden olmaktadır. Karasal ekosistem hizmetlerinin yerine getirilebilmesi için temel faktör ise verimli ve üretken bir topraktır. Toprağın doğal oluşum sürecini değiştirmenin ve kaybedilmesi halinde yerine başka bir kaynağın kullanılamayacağı artık anlaşılmıştır (Celilov ve Dengiz, 2019). Erozyon arazi bozulumu, kuraklık, sel/taşkın, üretimde azalma, kıtlık, göç gibi birçok hidro-ekolojik ve sosyo-ekonomik sorunun altında yatan temel nedendir.

Dünya coğrafyasında münferit halde havzalar olduğu gibi; bir havza içerisinde birden çok alt havzaların olduğu farklı büyüklük ve şekillerde havzalarda mevcuttur. Havzalar hem doğal süreçlere hem de insan faaliyetlerine karşı açık sistemler olduğu için sürekli değişime uğramaktadır. Havzalardaki değişim ve gelişimler bazen havzaların ekolojik dengesine katkı sağlarken; çoğunlukla havzalardaki ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Havzaların sahip olduğu karakteristik özelliklerinin bilinmemesi veya doğru bir şekilde algılanmaması, aynı havza içerisinde olan kentsel ve kırsal alanların birbirlerinden bağımsız bir şekilde ele alınarak planlanması havzalardaki sorunların daha karmaşık bir hale gelmesine neden olmaktadır (Avcı, 2016; Özçelik ve ark., 2021). Su toplama havzaları tarım, orman, mera, yerleşim ve sanayi gibi birçok farklı arazi kullanım türü /örtüsüne konu olmaktadır. Bu durum kullanım türüne göre toprakların fiziko-kimyasal ve hidro-fiziksel özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Hatta öyle ki farklı orman kuruluş özellikleri dahi toprakların erozyon duyarlılıklarını farklı etkilemektedir. Bu noktada toprakların erozyona karşı korunabilmesi sadece mekanik (teras, malç, toprak işleme vb.) önlemlerle olmamaktadır. Bunun için toprakların erozyona uğrama duyarlılıkları da dikkate alınarak doğru yönetilmesi ve aşırı/yanlış kullanımlardan kaçınılması gerekmektedir. Bunun için toprakların tüm özelliklerini dikkate alan ve arazinin potansiyeline uygun sürdürülebilir arazi kullanım planlarının oluşturulması gerekmektedir. Günümüzde tarım, yerleşim, sanayi veya turizm amaçlı arazi kullanımına olan yüksek talep beraberinde aşırı ve yanlış kullanım miktarını artırmaktadır. Özellikle su toplama havzalarında su ve toprak kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için erozyonun önlenmesi büyük önem taşımaktadır. Erozyonla mücadelenin ilk ve en önemli amacı ise koruma/kullanma ilkesine bağlı arazi kullanım planlarının oluşturulmasıdır. Erodibilite indeksleri bu noktada toprakların hangi kullanım türü altında, hangi şiddette erozyon üretme potansiyeli olduklarının belirlenmesinde anahtar rol oynamaktadır (Sönmez ve ark., 2013; Sunkar ve Avcı, 2015).

Türkiye’de çölleşmenin (arazi bozulumu) temel nedeni kuraklık ve erozyondur (Madenoglu ve Erpul, 2018). Türkiye toprakları ekosistem özellikleri nedeni ile erozyon ve çölleşmeye yatkındır (Başaran, 2005). Türkiye çok farklı ekolojik özelliklere sahip bölgelerden oluşmaktadır. Bu nedenle toprakların erozyona duyarlılıkları da oldukça farklıdır (Celilov ve Dengiz, 2019). Özellikle yağış ve bitki örtüsünün yetersiz olduğu İç Anadolu Bölgesi toprakları erozyona karşı oldukça

hassastır. Aşırı ve yanlış arazi kullanımı, orman ve meraların tahribi sonucu bu bölgede erozyon riski çok daha yüksektir.

Erozyon tüm dünyada toprak kaynaklarımızın hızla tahrip olmasının temel nedenidir. Erozyon risk durumlarının belirlenmesine yönelik toprak duyarlılık indekslerinin (erodibilite indeksleri) kullanılması, özellikle erozyon araştırmalarında önemli yer teşkil etmektedirler. Erodibilite, toprağın erozyona karşı duyarlılığı veya dayanıklılığıdır. Toprağın erozyona duyarlılığı, yağış veya yüzey akışla toprağın parçalanmaya direnci veya yatkınlığıdır. Toprakların eko-hidrolojik özellikleri erozyon duyarlılığını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle arazi kullanım planlarının oluşturulmasında erozyon duyarlılık özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Aynı zamanda farklı arazi kullanım türü/örtüsü toprak eko-hidrolojik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Arazi kullanım türleri ve arazi bozulması özellikle dinamik toprak özelliklerini doğrudan etkilemekte toprak erozyon duyarlılığı ile çölleşme arasında etkileşim bulunmaktadır (Wu et al., 2014; FAO, 2015). Hangi toprağın hangi kullanıma tahsis edileceği, bu iki kriterin birlikte değerlendirilmesi ile belirlenmelidir. Böylece koruma/kullanma ve sürdürülebilirlik prensiplerine uygun arazi yönetimi sağlanacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Karataşbağı Deresi Havzasındaki yüzey topraklarının Arazi Kullanım Türü/Arazi Örtüsüne (AKT/AÖ) göre erozyon duyarlılıklarının değerlendirilmesidir. Ayrıca, havza topraklarının sürdürülebilir kullanımına yönelik öneriler sunmaktır.

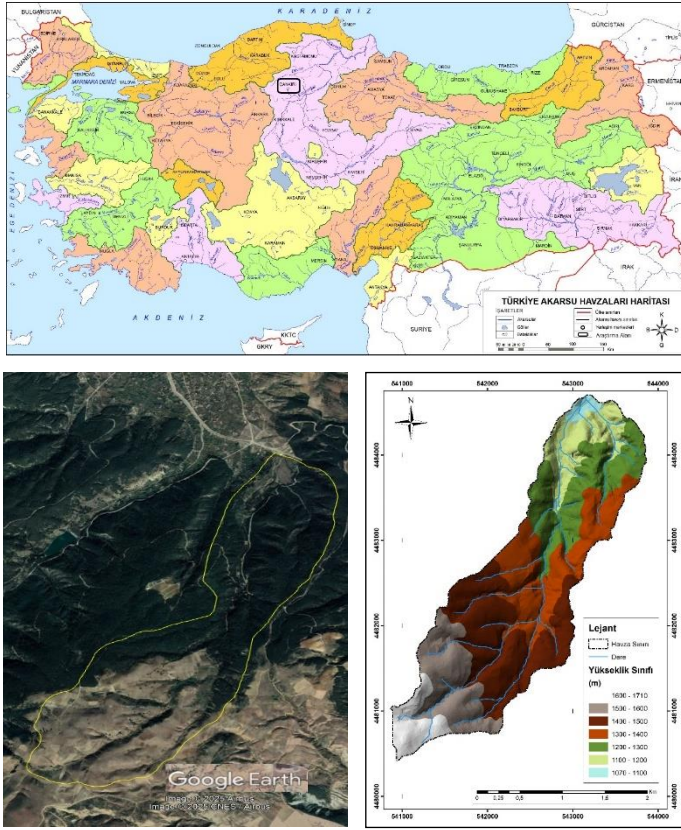
2. Materyal ve Yöntem

2.1 Araştırma alanının tanıtımı

Bu araştırma; Türkiye’nin İç Anadolu Bölgesinde bulunan Çankırı ili, Eldivan ilçesi ve 40°38’-40°20’N 33°36’-33°25’E koordinatlarında yer alan Karataşbağı Deresi Havzasında (2078.7 ha) yapılmıştır. Araştırma alanı doğu-batı baki grubuna sahiptir. Kırıklı arazi yapısına bağlı olarak diğer yöneylere sahip arazilerde bulunmaktadır. Havzanın sularını boşaltan bir ana dere ve buna bağlı kısa yan kolları mevcuttur. Havzanın drenaj desenini oluşturan çok sayıda mevsimlik veya geçici dere bulunmaktadır. Havzanın topografik yapısına uygun olarak ince uzun bir şekli bulunmaktadır (Şekil 1).

Havza, Türkiye’nin makro iklim bölgelerinden, İç Anadolu karasal kurak iklimi ile Batı Karadeniz nemli iklimi arasındaki geçiş bölgesinde bulunmaktadır. Araştırma alanına en yakın yerde bulunan Eldivan Meteoroloji İstasyonuna ait uzun dönem iklim verileri değerleri Çizelge 1’ de verilmiştir (Anonim, 2020).

Araştırma alanına ait iklim tipinin belirlenmesinde Thornthwaite ve Aydeniz yöntemleri kullanılmıştır (Aydeniz, 1985; Çepel, 1995; Özyuvacı, 1998). Thornthwaite yöntemine göre araştırma alanı C1B1sb2 simgeleri ile gösterilen “kurak-yarı nemli, mezotermal, kışın orta derecede su fazlası olan, denizel iklim etkisine yakın” bir iklim tipine sahip olduğu ortaya çıkmaktadır (Göl, 2002).



Şekil 1. Araştırma alanı yer bulduru haritası ve Google Earth görüntüsü

Aydeniz formülüne göre nemlilik katsayısı $N_{ks} = 1,19$ veya kuraklık katsayısı $K_{ks} = 0,84$ dir. Bu değerlere göre çalışma alanının nemlilik durumu “yarı kurak”, bitki örtüsü “çalı” olarak belirlenmiştir (MGM, 2025).

Araştırma alanı meşcere haritası incelendiğinde bozuk Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe ormanları, mera ile orman ve mera arazilerinden elde edilmiş tarım alanları bulunmaktadır. Havzanın %43,8'i orman, %56,2'si tarım, orman içi açıklık ve mera arazilerinden oluşmaktadır. Verimli orman miktarı ise sadece %8 dir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Eldivan Meteoroloji İstasyonu iklim verileri (Anonim, 2020)

Bilanço Elemanları	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ort. Sıcaklık (°C)	-0,5	1,2	3,8	10,0	13,8	18,2	21,2	22,4	17,1	11,0	5,2	0,8	10,4
Ort. Yüksek Sıcaklık (°C)	3,1	5,1	10,5	16,0	20,5	25,8	29,4	29,1	24,9	18,8	10,9	5,5	16,6
Ort. Düşük Sıcaklık (°C)	-4,6	-4,0	-1,3	3,9	7,8	11,9	14,1	13,7	10,1	6,4	1,3	-2,0	4,8
Ort. Yağış (mm)	52,3	31,9	44,3	63,9	53,6	43,1	25,2	30,4	25,5	32,6	46,2	51,9	500,9
Ort. Buharlaşma (mm)	-	-	-	58,8	118,9	156,2	208,7	201,6	135,7	68,0	12,1	-	80
Ort. Bağıl Nem (%)	79,9	73,7	65,4	59,5	59,6	56,9	50,0	47,7	50,1	61,7	75,2	79,6	63,0
En Hızlı Rüzgâr Yönü	SE	SE	SW	NE	NE	NE	SW	SW	S	SW	SW	SW	NE-SE
En Hızlı Rüzgâr (m/sn)	5,0	8,0	5,0	8,0	6,0	8,0	4,0	4,0	4,0	6,0	4,0	4,0	8,0

Yükselti: 930 m, Enlem: 40° 32' N, Boylam: 33° 30' E, Rasat Süresi: 1990-2020

Çizelge 2. Araştırma alanı AKT/AÖ dağılımı

AKT/AÖ	Alan	
	(ha)	(%)
Bozuk karaçam (B _{çk})	166,8	8,0
Karaçam (Ç _k)	743,4	35,8
Ziraat-Orman içi açıklık, mera	1168,5	56,2
Toplam	2078,7	100,0

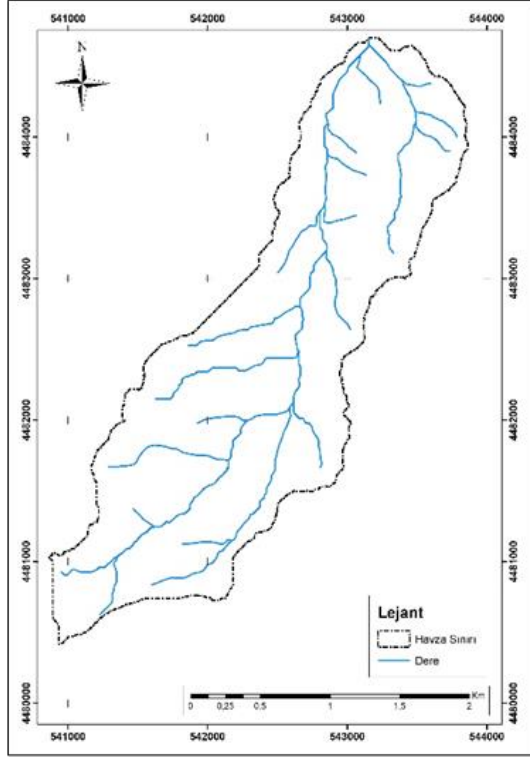
Havza oldukça yüksek eğimli ve kırıklı bir arazi yapısına sahiptir. Araştırma alanı 1070-1700m yükseltiler arasında değişmektedir (Şekil 3). Havzanın %74,6'sının eğimi %20 den fazla olan çok dik ve sarp arazilerden oluşmaktadır. Düz ve düze yakın araziler (%0-2) %4,7, orta eğimli (%5-20) araziler ise %20,7 dir (Çizelge 3; Şekil 3).

Çizelge 3. Araştırma alanı eğim grupları dağılımı

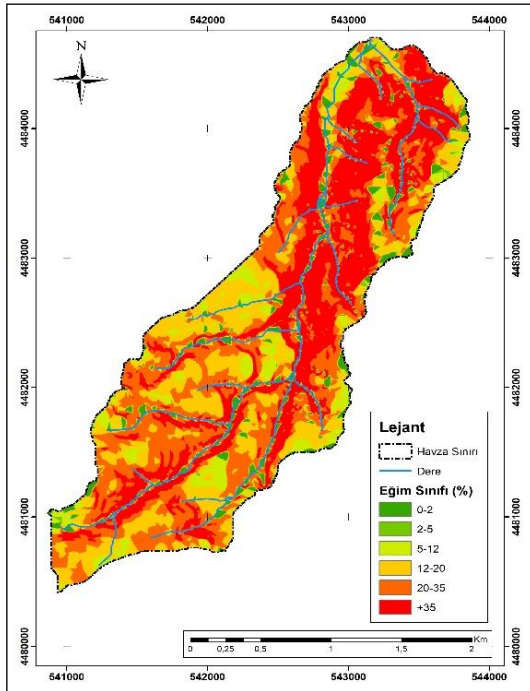
Eğim Sınıfı (%)	Alan (ha)	Oran (%)
0-5	97,1	4,7
5-10	154,4	7,4
10-15	155,7	7,5
15-20	119,7	5,8
20-30	393,8	18,9
30-45	468,6	22,5
45+	689,4	33,2
Toplam	2078,7	100,0

Havzanın AKT/AÖ incelendiğinde bozuk karaçam, mera ve tarım arazilerinden oluşmaktadır. Tarım arazileri orman ve mera arazilerinden açma yoluyla elde edilmiştir (Şekil 4). Havzanın yüksek kesimleri (Şekil 1) tarım ve mera arazi dağılımı yüksek iken, aşağı yükseltilerde orman varlığı artmaktadır. Bunun temel nedeni ise havzanın yukarı kesimlerinde yaylacılık ve

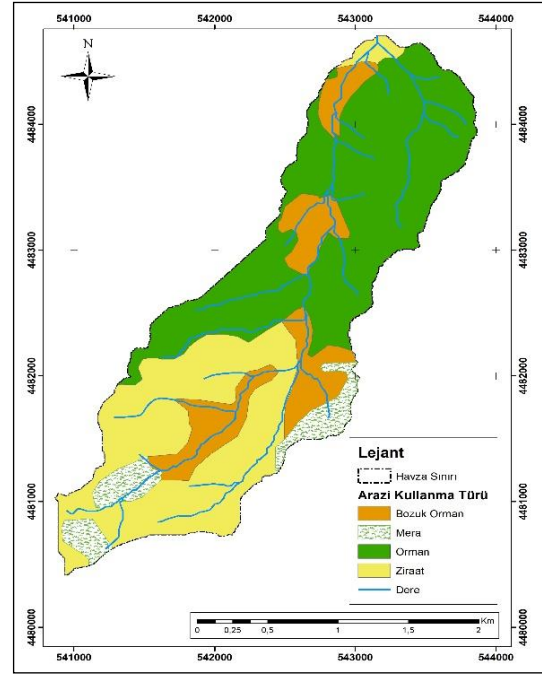
hayvancılık faaliyetleri yoğun şekilde devam etmektedir. Havzanın düşük rakımlı bölgeleri ağaçlandırma faaliyetlerine konu olmuş ve yoğun bir rekreasyonel kullanıma sunulmuştur. Havzanın bu bölümü antropojenik etkilerden korunmuştur. Bu nedenle orman varlığı gelişmiştir.



Şekil 2. Araştırma alanı drenaj haritası



Şekil 3. Araştırma alanı eğim dağılımı



Şekil 4. Araştırma alanı AKT/AÖ dağılımı

2.2 Araştırma alanı genel toprak özellikleri

Araştırma alanında topoğrafik ve jeolojik özellikleri, AKT/AÖ gibi faktörler dikkate alınarak toplam 45 noktada yüzey (0-30cm) toprak örnekleme yapılmıştır.

Araştırma alanı tarım arazilerinde açılan toprak çukuru (546328E, 4484080N) koordinatlarında yer almakta olup deniz seviyesinden 1026 m yüksekliktedir. Hafif düz ve düze yakın eğime sahip olan bu topraklar derin ve zayıf drenajlıdır. Topraklar tarım arazisi olarak kullanılmasının yanı sıra diğer bitki örtüsü olarak geven, yabancı otlar, çok nadir alıç, ardıç, üvez bulunmaktadır. Yüzey ve yüzeye yakın derinlikte bünye killi balçık iken, profilde kil oranındaki artış ile toprak türü 25cm' den sonra kile dönüşmektedir. Profil içerisindeki nemlilik kildeki bu artışa paralellik göstermekte, yüzey ve yüzeye yakın kısımlarda az, derinlikle artmaktadır. Toprak reaksiyonu hafif ve orta alkalın, tuzluluk yok, kireç miktarı profil içerisinde %11,1-18,0 arasında değişim göstermektedir. Organik Madde (OM) miktarı üst topraklarda orta (%2-4), alt topraklarda düşük (%1-2) seviyededir. Toprakların Suyu Dayanıklı Agregat (SDA) miktarı yüzeyde %54,59 iken bu oran alt topraklarda %86,52'lere yükselmektedir.

Araştırma alanı mera arazilerinden açılan toprak çukuru koordinatları 543498E, 4482294N ve 1390 m yüksekliktedir. Mera arazilerinde genellikle geven, baklagil ve buğdaygiller, çok nadir düzeyde bodurlaşmış ardıç, ahlut, alıç ve karaçam türleri bulunmaktadır. Topraklar ana materyale kadar killidir (%42-51). Yüzeyde kireç %5 dolaylarında olmasına karşın profil içerisinde (%5-6) değişim göstermektedir. Toprakların pH düzeyi hafif alkalın olup, tuzluluk problemleri yoktur. OM miktarı üst kısımlarda düşük (%2-3) iken alt topraklarda bu oran daha da (<%1) düşmektedir.

Orman alanı örnekleme noktası koordinatları 543526E, 4482262N, yükseltisi 1398 m dir. Arazi örtüsü orta kapalılıkta yaşlı ve genç bireylerden oluşan doğal karaçam ormanıdır. Topraklar killi balçık ve killi bünyeye sahiptir. OM yüzeyde çok

yüksek (%7-10) olup, derinlere doğru düşmektedir. Kil içeriği ve OM yüksek oluşu SDA yüzdesini arttırarak %95'lere çıkarmaktadır. Kil ve OM miktarlarına bağlı olarak yüzey topraklarının Hacim Ağırlığı (HA) oldukça düşük (%1-1.2) seviyededir. Topraklar çok kireçlidir (%17-35) dir.

2.3 Yöntem

Araştırma büro, arazi, laboratuvar ve değerlendirme çalışmaları olmak üzere dört aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada, iklim verileri, topografik ve jeolojik haritalar, meşcere haritaları (AKT/AÖ) ve iklim verileri değerlendirilmiştir. Ayrıca yöreyi kapsayan daha önce yapılmış araştırmalar incelenmiştir.

İkinci aşamada havzanın genel toprak özelliklerinin önemli düzeyde etkileyen bazı havza morfometrik (eğim, baki, yükselti ve bitki örtüsü ile AKT/AÖ) özellikleri belirlenmiştir. Bunun için topografik özelliklerin belirlenmesi amacıyla 1:25000 haritalar sayısallaştırılarak alanın Sayısal Yükselti Modeli (SYM) altlık haritaları oluşturulmuştur.

Üçüncü aşamada ön incelemeler, haritalar ve araştırmanın amacına uygun olarak araştırma alanları (birbirine komşu ve farklı AKT/AÖ) ve toprak örneklem noktaları belirlenmiştir. Havzadan grid yöntemine göre her 200x200m mesafeden ve 0-30 cm toprak derinliğinden alınan 45 adet toprak örneğinde Erozyon Oranı (EO), Dispersiyon Oranı (DO), Suyu Dayanıklı Agregat (SDA) (Cassel and Nielsen, 1986) stabilitesi belirlenerek havza topraklarının erozyona duyarlılıkları belirlenmiştir. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi laboratuvarlarında doğal yapısı bozulmuş toprak örneklerinde toprak türü (Gee and Bauder, 1986), SDA, Hacim Ağırlığı (HA) (Kemper and Rosenau, 1986), toprak reaksiyonu (pH) (Soil Survey Laboratory, 1999), kireç (CaCO_3) ve Organik Madde (OM) (Jackson, 1958) analizleri yapılmıştır. DO: Süspansiyonda disperse edilmeden ölçülen silt+kil % değerinin, mekanik analizde ölçülen silt+kil % değerine oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Çizelge 4), (Lal, 1988).

Çizelge 4. Dispersiyon oranı (DO) erozyon eğilimi

DO (%)	Erozyon Eğilimi
> 15	Erozyona Dayanıksız (Duyarlı)
< 15	Erozyona Dayanıklı (Duyarsız)

Son aşamada toprak özellikleri ve arazi kullanım türleri dikkate alınarak havza topraklarının erozyon durumu değerlendirilmiştir. Bunun için havza toprak özelliklerinin bazı tanımlayıcı istatistikleri ve korelasyon analizleri yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1 Havza yüzey topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Araştırma alanında toprakların büyük bölümü Kumlu Balçık (KB) özellik göstermiştir. Orman arazileri yüzey topraklarında Kil (K) miktarı yüksek çıkmıştır.

Havza toprakları iskelet miktarı orta ve yüksek (%12-81) arasında değişim göstermiştir. Tarım topraklarında orta (%19-67), mera topraklarında orta (%18-63) ve orman topraklarına orta ve yüksek (%12-81) miktarda iskelet belirlenmiştir.

Araştırma alanı yüzey topraklarının iskelet miktarları arasında istatistiksel bakımdan ($p < 0.05$) önemli fark olmadığı görülmüştür (Çizelge 5).

Araştırma alanı yüzey toprakları hacim ağırlıkları (HA) 0,97-1,35 gr.cm^{-3} arasında değişim göstermiştir. Tarım toprakları HA 1,09-1,35 gr.cm^{-3} arasında, ortalama 1,23 gr.cm^{-3} , ormanda 0,97-1,30 gr.cm^{-3} arasında, ortalama 1,13 gr.cm^{-3} , merada 0,98-1,32 gr.cm^{-3} arasında, ortalama 1,16 gr.cm^{-3} özellik göstermiştir (Çizelge 5). (Çizelge 5).

Araştırma alanı toprak reaksiyonları (pH) 6,6-8,8 arasındadır. Buna göre bazı bölge toprakları hafif asit, diğer bazı bölgeler ise orta alkali özelliktedir. Tarım toprakları pH 6,6-8,8, orman toprakları 6,7-8,1, mera toprakları ise 6,7-7,8 arasındadır. Ortalama değerler bakımından tarım, orman ve mera toprakları sırasıyla pH 7,56, 7,49 ve 7,35 dir. Toprakların pH değerleri arasında AKT/AÖ'ye göre istatistiksel bakımdan önemli ($p < 0,05$) fark yoktur (Çizelge 5).

Elektriksel iletkenlik (EC) ortalama değerleri tarım, orman ve mera yüzey toprakları sırasıyla 1,86, 1,66 ve 1,68 dS.cm^{-1} olarak ölçülmüştür. Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri arasında istatistiksel bakımdan önemli ($p < 0.05$) düzeyinde fark yoktur. Araştırma alanı yüzey topraklarının kireç (CaCO_3) (toplam kalsiyum karbonat) miktarları en düşük %2,23 ve en yüksek %18 olarak ölçülmüştür. Ortalama kireç miktarları tarım %7,81, orman %9,98 ve merada %5,91 olarak belirlenmiştir. AKT/AÖ türüne göre orman ve mera toprakları kireç miktarları istatistiksel bakımdan önemli ($p < 0,05$) düzeyinde farklı, diğer kullanım türleri arasında ise istatistiksel bakımdan önemli düzeyde farklı değildir (Çizelge 5).

Araştırma alanı yüzey toprakları organik madde (OM) miktarları en düşük %0,33 tarım ve en yüksek %10,12 orman alanlarında belirlenmiştir. Ortalama OM miktarları tarım %1,16, orman %6,25 ve merada ise %3,05 dir (Çizelge 5).

3.2 Havza yüzey topraklarının erozyon duyarlılıkları

Havza yüzey toprakları erozyon duyarlılıklarını etkileyen fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Diğer taraftan bazı erodibilite indekslerine göre toprakların erozyon duyarlılıkları değerlendirilmiştir.

Havza yüzey toprakları genel olarak orta bünyeli (Kumlu Balçık (KB) olarak belirlenmiştir. Orman arazileri toprakları ise diğer arazi kullanım türlerine göre ağır bünyeli (Kil (K)) dir. Araştırma alanı yüzey topraklarının tane dağılımı özellikleri bakımından kum miktarı arasında farklılıklar istatistiksel bakımdan ($p < 0,05$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Tarım ve mera toprakları kum miktarları arasındaki fark istatistiksel bakımdan önemlidir (Çizelge 5).

Genel olarak orman topraklarının HA değerleri daha düşüktür. HA değerleri bakımından tarım ve orman toprakları arasında istatistiksel bakımdan ($p < 0,05$) düzeyinde fark var, tarım-mera ve orman-mera toprakları arasında istatistiksel bakımdan önemli düzeyde fark olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çalışma alanının yüzey toprak örneklerine ait SDA değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Bu değerlere bakıldığında havza topraklarının SDA oranları %32,64-86,52 arasında değişim göstermiştir. En yüksek (%86,52) SDA orman topraklarında, en düşük ise %32,64 ile tarım topraklarında ölçülmüştür. Araştırma alanı yüzey topraklarının SDA oranları arasında istatistiksel

bakımdan ($p<0,05$) düzeyinde önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Her üç AKT/AÖ topraklarının SDA miktarları birbirinden farklı özellik göstermiştir (Çizelge 5).

Havza topraklarının AKT/AÖ durumuna göre DO değerleri %12-51 arasında değişim göstermiştir. DO en yüksek (%51) tarım yüzey topraklarında, en düşük (%12) orman topraklarında tespit edilmiştir. Ortalama DO değerleri tarım topraklarında %36,26, orman topraklarında %19,13 ve mera topraklarında %32,13 olarak belirlenmiştir. Havza yüzey topraklarının ortalama DO değeri incelendiğinde genel olarak erozyona karşı duyarlıdır. Tarım ve mera topraklarının DO değerleri arasında istatistiksel bakımdan önemli düzeyde fark yokken, orman ile tarım ve orman ile mera toprakları arasında istatistiksel bakımdan fark ($p<0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 5).

Yüzey toprakları OM miktarları AKT/AÖ'ne göre istatistiksel bakımdan önemli düzeyde ($p<0,05$) farklıdır (Çizelge 5).

4. Araştırma alanı yüzey toprakları özellikleri arasındaki korelasyonlar

Araştırma alanı yüzey toprakları bazı analiz sonuçlarının korelasyon analizi sonucunda kil ile SDA arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişki vardır. Toprakların kum miktarı ile iskelet miktarı arasında pozitif, SDA arasında ise negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. SDA ile HA, DO ve OM arasında pozitif yönlü, DO ile kireç miktarı ve OM arasında negatif yönlü ilişki olduğu saptanmıştır. Toprak reaksiyonu (pH) ile kireç miktarı arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır (Çizelge 6).

Çizelge 5. Havza yüzey topraklarının AKT/AÖ'ne göre tanımlayıcı istatistikleri

Toprak Özelliği	n	AKT/AÖ			F	P
		Tarım Ort. $\pm$ SS	Orman Ort. $\pm$ SS	Mera Ort. $\pm$ SS		
Kil (%)	45	35,02 $\pm$ 7,75	39,93 $\pm$ 10,71	41,80 $\pm$ 7,76	2,360	0,11**
Toz (%)	45	29,06 $\pm$ 5,31	29,46 $\pm$ 8,09	30,73 $\pm$ 7,27	0,232	0,79**
Kum (%)	45	35,86 $\pm$ 8,29b	30,62 $\pm$ 10,95ab	27,41 $\pm$ 3,81a	4,045	0,02**
İskelet (%)	45	42,93 $\pm$ 15,91	37,09 $\pm$ 21,71	30,21 $\pm$ 12,51	2,070	0,13**
SDA (%)	45	46,24 $\pm$ 8,15a	69,07 $\pm$ 9,44c	58,11 $\pm$ 10,04b	22,87	0,00*
HA (gr.cm ⁻³)	45	1,23 $\pm$ 0,08b	1,13 $\pm$ 0,07a	1,16 $\pm$ 0,09ab	5,370	0,00*
DO (%)	45	36,26 $\pm$ 8,79b	19,13 $\pm$ 5,31a	32,13 $\pm$ 7,56b	22,08	0,00*
pH	45	7,56 $\pm$ 0,56	7,49 $\pm$ 0,48	7,35 $\pm$ 0,44	0,660	0,52**
EC (dS.cm ⁻¹)	45	1,86 $\pm$ 0,68	1,66 $\pm$ 0,63	1,68 $\pm$ 0,36	0,506	0,61**
Kireç (%)	45	7,81 $\pm$ 3,94ab	9,98 $\pm$ 4,71b	5,91 $\pm$ 3,21a	3,880	0,03**
OM (%)	45	1,16 $\pm$ 0,55a	6,25 $\pm$ 1,99c	3,05 $\pm$ 1,08b	54,580	0,00*

Not: a<b<c, * $p<0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli, ** $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli, n-örnek sayısı, Ort.-ortalama, SS- standart sapma

Çizelge 6. Toprak özelliklerine ait Pearson korelasyon sonuçları (n:45)

Toprak Özelliği		Kil	Toz	Kum	İskelet	SDA	HA	DO	pH	EC	Kireç	OM
Kil	r	1	-0,420**	-0,707**	-0,667**	0,533**	-0,133	-0,018	0,029	0,177	-0,13	0,230
	p		0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,385	0,907	0,848	0,245	0,933	0,128
Toz	r		1	-0,345*	-0,035	-0,180	-0,137	-0,073	0,278	-0,287	0,097	0,026
	p			0,020	0,818	0,238	0,369	0,636	0,064	0,056	0,524	0,865
Kum	r			1	0,717**	-0,408**	0,240	0,074	-0,247	0,033	-0,59	-0,256
	p				<0,001	0,005	0,113	0,627	0,101	0,832	0,699	0,089
İskelet	r				1	-0,283	0,163	0,095	-0,085	0,135	-0,057	-0,135
	p					0,060	0,286	0,536	0,580	0,376	0,708	0,375
SDA	r					1	-0,327**	-0,522**	-0,048	0,005	0,083	0,651**
	p						0,028	<0,001	0,755	0,973	0,586	<0,001
HA	r						1	0,180	0,040	0,175	-0,015	-0,555**
	p							0,237	0,795	0,249	0,921	<0,001
DO	r							1	-0,265	0,239	-0,343**	-0,515**
	p								0,078	0,114	0,021	<0,001
pH	r								1	-068	0,442**	-0,025
	p									0,656	0,002	0,872
EC	r									1	-0,121	-0,077
	p										0,428	0,616
OM	r											1

* $p<0,01$, ** $p<0,05$, r- Pearson korelasyon katsayısı

5. Tartışma ve Sonuç

Türkiye genelinde olduğu gibi araştırma havzasında da mera ve ormanlık arazileri aşırı/yanlış kullanımdan en fazla etkilenen alanlardır. Özellikle mera arazilerinde aşırı otlatma vejetasyonun tahribine neden olmaktadır. Mera ve ormanlardan tarla açma sorunu ise erozyon ve arazi bozulumunun temel nedenidir.

Tarım arazilerinde birim alanda verimin artırılması (akıllı ve modern tarım uygulamaları) temel politika olmalıdır. Türkiye’de, tarım alanlarının genişletilmesi özellikle de mera ve ormandan (marjinal araziler) yapılan açmalar arazi bozulumuna neden olmaktadır (Göl ve Dengiz, 2007; Bayramın ve ark. 2008; Korkanç ve ark., 2008).

Bu çalışmada yarı kurak bir ekosistemde aynı havza içerisinde bulunan komşu tarım, orman ve mera yüzey topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

Ayrıca toprakların erozyona direnç veya yatkinliğini ifade eden erodibilite indeksleri hesaplanmıştır. Balcı (1965)'de kurak ve yarı kurak bölge topraklarının erozyona karşı daha hassas olduğunu belirtmiştir. Toprakların organik madde bakımından fakir, koruyucu bitki örtüsünün ve toprak gelişiminin yetersiz olduğunu ifade etmiştir. Toprak erozyon duyarlılığı, toprak kayıplarının tahmin edilmesinde ve kontrol önlemlerinin uygulanmasında önemli bir parametredir (Meyer and Moldenhauer, 1985; Römkens, 2010; Wang et al., 2013).

Araştırma sonuçları, benzer ekolojik koşullarda olmalarına rağmen AKT/AÖ'nün genel toprak özelliklerini ve erozyona duyarlılıklarını (erodibilite) doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur. Orman topraklarının olumlu fiziksel ve kimyasal özellikleri diğer arazi kullanım türlerine göre toprakların erozyona dirençliliğini yükseltmektedir. Bu durum orman yüzey topraklarında aşınma ve taşınma miktarını düşürmektedir. Toprağın aşınabilirliği, arazinin jeomorfolojik özelliklerine ve AKT/AÖ durumuna bağlı olarak değişmektedir.

Havza genel toprak türü orta bünyelidir. Arazi kullanım türüne göre ise orman topraklarının ağır bünyeli olduğu belirlenmiştir. Kil minerallerinin hakim olduğu toprakların infiltrasyon kapasitesi ve agregat kapasitesi çok düşük ve buna karşılık erodibilitesi yüksektir.

Bir toprağın SDA, toprağın erozyona mukavemeti ile doğrudan ilişkili olması nedeniyle önemlidir (Middleton, 1930; Lal, 1988). Toprağın erozyona duyarlılığını tahmin etmek için agregat stabilitesinin kullanılması çeşitli araştırmacılarca önerilmiştir (Barthes ve Roose, 2002; Le Bissonnais ve ark., 2007). Havzada en düşük SDA tarım topraklarında belirlenmiştir. Bunun nedeni toprakların sürekli olarak yoğun tarla trafiğine maruz kalmaları sonucu doğal agregatların parçalanmasıdır. Diğer taraftan tarım topraklarında organik madde miktarı düşük olduğu için aggratlaşma düşüktür. Kantarcı (1980)'de organik maddelerin toprağın üst kısmında agregatların oluşumu üzerinde kuvvetli bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca uzun süreli organik gübreleme ile büyük agregatların (> 0,5 mm) oranının artacağını bildirmiştir.

Mera toprakları SDA değerleri tarım topraklarına göre daha yüksek ölçülmüştür. Bunun en önemli sebebi bu toprakların yüzeyinin mera bitki örtüsü ile kaplı olmalarının yanı sıra agregatların sürekli deforme olmasına neden olacak herhangi bir etkenin olmamasıdır. Orman ve mera arazilerinin toprakların SDA değerleri ise birbirine yakın olarak belirlenmiştir. Araştırma alanı içerisinde en yüksek SDA kapasitesi orman yüzey topraklarında belirlenmiştir. Madenoğlu ve Erpul (2008)'de toprak işlemenin toprakların fiziksel yapısını ve tane dağılımını olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Buna bağlı olarak toprak verimliliğinin ve erozyon duyarlılığının düştüğünün ifade etmiştir. Bunun temel nedeni ise orman altında bulunan ölü örtü ayrışma ürünlerinin çimentolayıcı etkisidir. Havza toprakların erozyona yatkin olması nedeniyle mevcut bitki örtüsü mutlaka korunmalı veya geliştirilmelidir.

Dispersiyon oranı %15'ten küçük olan topraklar erozyona karşı dayanıklıdır. Dispersiyon oranı %15'ten büyük olan topraklar ise erozyona karşı dayanıksız belirtilmektedir (Bryan, 1968). Dispersiyon oranları (DO) sınır değerlerine bakıldığında, her üç AKT/AÖ arazilerinde topraklar erozyona karşı dirençsizdir. Dispersiyon oranı (DO) indeksi, topraktaki doğal agregatların su ile temas ettiğinde çözülme (dispersleşme) derecesini gösteren bir göstergedir. Eğer topraktaki en küçük

boyuta sahip agregatlar dahi suya dayanıklı ise toprak erozyona dirençli olmaktadır. DO toprakların erozyona karşı duyarlılığını doğrudan etkilemektedir (Balcı ve Özyuvacı, 1974; Lal, 1988). DO düşük olduğu bölgelerde OM, SDA ve kil miktarı yüksek, HA ise düşüktür (Göl, 2009; Göl ve Mevrük, 2022). Tarım topraklarında organik madde ve erozyona dayanıklılığın düşük olduğu görülmüştür. Arazi kullanım şeklinin toprak girdi madde miktar ve kalitesini, ayrışma oranlarını değiştirmesi nedeniyle toprak organik madde içeriğini etkileyen en önemli faktör olduğu bilinmektedir (Amador et al, 2000).

Bu araştırmada, Karataşbağı Deresi Havzası topraklarında AKT/AÖ ile bazı erozyon duyarlılık indeksleri arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Toprak erozyon duyarlılığı genellikle toprakların aşınma ve taşınmaya duyarlılığı olarak kabul edilmektedir (Lal, 1991). Elde edilen sonuçlar, havza topraklarının erozyona karşı hassas olduğunu göstermiştir. Bu durum mevcut bitki örtüsünün korunması ve geliştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur. Havza topraklarının yağışlara karşı bitki örtüsü bırakılması durumunda erozyonla taşınacak toprak miktarı artacaktır. Orman topraklarının erozivitesi nispeten daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni ise yüksek organik madde miktarına bağlı olduğu düşünülmektedir. Tarım toprakları sürekli ve aşırı işleme nedeni ile erozyona karşı daha duyarlı olarak belirlenmiştir. Yüksek ve Özçelik (2002) çalışmalarında aşırı ve yanlış arazi kullanımının toprakların fiziksel, kimyasal ve özellikle hidrolojik özelliklerini olumsuz etkilediğini ortaya koymuşlardır. Yarı kurak bölgelerde toprak işleme ve otlatmanın toprak özelliklerini olumsuz etkilediğini göstermiştir. Madenoğlu ve Erpul (2008)'de yürüttükleri çalışmada bitki örtüsünün yoğun olduğu mera arazilerinde organik maddenin, sürekli işlenen tarım arazilerinden daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte ağaçlandırma çalışmaları başarı ile sürdürülmesi ve yüzey toprak özellikleri korunması gerekmektedir (Göl and Ediş, 2017; Yazıcı ve Turan, 2016). Balcı ve ark. (1984) çalışmalarında doğal yapısı korunmuş alanların ve ormanları toprak ve su korumadaki üstün yönlerini işaret etmişlerdir.

Toprak özellikleri korelasyon ilişkileri incelendiğinde erozyon duyarlılığını doğrudan etkileyen özellikler arasında pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. Erozyon duyarlılığını doğrudan etkileyen SDA ile toprak türü arasında pozitif ilişki vardır. Toprakların kireç ve OM miktarı ile DO arasında negatif ilişki bulunmuştur. Buna bağlı olarak özellikle OM miktarını artırıcı önlemler alınması gerekmektedir. SDA ile HA, DO ve OM arasında pozitif yönlü ilişki bulunmaktadır. SDA miktarı arttıkça toprakların erozyona dayanıklılığı yükselmektedir. Bu durumda yüzey topraklarında HA ve OM oranlarını yükseltici önlemler alınmalıdır.

Araştırma bulguları, eğim, bakı, yükselti, AKT/AÖ dağılımı ve toprak özellikleri birlikte değerlendirildiğinde Karataşbağı deresi havzası topraklarının erozyona yatkin özellik gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumda mevcut bitki örtüsü korunurken, doğal alanlarda rehabilitasyon ve bitkilendirmeye önem verilmelidir. Tarım arazilerinde gerekli toprak ve su koruma önlemleri alınmalıdır. Mera arazilerinde ise otlatmayı düzenleyici amenajman ve gerekli bölgelerde mera ıslah çalışmaları yürütülmelidir.

Teşekkür

Bu araştırma TÜBİTAK 2209-A 1919B012304666 No.lu Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Amador, J.A., Wang, Y., Savin, M.C., Görres, J.H., 2000. Fine-scale spatial variability of physical and biological soil properties in Kingston, Rhode Island. *Geoderma* 98, 83-94.
- Anonim, 2011. Eldivan Meteoroloji İstasyonu iklim verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Anonim, 2020. Eldivan Meteoroloji İstasyonu iklim verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Avcı, V., 2016. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Gökdere Havzası ve çevresinin (Bingöl) erozyon duyarlılık analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 26, 170-193.
- Aydeniz, A., 1985 Toprak Amenajmanı. A.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları A.Ü. Yayın No: 928 ders kitabı No: 263 Ankara.
- Balcı, A. N. Özyuvacı, N., Özhan S., 1984. Su kaynaklarının geliştirilmesi ve korunmasında orman ekosistemlerinin rolü, Belgrad Ormanı, Ortadere Eş-Havza Araştırma Projesi Örneği. TÜBİTAK Ulusal Çevre Sem pozyumu 12-15 Kasım, Ankara.
- Balcı, A.N., 1965. Kurak ve Nemli İklim Şartlarında Gelişmiş Bazı Orman Topraklarının Erodibilite Karakteristikleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 248, (2402), 1978.
- Balcı, N., Özyuvacı, N., 1974. Türkiye'nin iki farklı bölgesinde yer alan topraklarda erozyon eğiliminin ana materyal, bakı, arazi kullanma şekli ve örnekleme derinliğine bağlı olarak değişimi. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A(2), 79-107.
- Barthes, B., Roose, E., 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena*, 47, 133-149.
- Başaran, M., 2005. Arazi kullanımındaki değişimlerin toprak erozyonu üzerine etkisi: Çankırı ili İndağı Bölgesi örnek çalışması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bayramin, İ., Başaran, M., Erpul, G. and Çanga M.R., 2008. Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 140, 249-265.
- Bryan, R.B., 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma*, 2, 2-25.
- Cassel, D.K., Nielsen, D.R., 1986. Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods-Agronomy Monograph No.9 (2nd edition) American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, USA.
- Celilov, C., Dengiz, O., 2019. Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz Milli Park Toprakları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(3), 242-256.
- Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi. İ. Ü. Orman Fak. Yayınları, İ.Ü.Y.N: 3518, O.F.Y.N: 399, ISBN: 975-404-061-3, İstanbul.
- FAO, 2015. Status of the World's Soil Resources. Main Report.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. pp. 383-409, in A. Klute, ed., *Methods of Soil Analysis, Part I*, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Göl, C., 2002. Çankırı Eldivan yöresinde arazi kullanım türleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara. (Yayınlanmamış).
- Göl, C., 2009. The effects of land use change on soil properties and organic carbon at Dagdamı river catchment in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 30(5), 825-830.
- Göl, C., Dengiz, O., 2007. Çankırı-Eldivan Karataşbağı Deresi havza arazi kullanım-arazi örtüsündeki değişim ve toprak özellikleri. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 86-97.
- Göl, C., Ediş, S., 2017. Land use effects on soil physical properties in semiarid region of Turkey. *International Symposium on New Horizons in Forestry*, 261-266.
- Göl, C., Mevrük, S., 2022. Assessing amount of soil organic carbon and some soil properties under different land uses in a semi-arid region of northern Türkiye. *Turkish Journal of Forestry*, 23(4), 268-277.
- İkiel, C., Ustaoglu, B., Koç, D.E., 2020. Trakya Yarımadası'nda erozyon duyarlılık analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 4, 1-14.
- Jackson, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis*, Pretence Hall Inc., Angewood Cliffs, USA.
- Kantarci, M.D., 1980. Belgrad ormanı toprak tipleri ve orman yetiştirme ortamı birimlerinin haritalanması üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fak. İ.Ü. Yayın No: 2636, Fak. No: 275, İstanbul.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A. Ed., *Methods of soil analysis. Part 1. Agronomy Monograph 9. 2nd ed.*, Madison, Wisconsin, 425-442.
- Korkanç, S.Y., Özyuvacı, N., Hizal A., 2008. Impacts of land use conversion on soil properties and soil erodibility. *Journal of Environmental Biology*, 29(3), 363-370.
- Lal, R., 1988. Soil erosion research methods. *Soil and Water Conservation Society*, Netherland.
- Lal, R., 1991. Soil erosion research methods. Science Press, Beijing (236 pp., in Chinese).
- Le Bissonnais, Y., Bruand, A., Jamagne, M., 2007. Laboratory experimental study of soil crusting: Relations between aggregate breakdown mechanisms and crust structure. *Catena*, 16, 377-392.
- Madenoglu, S., Erpul, G. 2018. Yarı kurak bölgelerde farklı arazi kullanımlarında toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi, Özel Sayı, 484-493.
- Meyer, L.D., Moldenhauer, W.C., 1985. Soil erosion by water: the research experience. *Agricultural History* 59, 192-204.
- MGM, 2025. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.mgm.gov.tr/files/iklim/yayinlar/iklim_siniflandirmalari.pdf](https://efaidnbmnnnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.mgm.gov.tr/files/iklim/yayinlar/iklim_siniflandirmalari.pdf) (Erişim Tarihi: 17.06.2025).
- Middleton, H.E. 1930. Properties of soils which influence erosion. *USDA Technical Bulletin N.J . USA.* 178, 1-16.
- Özçelik, A.E., Yüksek, T., Yüksek, F. & Verep, B., 2021. Havza ve arazi karakteristiklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

- yardımla değerlendirilmesi: Pazar Hemşin Deresi Havzası örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(2), 252-260.
- Römkens, M.J.M., 2010. Erosion and sedimentation research in agricultural watersheds in the USA: from past to present and beyond. In: Banasik, K., Horowitz, A.J., Owens, P.N., Stone, M., Walling, D.E. (Eds.), *Sediment Dynamics for a Changing Future*, 337. IAHS Publication, pp. 17-26.
- Soil Survey Staff, 1999. *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for making and Interpreting Soil Survey*. U.S.D.A. Handbook No: 436, Washington D.C.
- Sönmez, M.E., Çelik, M.A., Seven, M., 2013. Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yardımıyla Kilis Merkez ilçesinin erozyon risk alanlarının belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 1-21.
- Sunkar, M., Avcı, V., 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) ile Hasret Dağı ve çevresinin (Elazığ) erozyon duyarlılık analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 13(1), 17-40.
- Wang, B., Zheng, F., Römkens, J.M.M., Darboux, F., 2013. Soil erodibility for water erosion: A perspective and Chinese experiences. *Geomorphology*, 187, 1-10.
- Wu Q, Flanagan DC, Huang C., 2014. Estimation of USLE K-values with a Process-based Approach. A Report to the USDA-Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Research & Laboratory, Lincoln, Nebraska, from the USDA-Agricultural Research Service, National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana.
- Yazıcı, N., Turan, A., 2016. "Effect of Forestry Afforestation on Some Soil Properties A Case Study from Turkey," *Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 25, no. 7, pp. 2509–2514.
- Yüksek, T., Özçelik, A.E., 2022. Kireçhane Havzası çay topraklarının erozyon eğilimlerinin belirlenmesi. *Lap Lambert Academic Publishing, Chisinau*. pp.56.



Is *Macrophomina phaseolina* an emerging threat in Turkish forest nurseries?

Aleyne Çelik ¹, Funda Oskay ^{1*}

¹Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Uluyazı Campus, 18100, Çankırı, Türkiye

ARTICLE INFO

Received: 15/05/2025

Accepted: 26/06/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1700023>

*Corresponding author:

fundaoskay@karatekin.edu.tr

ABSTRACT

Research Article

Background and Aims *Macrophomina phaseolina* is a globally significant soil-borne pathogen known for its wide host range and persistence under adverse conditions. This study reports a notable outbreak of *M. phaseolina* in a forest nursery in Osmaniye, southeastern Türkiye, with implications not only for seedling health and nursery management but also for field plantations, as the pathogen can be carried from nursery stock to planting sites.

Methods Healthy-looking, symptomatic and dead *Pinus brutia* and *Pinus pinea* seedlings were

sampled from the nursery. Fungi were isolated from roots and stems of the seedlings. Isolates were identified morphologically and confirmed by ITS sequencing.

Results *M. phaseolina* was isolated from 50.4% of the seedlings, with higher frequencies in *P. pinea* (65.0%) compared to *P. brutia* (40.5%). Isolation rates were highest in dead seedlings (61.8%), followed by symptomatic ones (56.0%). Notably, the fungus was isolated from 62.9% of healthy-looking *P. pinea* seedlings, indicating widespread latent infections and a risk of undetected pathogen presence in asymptomatic nursery stock.

Conclusion The high isolation frequency and detection in asymptomatic seedlings signal *M. phaseolina* as an emerging threat to Turkish forest nurseries and raise concerns about nursery-to-field carryover and long-term impacts on plantation success. This aligns with recent global observations linking climate change to the rising prevalence of thermotolerant pathogens such as *M. phaseolina*. Considering its broad host range, persistence in soil and climate adaptability, *M. phaseolina* warrants increased attention in forest nurseries. To reduce potential losses in forest nurseries and mitigate nursery-to-field carryover risks, integrated disease monitoring and adaptive nursery practices are essential.

Key Words: Charcoal root rot, climate change, emerging forest pathogens, soilborne pathogens, forest nursery diseases

Macrophomina phaseolina Türkiye orman fidanlıklarında yükselen bir tehdit mi?

ÖZ

Giriş ve Amaçlar *Macrophomina phaseolina*, geniş konukçu yelpazesi ve olumsuz çevre koşullarına karşı dayanıklılığı ile bilinen, küresel ölçekte önemli bir toprak kökenli patojendir. Bu çalışma, Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan Osmaniye orman fidanlığında *M. phaseolina*'nın neden olduğu bir salgını rapor etmekte ve bu patojenin yalnızca fidan sağlığı ve fidanlık yönetimi açısından değil, aynı zamanda fidanlıklardan plantasyon sahalarına taşınabilme riski nedeniyle sahadaki ağaçlandırmalar açısından da önemli sonuçlar doğurabileceğini vurgulamaktadır.

Yöntemler Sağlıklı görünümlü, semptomatik ve ölü *Pinus brutia* ve *Pinus pinea* fidanları örneklenmiş ve fidanların kök ve gövde dokularından fungal izolasyonlar yapılmıştır. Elde edilen izolatlar morfolojik olarak tanımlanmış ve ITS dizi analizleri ile teşhis doğrulanmıştır.

Bulgular *M. phaseolina* fidanların %50,4'ünden izole edilmiştir; bu oran *P. pinea*'da %65,0 ile *P. brutia*'ya kıyasla (%40,5) daha yüksektir. İzolasyon sıklığı ölü fidanlarda %61,8, semptomatik fidanlarda %56,0'dır. Fungusun, asimptomatik *P. pinea* fidanlarından izolasyon sıklığı %62,9 olup, bu durum latent enfeksiyonların yaygın olduğunu ve asimptomatik fidanlarda patojenin fark edilmeden taşınma riskinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Sonuç *M. phaseolina*'nın yüksek izolasyon sıklığı ve asimptomatik fidanlardaki varlığı, bu patojenin Türkiye orman fidanlıklarında yükselen bir tehdit olabileceğine işaret etmekte ve fidanlıktan sahaya taşınma riski ve plantasyon başarısı üzerinde olası uzun vadeli etkileri konusunda ciddi kaygılar doğurmaktadır. Bu bulgular, *M. phaseolina* gibi termotolerant patojenlerin iklim değişikliğiyle birlikte artan yaygınlığına dair küresel gözlemlerle örtüşmektedir. Geniş konukçu yelpazesi, toprakta kalıcılığı ve iklim uyumu göz önüne alındığında, *M. phaseolina* orman fidanlıklarında daha fazla dikkat edilmesi gereken bir patojen olarak ön plana çıkmaktadır. Olası kayıpları azaltmak ve sahaya taşınma riskini en aza indirmek için entegre hastalık izleme sistemleri ve iklime uyarlanmış fidanlık uygulamaları büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kömür çürüklüğü, iklim değişikliği, yeni ortaya çıkan orman patojenleri, toprak kökenli patojenler, orman fidanlığı hastalıkları

Citing this article:

Çelik, A., Oskay, F., 2025. Is *Macrophomina phaseolina* an emerging threat in Turkish forest nurseries?. Anatolian Journal of Forest Research, 11(1), 234-242.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Introduction

The warm-climate pathogen *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. (Botryosphaeriaceae) is a primarily soil-borne opportunistic plant pathogen present all over the world, affecting more than eight hundred herbaceous and woody plants in nurseries, field or in the wild (Khan and Javaid, 2023). It causes diseases such as stem and root rot, dry root rot, charcoal or crown root rot and seedling blight in a wide range of crops including seedlings of ornamental plants and forest trees in nurseries (Barnard, 1994; Farag et al., 2025; Gonthier and Nicolotti, 2013; Kumar and Dubey, 2023; Marquez et al., 2021; Reuveni and Madar, 1985). This necrotrophic fungus, a member of the Botryosphaeriaceae family, is widely distributed in tropical and subtropical regions and can infect over 800 plant species across more than 100 families (Farag et al., 2025; Kaur et al., 2012; Kumar and Dubey, 2023; Marquez et al., 2021). The fungus has a vast geographical distribution and is especially problematic in tropical and subtropical countries with arid to semiarid climates in Africa, Asia, Europe and North and South America (Kaur et al., 2012). *M. phaseolina* survives in the soil as microsclerotia for extended periods up to 15 years allowing it to persist under harsh environmental conditions and serve as a primary inoculum source. It is most aggressive under high temperatures and low soil moisture, conditions that are increasingly common in regions affected by drought and climate extremes (Farag et al., 2025; Kaur et al., 2012; Ranjan et al., 2024).

While *M. phaseolina* is well known as a root and collar rot pathogen in agricultural systems, in forestry it remains relatively less recognized. Nevertheless, it represents a serious threat, particularly in forest tree seedling production, where it causes charcoal root rot and seedling blight. Despite its global presence, reports of *M. phaseolina* in forest nurseries remain relatively scarce compared to other damping-off and root rot agents like *Phytophthora*, *Fusarium*, and *Rhizoctonia* species, particularly in European contexts (Gonthier and Nicolotti, 2013). Nevertheless, *M. phaseolina* can reduce seedling vigour and survival and lead to high mortality rates in nurseries and carryover effects after out planting (Barnard, 1994), undermining reforestation and afforestation efforts globally. The impact of the pathogen is particularly significant in southern forest nurseries in the United States, especially those that grow loblolly pine (*Pinus taeda* L.). In contrast, the occurrence of *M. phaseolina* in Europe is generally lower and more localized, with Mediterranean countries exhibiting greater susceptibility due to more favourable climatic conditions (Farag et al., 2025). Charcoal root rot caused by *M. phaseolina* was considered a serious problem in bare-root conifers in nurseries causing approximately 30% mortality in the southwestern United States (Fraedrich & Smith 1994). In Israel, the pathogen was identified as the primary cause of seedling mortality in several pine species, with disease outbreaks strongly associated with summer heatwaves and moisture stress (Reuveni and Madar, 1985). Similar findings have been reported in the United States, where *M. phaseolina* was shown to reduce survival of loblolly pine seedlings after out planting, having been carried over from contaminated nursery stock (Barnard, 1994). The pathogen has been also reported to cause significant losses to eucalypts, locusts, and other woody species in forest nurseries in various

countries such as India, Italy, Chile and Iraq, underscoring its broad host range and ecological plasticity (Arias et al., 2013; Haleem et al., 2018; Protá et al., 1974; Reuveni and Madar, 1985; Soni et al., 1985).

In Türkiye, *M. phaseolina* has been recognized in numerous crops for decades; however, its impact on forest nurseries remains inadequately documented. Various studies have examined diseases affecting tree and woody ornamental plant seedlings in state forest nurseries in Türkiye (Aday Kaya, 2014; Aday Kaya et al., 2019; Aday Kaya and Beram, 2021; Akıllı et al., 2010; Aktaş and Şimşek, 2014; Doğmuş and Doğanoglu, 2003; Gümüşdere and Ercan, 1984; Gürer, 2000; Kurt, 2011; Kurt et al., 2018, 2016; Kurt and Soylu, 2011; Lehtijärvi et al., 2017; Özdamar, 1999; Soylu et al., 2011; Sümer, 1987; Turhan and Özdamar, 1999; Uysal et al., 2021; Vural et al., 1984; Vural, 1989; Yeşilbaş and Özkazanç, 2014). Among the common damping off and root rot pathogens identified to date in these studies include *Fusarium* L. spp., *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, *Pythium* Pringsh spp., *Phytophthora* de Bary, spp., *Alternaria* Nees. spp. *Ilyonectria destructans* (Zinssm.) Rossman, L. Lombard & Crous (Syn: *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) Scholten), *Verticillium dahlia* Kleb., and *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. According to these studies, *M. phaseolina* has been detected in Turkish forest nurseries in various forest tree and ornamental plant seedlings, including Turkish pine (*Pinus brutia* Ten), Anatolian black pine (*Pinus nigra* J. F. Arnold), stone pine (*Pinus pinea* L.), Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) *Catalpa* Scop. (Özdamar, 1999; Turhan and Özdamar, 1999), *Buxus* L., *Salix* L., *Lavandula* L. *Nerium oleander* L., *Chamaecyparis* Spach, *Rosa* L., *Salvia rosmarinus* Spenn. and *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D.Don (Uysal et al., 2021) (Table S1). Nevertheless, this fungus has not been detected in many other studies conducted in forest nurseries (Aday Kaya, 2014; Aday Kaya et al., 2019; Akıllı et al., 2010; Gürer, 2000; Vural et al., 1984) (Table S1).

Forest nurseries are essential for the regeneration of natural ecosystems and the success of large-scale afforestation and reforestation programs. In Türkiye, state nurseries annually produce hundreds of millions of seedlings to support national forestry goals. Among the most commonly cultivated species are conifers, such as the Turkish pine (*P. brutia*) and the stone pine (*P. pinea*) (General Directorate of Forestry, 2023). Forest nurseries are increasingly vulnerable to emerging soilborne pathogens, particularly under the pressures of climate change. Among these pathogens, *M. phaseolina* has drawn growing attention for its global prevalence and destructive potential. In Türkiye, *M. phaseolina* currently shows high habitat suitability and poses a significant risk to various crops, especially under the prevailing warm and dry conditions that favour its development. Climate models and distribution analyses indicate that Türkiye is among the Mediterranean and southern European regions with very high suitability for this pathogen, consistent with its known presence and impact on crops such as soybean, sorghum, and cereals (Farag et al., 2025). The climatic shifts create optimal conditions for *M. phaseolina*'s growth and infection cycles, potentially increasing disease incidence and severity in forest nurseries and plantations. Given Türkiye's extensive Mediterranean climate zones and its importance as a centre for pine forestry, understanding the current and future risks posed by *M. phaseolina* is critical for sustainable forest management.

This study reports the isolation of *Macrophomina phaseolina* from *P. brutia* and *P. pinea* seedlings in a Turkish forest nursery, where the pathogen was found at unexpectedly high frequencies. This finding is significant as it highlights a potentially emerging threat to pine seedling production in the region, which has been underrecognized relative to other root rot pathogens. The study aims to characterize the occurrence of *M. phaseolina* in this context, discuss its implications under ongoing climate change, and emphasize the need for increased surveillance and targeted management strategies in Mediterranean forest nurseries. Addressing this knowledge gap is essential to mitigate the pathogen's impact on pine regeneration and to safeguard forestry productivity in Türkiye and similar Mediterranean environments. The findings contribute to a growing body of international research that links *M. phaseolina* outbreaks with climate-induced stress in forest systems (Farag et al., 2025; Marquez et al., 2021) and call for integrated disease management strategies suited to Mediterranean nursery environments.

2. Materials and methods

2.1 Sampling

In early June 2021, bare-root seedlings of *P. pinea* and *P. brutia*, approximately six months old, were collected from the Osmaniye forest nursery in Osmaniye in South-eastern Türkiye (37°3'57.76"N, 36°14'8.81"E). A minimum of 100 seedlings per species was sampled from affected seedbeds, including healthy samples as well as those that were dead or showing symptoms of disease.

2.2 Morphological diagnosis

Sampled seedlings were visually grouped into four symptom severity classes based on crown symptoms: (a) healthy-looking (no crown symptoms), (b) symptomatic-low (chlorosis or top dieback $\leq 25\%$ of crown), (c) symptomatic -high (chlorosis or top dieback $>25\%$ of crown), and (d) dead. After grouping, stem, root collar and roots were examined for the presence of signs such as pycnidia or microsclerotia of pathogenic fungi using a dissecting microscope (10x magnification) and compound microscope (40x).

2.3 Fungal isolations

From each symptom class, three to five seedlings per host were randomly selected for isolations. Prior to surface sterilization, the needles were removed, and the stems and roots of the seedling were washed under running tap water. The whole stem + root tissues were then rinsed in 4.28% sodium hypochlorite (NaOCl) solution for ten minutes, followed by two washes in sterile distilled water, and then dried on sterile filter papers. The tissues were aseptically cut into 1–2 cm fragments (five fragments/seedling), plated on 90 mm Ø Petri dishes containing potato-dextrose agar (PDA) amended with 250 mg/L streptomycin, and sealed with parafilm. The plates were incubated at 22°C in the dark for ten days. Emerging colonies were counted and subcultured onto fresh PDA, and then incubated at 22°C for ten days. The isolates were identified

based on colony morphology, including colour, media pigmentation, and the presence of microsclerotia.

Macrophomina phaseolina was identified morphologically by characteristic black microsclerotia (50–200 µm) observed in culture (Barnard, 1994). Other fungi or oomycetes (i.e., *Fusarium* spp., *Pythium* sp., *Alternaria* spp.) were also identified morphologically. Isolation frequency was determined as the percentage of fragments yielding each fungus per host species and symptom class.

2.4 Molecular identification

Two isolates (TRAPB1 and TRAPB2) with morphological features of *M. phaseolina* were selected for molecular identification. Isolates were subcultured onto fresh PDA and incubated in dark at room temperature for 20 days. Approximately 50 mg mycelium from the colony edge was transferred to 2.0 ml micro centrifuge tubes, homogenized, and DNA was extracted using the GeneMATRIX Plant & Fungi DNA Purification Kit (EURX®, Poland), following the manufacturer's instructions.

The PCR assay was performed in a total volume of 35 µL containing 1.5 mM MgCl₂, 0.2 mM of each dNTP, 0.3 mM of each primer and 2 U DNA Polymerase (Solis Biodyne FIREPol® DNA Polymerase, Estonia) and 3 µl of genomic DNA using PCR thermocycler (Kyratec, SuperCycler Thermal Cycler, Australia). The thermal cycling conditions were as follows: an initial denaturation step at 95 °C for 5 minutes, 30 cycles of 95 °C for 45 seconds, 57 °C for 45 seconds, and 72 °C for 60 seconds, followed by the final extension step at 72 °C for 5 minutes. Amplicons were cleaned using the "HighPrep™ PCR Clean-up System (MagBio Genomics, Gaithersburg, MD, USA) according to manufacturer's instructions and sent to BM (Ankara, Turkey) for sequencing. Sequences were manually edited and aligned using BioEdit version 7.2.5.

2.5 Climate Data

Long-term climate data and climatic classification of the study site (Osmaniye) were retrieved from Turkish State Meteorological Service (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2025). Köppen-Geiger Classification was obtained from free global dataset CHELSA (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas) (Karger et al., 2017). Meteorological Drought analysis for the year 2021 as presented in "2021 Climate evaluation report" (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022) were also examined. Long-term climate averages (1991–2020 and 1987–2021 periods) were compared to analyse 2020–2021 growing seasons trends.

3. Results

3.1 Morphological diagnosis

Observed disease symptoms included yellowing of the needles, followed by wilting and death of the seedlings. Swellings, blackening and cracking of cortical tissues at root collar extending to stem were observed. Abundant black microsclerotia were present within and beneath the cracked cortical tissues (Figure 1). On healthy-looking *P. brutia*

seedlings, swelling or cracking of cortical tissues was not observed. No microsclerotia was observed on healthy-looking seedlings. Root rot symptoms included discoloration and loss of fine feeder roots. On *P. pinea* seedlings with green, healthy-looking crowns, root rot symptoms were also observed.

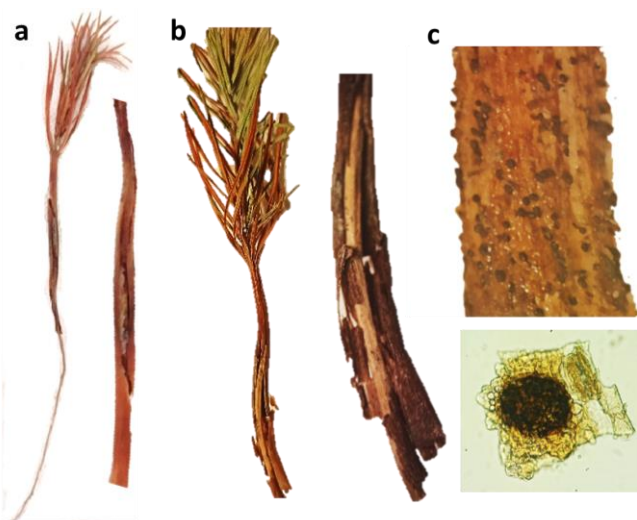


Figure 1. Swellings, blackening and cracking of cortical tissues at root collar extending to stem on dead (a) and symptomatic (b) seedlings and abundant black microsclerotia beneath the cracked cortical tissues (c)

3.2 Fungal isolates

From the root + stem fragments of *P. brutia* and *P. pinea* a total 248 fungal colonies were isolated. 50.4% of these were characterized by black fast-growing dark colonies with abundant microsclerotia production in media (Figure 2). Based on morphological characteristics, this continuously isolated fungus was identified as *M. phaseolina*.

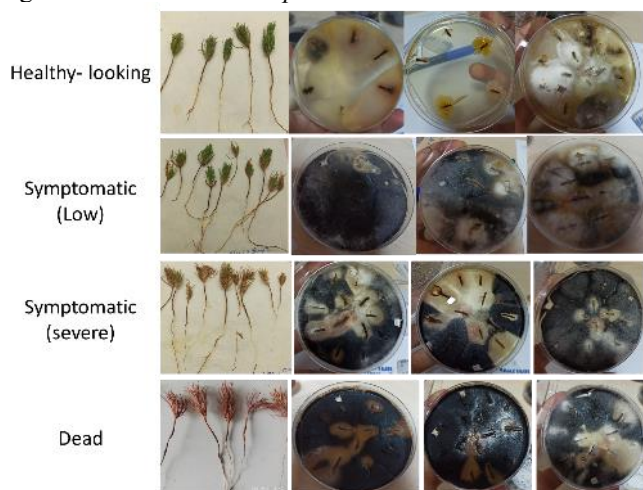


Figure 2. Fungal colonies growing from root and stem fragments of; healthy-looking, symptomatic, and dead *Pinus brutia* seedlings

The isolation frequency (%) of *M. phaseolina* from *P. brutia* and *P. pinea* seedlings with differing symptom severities (symptom classes) ranged from 0 to 69.4% (Table 1). The fungus was isolated from 49.3 and 61.5% of symptomatic and dead *P. brutia* seedlings respectively. The isolation frequency from symptomatic and dead *P. pinea* seedlings was higher than those of *P. brutia* (69.4, 62% respectively). The fungus was also isolated from the root and stems of healthy-looking *P. pinea* seedlings (63%), contrary to this, *M. phaseolina* was not isolated from healthy-looking *P. brutia* seedlings.

Table 1. Isolation frequency (%) of *Macrophomina phaseolina* from *Pinus brutia* and *Pinus pinea* seedlings across symptom classes

Symptom classes	<i>Pinus brutia</i>	<i>Pinus pinea</i>	Total
Healthy-looking seedlings	0.00	62.86	30.99
Symptomatic seedlings	49.32	69.44	55.96
Dead seedlings	61.54	62.07	61.76
Total	40.54	65.00	50.40

Other fungi isolated from the tissues, primarily from root fragments, included *Fusarium* spp. (5.2%, 13 colonies) and *Alternaria* spp. (2.8%, 7 colonies). Additionally, an oomycete identified as *Pythium* sp. was also isolated (3.6%, 9 colonies). Bacterial colonies were observed as well (8.1%, 20 colonies), predominantly from the roots, although further identification was not conducted.

3.3 Molecular Identification

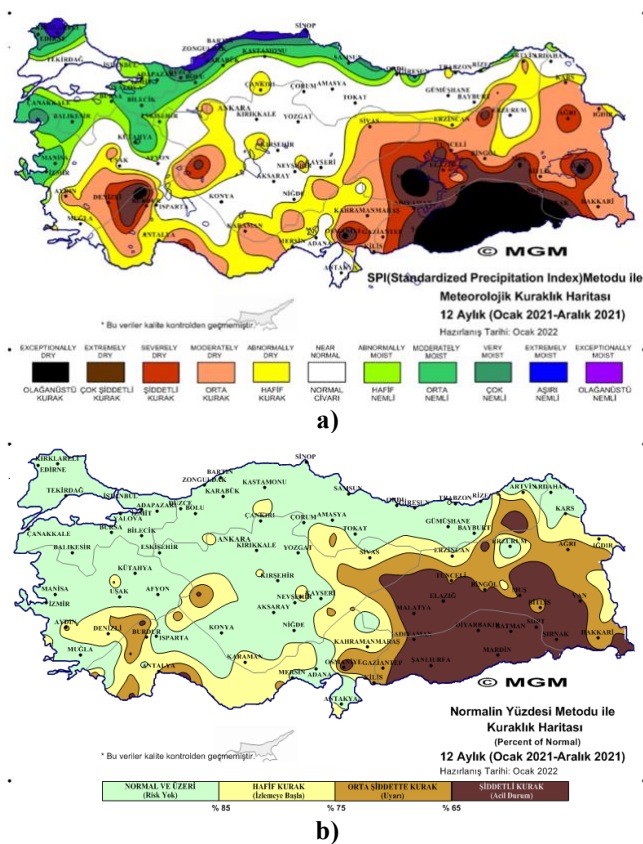
To confirm the identification, the internal transcribed spacer (ITS) of rDNA of two representative isolates (TRAPB1 and TRAPB2) were amplified and sequenced. The resulting 537-bp sequence shared 99% similarity to those of *M. phaseolina* isolates CBS-231.33, CBS-457.70 and CBS-126630 (KF951631, KF951636 and MH864176, respectively) in the GenBank database.

3.4 Climate Conditions

The climatic classification of the study site in Osmaniye, derived from five systems (Aydeniz, Erinc, De Martonne, Trewartha, and Thornthwaite; see Table 2) sourced from the Turkish State Meteorological Service (2025), categorizes the region as semi-humid to semi-arid. It is characterized by hot summers marked by high summer evapotranspiration and limited rainfall during the growing season. According to the Köppen-Geiger classification, the climate is classified as a hot-summer Mediterranean climate (Csa). Climate data from 1991 to 2020 further validate this classification, confirming a semi-arid to semi-humid profile (Thornthwaite: C1) and highlighting very hot summers with an average temperature of 28.52°C in August (Trewartha).

Table 2. Climatic classification of the study site (Osmaniye) using five systems (Aydeniz, Erinç, De Martonne, Trewartha, Thornthwaite (1991-2020 climate periods were used in classifications Data source: (Turkish State Meteorological Service, 2025))

Classification System	Climate Type	Interpretation
Aydeniz	Semi-humid (Aridity coefficient: 0.55)	Transitional: slightly moist but vulnerable to drought stress
Erinç	semi-humid (Precipitation Effectiveness Index: 32.22)	Moderate rainfall effectiveness; not fully drought-resistant
De Martonne	Semi-arid – Semi-humid (Aridity Index:14.98)	Borderline dry; especially dry summers are expected
Trewartha	Winter climate type: Cool winters (8.80 °C) Summer climate type: Very hot summers (28.52 °C)	Warm temperate climate with very hot summers
Thornthwaite	C1, B'4, s2, b'4	C1: Semi-arid to slightly humid B'4: 4th degree mesothermal climate s2: Strong moisture surplus in winter b'4: High summer evapotranspiration (~51.4%)

**Figure 2.** Meteorological drought maps based on “SPI (Standardized Precipitation)” (a) and “Percent of Normal” (b) methods for 2021 in Türkiye [Data source: (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022)]

Osmaniye experienced an exceptionally dry year in 2021 according to drought analysis estimated by Standardised Precipitation Index (SPI) and Percent of Normal Precipitation (PNP) method-based drought assessment by the Turkish State Meteorological Service (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022). The SPI-based map indicates that the region experienced exceptionally dry conditions throughout 2021, as represented by the black colour on the map (Figure 2a). This suggests a severe and prolonged drought, with precipitation levels far below the historical average. Osmaniye falls within the dark brown area, which corresponds to the “Şiddetli Kurak” (Severely Dry /

Emergency) category in Percent of Normal Precipitation (PNP) method-based drought assessment for Türkiye during January–December 2021 (Figure 2b). This means that Osmaniye received significantly less precipitation than normal—less than 65% of the long-term average—throughout 2021.

Long-term climate normals for Osmaniye (1991–2021 period) indicates hot summers (June–August average highs >31°C) and very low summer precipitation, particularly in June (39.1–42.4 mm) and July (18.3–19.8 mm) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2025). Comparison with long-term averages (1987–2021) revealed a trend toward drier, sunnier conditions in 1991–2020, with June showing a 3.3 mm decrease in rainfall, 2.16 fewer rainy days, and 0.5 hours/day more sunshine.

4. Discussion

This study highlights the emergence of *M. phaseolina* as a significant pathogen associated with seedling mortality in *P. brutia* and *P. pinea* at the Osmaniye Forest Nursery in southeastern Türkiye. With an overall isolation frequency of 50.4%, *M. phaseolina* was the most frequently recovered pathogen, far surpassing other commonly encountered soilborne fungi or oomycetes such as *Fusarium* spp., *Alternaria* spp. and *Pythium* sp. (<8.1%). While this level of infection is striking, earlier work by Özdamar (1999) reported similarly high frequencies up to 42.5% in *P. nigra* seedlings at the İzmir-Torbalı nursery, demonstrating that *M. phaseolina* has been present at substantial levels in certain Turkish nurseries for decades. However, the fungus was inconsistently detected across other sites and host species in that study, often with much lower rates or complete absence, suggesting that our findings reflect both a historically underrecognized presence and a potential resurgence in frequency and impact, likely driven by climatic and environmental changes. Interestingly, while our study is the first to report high frequencies of *M. phaseolina* in *P. brutia* and *P. pinea* seedlings from Osmaniye Forest Nursery, previous work had already identified the pathogen at the same nursery site. Uysal et al. (2021) detected *M. phaseolina* in ornamental and landscape plant species such as *Buxus*, *Salvia rosmarinus*, *Cryptomeria* spp., *Nerium oleander*, and *Cupressus* spp. during their 2018–2019 surveys. While, their study focused on ornamental and landscape plants, it remains unclear whether *M. phaseolina* was also affecting pine seedlings at that time. Nevertheless, the findings confirm that *M. phaseolina* was

already present in the nursery's soil and production environment prior to the 2021 outbreak, potentially serving as a reservoir for later infection in pine seedling beds. Combined with the high isolation frequencies observed in this study, particularly in *P. pinea* (65.0%) and even in asymptomatic individuals (62.9%), our findings strongly suggest that the pathogen has expanded its host range or increased in aggressiveness under recent climatic stressors. This trend mirrors earlier observations by Özdamar (1999), who reported variable but occasionally high *M. phaseolina* isolation rates (up to 42.5%) from conifer and hardwood seedlings in other Turkish nurseries, including *P. nigra*, *C. libani*, and *Catalpa bignonioides*. Together, these results reinforce the emerging role of *M. phaseolina* as a persistent and adaptable threat in Turkish nursery systems, capable of persisting across multiple hosts and climatic regions.

The differential infection patterns observed between *P. brutia* and *P. pinea* further emphasize the potential for host-specific interactions. While both species showed high pathogen recovery from symptomatic and dead seedlings, *M. phaseolina* was detected in 62.9% of healthy-looking *P. pinea* seedlings, compared to none in *P. brutia*. This suggests that *P. pinea* may be more prone to latent infections, which could allow the pathogen to escape detection during nursery inspections and be transported to field. The presence of asymptomatic infection has important implications for post-planting disease emergence, echoing concerns raised in earlier studies of nursery-to-field pathogen transmission (Barnard, 1994; Slippers and Wingfield, 2007). A similar case was documented by Akıllı et al. (2010), where *Phytophthora cryptogea* isolated from *P. nigra* seedlings in the Kenbağ Forest nursery was later found in declining trees in afforestation areas established using those seedlings. These examples illustrate the need for stricter phytosanitary protocols, particularly for hosts like *P. pinea*, which may carry latent infections without visible symptoms.

The outbreak in Osmaniye coincided with severe drought conditions and elevated summer temperatures. During the 2021 growing season, monthly rainfall fell below 40 mm and maximum temperatures exceeded 31°C, conditions known to favour *M. phaseolina* infection. The fungus thrives under high temperatures (28–35°C) and low soil moisture, often outcompeting other soil microbes under such stress (Bashir, 2017; Reuveni & Madar, 1985). These conditions likely contributed to both disease development and the high rate of latent colonization observed in *P. pinea*. Drought-stressed seedlings may have had compromised defence responses, providing a favourable environment for the pathogen to establish and proliferate.

Despite regular treatment with a Thiram-based fungicide in the Osmaniye nursery, *M. phaseolina* was recovered at high frequencies. Thiram is commonly utilized in forest nurseries across Türkiye and has shown efficacy against several soilborne pathogens, including *M. phaseolina*, in controlled experiments (Turhan & Özdamar, 1999). However, its performance under field conditions may be reduced by environmental stressors such as drought and high temperature, which can limit fungicide persistence and efficacy. Such challenges highlight the need to re-evaluate reliance on chemical controls and consider more resilient, integrated management strategies under evolving climate conditions.

The scale of pine seedling production in Türkiye amplifies the relevance of our findings. In 2021, over 53 million *P. brutia* and nearly 3 million *P. pinea* seedlings were produced in Turkish nurseries (General Directorate of Forestry, 2023). Even localized outbreaks of *M. phaseolina* pose a significant risk, particularly when latent infections in asymptomatic seedlings go undetected. In Osmaniye, anecdotal records indicated that approximately one-third of all pine seedlings produced in 2021 were lost, a figure that aligns with the high isolation frequencies reported in this study and suggests that the pathogen's impact may be more widespread than officially documented.

While this study provides compelling evidence for the increasing significance of *M. phaseolina* in forest nurseries, it also has limitations. Pathogenicity tests under controlled conditions were not conducted, and molecular characterization was limited to selected isolates. Ongoing work to examine isolate aggressiveness, environmental fitness, and host responses will be critical to better understand the dynamics of this pathogen and guide effective disease management strategies.

5. Conclusions

This study documents the emergence of *M. phaseolina* as a significant pathogen affecting *P. brutia* and *P. pinea* seedlings in Osmaniye Forest Nursery, Türkiye. With an overall isolation frequency of 50.4%, *M. phaseolina* was the most frequently recovered fungus, surpassing traditionally dominant nursery pathogens such as *Fusarium*, *Pythium*, and *Alternaria* spp. The notably high infection rate in *P. pinea*, including latent infections in morphologically healthy seedlings, suggests differential host susceptibility and raises concerns about the potential for undetected carryover to plantation sites.

The outbreak coincided with extreme climatic conditions in 2021, characterized by record summer temperatures, severely reduced rainfall, and high evapotranspiration conditions that are highly favourable for *M. phaseolina* proliferation and infection. These findings support the hypothesis that climate change, through increased drought frequency and intensity, is accelerating the emergence and spread of opportunistic pathogens in forest nursery ecosystems.

Despite routine fungicidal treatments (e.g., Thiram), *M. phaseolina* incidence remained high, highlighting the limitations of conventional control methods under abiotic stress. As Türkiye continues to invest in large-scale afforestation, especially with climate-sensitive species like *P. pinea* and *P. brutia*, proactive strategies are urgently needed.

In conclusion, while earlier studies have reported the presence of *M. phaseolina* in Turkish nurseries, our findings emphasize its increasing relevance and pathogenic dominance under semi-arid Mediterranean conditions. This underscores the urgent need for systematic monitoring, improved diagnostic capabilities targeting latent infections, and the development of integrated nursery management strategies that account for local climate realities and host-specific vulnerabilities.

To address the rising threat of *M. phaseolina* in forest nurseries, we recommend a series of targeted actions. First, expanding systematic surveys across Turkish nurseries is essential not only to document pathogen presence but also to detect latent infections that may escape visual inspection.

Second, integrating climate-based disease forecasting models would help anticipate outbreak periods under projected warming and drought trends, enabling proactive nursery responses. Third, host resistance should be evaluated through coordinated, multi-location seedling trials to identify tolerant genotypes, especially for *P. brutia* and *P. pinea*. Finally, nursery management practices must be adapted to the realities of semi-arid environments, with particular focus on optimizing irrigation schedules, enhancing soil health, and minimizing stressors that predispose seedlings to disease. Together, these steps form a comprehensive strategy to reduce the impact of *M. phaseolina* and improve the resilience of forest nursery systems under changing climatic conditions. Ultimately, safeguarding the sustainability of Türkiye's pine seedling production under a changing climate will require a shift toward climate-adaptive, evidence-based forest nursery management and greater recognition of emerging threats such as *M. phaseolina*.

Acknowledgement

This study is part of Aleyna Çelik's ongoing Master's thesis titled "Characterization and Pathogenicity of *Macrophomina phaseolina* Isolated from Pine Seedlings." It is conducted under the supervision of Dr. Funda Oskay. We would like to express our sincere gratitude to the staff and managers of the Osmaniye Forest Nursery for their support during field sampling. We also extend our thanks to Serpil Doğan, a Plant Protection Specialist at the Forest Protection Department in Adana, for her assistance and expertise during the sample collection.

References

- Aday Kaya, A.G., 2014. Türkiye'nin batısında yer alan orman fidanlıklarında geniş ve iğne yapraklı fidan türlerinde kök çürüklüğüne neden olan ökaryot patojenlerin belirlenmesi / Determination of root rot causing eukaryote pathogens on deciduous and coniferous seedlings in forest tree nurseries in western Turkey (Doktora Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isparta.
- Aday Kaya, A.G., Gültekin, H.C., Karakaya, A., 2019. Marmara Bölgesindeki orman fidanlıklarında yetiştirilen odunsu bitkilerdeki fungus ve su küflerinin tespiti. *Turkish Journal of Forestry* 20, 324–332.
- Aday Kaya, A.G.A., Beram, R.C., 2021. Türkiye Orman Fidanlıklarında Görülen Bazı Hastalık Etmenleri ve Yönetim Stratejileri, in: Beram, A., Beram, R. C. (Eds.), *Ormanlık ve Ziraat Alanında Sürdürülebilirlik Temelli Yaklaşımlar*. SRA Academic Publishing, pp. 33–52.
- Akıllı, S., Katırcıoğlu, Y.Z., Maden, S., 2010. Türkiye'deki Bazı Orman Fidanlıklarında Fungusların Neden Olduğu Hastalıklar Üzerinde Çalışmalar. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi* 6, 1–9.
- Aktaş, H., Şimşek, Z., 2014. Çankırı Kenbağ orman fidanlığındaki kavak fidanlarında *Cytospora* kanseri (*Cytospora chrysosperma* "pers." fr.)'nin morfolojisi, zararı ve alınabilecek önlemler. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 55, 47–57.
- Arias, S.G., Pons, R.R., Von Stowasser, E.S., 2013. Temporal analysis of charcoal root rot in forest nurseries under different pathogen inoculum densities and soil moisture content. *Trop. plant pathol.* 38, 179–187.
- Barnard, E.L., 1994. Nursery-to-Field Carryover and Post-Outplanting Impact of *Macrophomina phaseolina* on Loblolly Pine on a Cutover Forest Site in North Central Florida — Reforestation, Nurseries and Genetics Resources. *Tree Planters' Notes* 45, 68–71.
- Doğmuş, T., Doğanoglu, Ö., 2003. Orman Fidanlıklarında Çökerten Hastalığının Önemi ve Hastalığın Biyolojik Kontrolünde Ektomikorizal Fungusların Kullanımı [The Importance of Damping-Off Disease In Forest Nurseries and the Usage of Ectomycorrhizal Fungi in Biological Control]. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A 103–118.
- Farag, P.F., Alkhalifah, D.H.M., Ali, S.K., Tagyan, A.I., Hozzein, W.N., 2025. Impact of climate change on the potential global prevalence of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. under several climatological scenarios. *Front. Plant Sci.* 16, 1512294.
- Gonthier, P., Nicolotti, G., 2013. *Infectious Forest Diseases*. CABI.
- Gümüşdere, İ., Ercan, M., 1984. Keşan ve Lüleburgaz Orman Fidanlıklarında Damping-Off Hastalığına Karşı Kimyasal Kontrol Tedbirleri Üzerine Araştırmalar. *Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülteni* 20, 275–310.
- Gürer, M., 2000. İç Anadolu Bölgesi Orman Fidanlıklarında Hastalıkların Saptanması ve Damping-off Hastalığına Karşı Entegre Mücadelenin Uygulanması [Determination of the Diseases and Integrated Control of Damping-off in Forest Nurseries in Central Anatolia], İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülteni. Orman Bakanlığı, Ankara.
- Haleem, R.A., Saedo, K.A., Shareef, B.S., 2016. Fungi colonized the roots of seedlings in forest nurseries. *Mycopath* 14, 9–13.
- Karger, D.N., Conrad, O., Böhrner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P., Kessler, M., 2017. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Sci Data* 4, 170122.
- Kaur, S., Dhillon, G.S., Brar, S.K., Vallad, G.E., Chand, R., Chauhan, V.B., 2012. Emerging phytopathogen *Macrophomina phaseolina*: biology, economic importance and current diagnostic trends. *Crit Rev Microbiol* 38, 136–151.
- Khan, I.H., Javaid, A., 2023. Chapter 3 - *Macrophomina phaseolina* causing various diseases in different crops, in: Kumar, P., Dubey, R.C. (Eds.), *Macrophomina Phaseolina*. Academic Press, pp. 21–31.
- Kumar, P., Dubey, R.C. (Eds.), 2023. *Macrophomina Phaseolina* Ecobiology, Pathology and Management. Academic Press.
- Kurt, Ş., 2011. Orman Fidanlıklarında Görülen Kök Çürüklük Hastalığı Etmeni *Cylindrocarpon destructans*'ın Tanısı ve Patojenisitesi, in: Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi. Presented at the Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi.
- Kurt, Ş., Soylu, S., 2011. Orman fidanlarında solgunluk kök ve kökboğazı çürüklüklerine neden olan toprak kökenli etmenlerin belirlenmesi, in: Türkiye 1. Orman Entomolojisi

- ve Patolojisi Sempozyumu. Presented at the Türkiye 1. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, Antalya.
- Kurt, Ş., Uysal, A., Akgül, D.S., 2016. Hatay ilindeki limoni servi bitkilerinde saptanan fungal patojen ve endofit fungusların karakterizasyonu, in: Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi. Presented at the Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi, Konya, p. 596.
- Kurt, Ş., Uysal, A., Soylu, S., Soylu, E.M., Oğuz, M., 2018. Hatay İli Orman Fidanlarında Görülen Solgunluk ve Kök Çürüklüğü Etmeni Fungal Patojenlerin Karakterizasyonu, in: Arslan, A. (Ed.), 1. International Mediterranean Symposium, Full Text Book. Presented at the 1. International Mediterranean Symposium, Mer-Ak Mersin Akademi Yayınları, Mersin, pp. 50–58.
- Lehtijärvi, A., Aday Kaya, A.G., Woodward, S., Jung, T., Doğmuş Lehtijärvi, H.T., 2017. Oomycota species associated with deciduous and coniferous seedlings in forest tree nurseries of Western Turkey. *Forest Pathology* 47, e12363.
- Marquez, N., Giachero, M.L., Declerck, S., Ducasse, D.A., 2021. *Macrophomina phaseolina*: General Characteristics of Pathogenicity and Methods of Control. *Frontiers in Plant Science* 12.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2025. İllerimize ait Genel İstatistik verileri, Osmaniye. [WWW Document]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. URL <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=OSMANIYE> (accessed 5.9.25).
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022. 2021 Yılı İklim Değerlendirmesi. İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Özdamar, H.T., 1999. Ege ve göller bölgesi orman fidanlıklarında çökerten hastalığının önemi, etmenleri ve savaşım olanakları üzerinde araştırmalar (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Prota, U., Garau, R., Prota, U., Garau, R., 1974. Charcoal root rot of *Pinus radiata* D. Don in Sardinia. *Bollettino della Societa Sarda di Scienze Naturali* 14, 133–138.
- Ranjan, S., Mirchandani, R., Senthil-Kumar, M., 2024. Abiotic stress impact on the interaction between *Macrophomina phaseolina* and crop plants. *Plant Physiol. Rep.* 29, 18–27.
- Reuveni, R., Madar, Z., 1985. The Role of *Macrophomina phaseolina* in Mortality of Pine Seedlings in Forest Nurseries. *Journal of Phytopathology* 112, 161–164.
- Slippers, B., Wingfield, M.J., 2007. Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fungal biology reviews* 21, 90–106.
- Soni, K.K., Dadwal, V.S., Jamaluddin, 1985. Charcoal root and stem rot of Eucalyptus. *European Journal of Forest Pathology* 15, 397–401.
- Soylu, S., Kurt, Ş., Soylu, E.M., 2011. Kök bakterilerinin orman fidanlarında sorun olan Toprak kökenli fungal hastalık etmenlerine karşı antagonistik etkinlikleri., in: Türkiye 1. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu. Presented at the Türkiye 1. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, Antalya, pp. 280–281.
- Sümer, S., 1987. İğne yapraklı ağaç fidanı yetiştirilmek istenen orman fidanlıklarında ortaya çıkan bazı hastalık problemleri. *Orman Mühendisliği Dergisi* 24, 15–17.
- Turhan, G., Özdamar, H.T., 1999. Ege ve Göller Bölgesi orman fidanlıklarında çökerten hastalığının önemi, etmenleri ve savaşım olanakları üzerinde araştırmalar (TUBITAK Project Final Report No. TOGTAG-1617). İzmir.
- Turkish State Meteorological Service, 2025. İklim Sınıflandırması Osmaniye [WWW Document]. <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=OSMANIYE>. URL <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=OSMANIYE> (accessed 5.9.25).
- Uysal, A., Kurt, Ş., Kara, M., Soylu, S., Soylu, E.M., 2021. Bazı Fidanlıklarda Görülen Toprak Kökenli Fungusların Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences* 31, 142–149.
- Vural, M., Gümüşdere, İ., Karal, M., 1984. Yurdumuz Orman Fidanlık ve Ağaçlamalarında Mevcut Muhtelif Orijinli Hızlı Gelişen Ekzotik İğne Yapraklı Orman Ağaçlarına Arız Olan Mantarların Tespiti Üzerine Araştırmalar. *Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülteni* 20, 251–264.
- Vural, N., 1989. Çam fidelerinde görülen çökerten hastalığının etmenleri ve kimyasal yolla önlenmeleri (Yüksek Lisans). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yeşilbaş, Y., Özkazanç, N.K., 2014. Ankara Behiçbey Orman Fidanlığındaki Odunsu Bitkilerde görülen Fungal ve Bakteri Kökenli Hastalık Etmenleri, in: Türkiye II Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu. Presented at the Türkiye II Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, Antalya, pp. 524–530.

Table S1. Summary of surveys on pathogens in Turkish forest nurseries with emphasis on detection and isolation frequencies and hosts of *Macrophomina phaseolina* (MP).

Studies*	Survey Period	Studied Nurseries	Main disease agents detected	Detection status of MP	Detection/isolation frequency of MP	MP Hosts
1	Na	FNs in Marmara, Aegean, Black Sea, Mediterranean regions	<i>Melampsora pinitorqua</i> , <i>Coleosporium</i> spp. (<i>C. inulae</i> , <i>C. euphrasiae</i> , <i>C. campuneale</i>), <i>Chrysoma</i> sp., <i>Cronartium flaccidum</i> , <i>Lophodermium pinastri</i>	No	-	-
2	Na	FNs in İzmir	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>Cylindrocarpon</i> spp., <i>Alternaria</i> spp., <i>Phytophthora</i> spp. and <i>Macrophomina</i> spp.	Yes	na	<i>Pinus pinea</i>
3	1996	Denizli (Karahasanlı), İzmir (Torbalı), Manisa (Muradiye), Konya (Seydişehir), Burdur (Göhlhisar), Isparta (Egirdir, Aşağı Gökdere) FNs	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Pythium</i> spp., <i>Alternaria</i> spp. and <i>Macrophomina phaseolina</i>	Yes	6.0% (42.5% on <i>P. nigra</i> in Torbalı FN)	<i>Pinus brutia</i> , <i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus pinea</i> , <i>Cedrus libani</i> , <i>Catalpa bignonioides</i>
4	Na	Kızılcabamam, Beypazarı, Çerkeş, Behiçbey FNs	<i>Alternaria</i> sp., <i>Mucor</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Fusarium acuminatum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>Cladosporium</i> sp., <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Sphaerotheca lanestris</i>	No	-	-
5	2008-2009	Artvin-Ardanuç, Bursa, Devrek-Gökçebe, Düzce-Akçakoca, Eskişehir, Kastamonu-Gölköy & Taşköprü, Ordu, Samsun, Zonguldak FNs	<i>F. solani</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. moniliforme</i> , <i>R. solani</i> , <i>Pythium</i> spp., <i>Phytophthora cryptogea</i> , <i>P. cinnamomi</i> , <i>Cylindrocarpon</i> sp., <i>Verticillium</i> sp.	No	-	-
6	2008-2010	Hatay, Serinyol FN	<i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Cylindrocarpon</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Phytophthora</i> spp., <i>F. solani</i> , <i>F. moniliforme</i> , <i>Macrophomina phaseolina</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Yes	7.50%	na
7	2011-2013	İzmir-Torbalı, Denizli-Karahasanlı, Muğla-Gökova, Isparta-Eğirdir, Antalya-Elmalı, Eskişehir, Bursa, Adapazarı-Hendek FNs	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>Cylindrocarpon destructans</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Verticillium dahliae</i> , <i>Pestalotiopsis clavispora</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>Pythium intermedium</i> , <i>Pythium irregulare</i> , <i>Pythium ultimum</i> , <i>Phytophthora cactorum</i> , <i>Phytophthora citricola</i> , <i>Phytophthora megasperma</i> , <i>Phytophthora syringae</i>	No	-	-
8	2015-2018	FNs in Adapazarı, Kocaeli, Yalova, Bursa, İstanbul, Kırklareli, Edirne	<i>Fusarium solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>Pythium irregulare</i> , <i>Pythium ultimum</i> , <i>Phytophthora vexans</i> , <i>Phytophthora syringae</i>	No	-	-
9	2018-2019	Gaziantep, Osmaniye, Hatay Serinyol, Hatay Mustafa Kemal University FNs	<i>Macrophomina phaseolina</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Ceratobasidium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i>	Yes	17.0%	<i>Buxus</i> sp., <i>Salix</i> sp., <i>Lavandula</i> sp., <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Nerium oleander</i> , <i>Rosa</i> sp., <i>Chamaecyparis</i> sp., <i>Cryptomeria</i> sp., <i>Cupressus arizonica</i> , <i>Cupressus macrocarpa</i> 'Goldcrest'

FNs = Forest Nurseries; MP = *Macrophomina phaseolina*, "na" indicates data not available,

*References of the studies: 1=Vural et al., 1984; 2=Vural, 1989; 3=Özdamar, 1999; Turhan and Özdamar, 1999; 4=Gürer, 2000; 5=Akıllı et al., 2010; 6=Kurt and Soylu, 2011; 7=Aday Kaya, 2014; 8=Aday Kaya et al., 2019; 9=Uysal et al., 2021.



İklim verilerinin peyzaj planlama sürecine entegrasyonunda biyoiklimsel konfordan yararlanma olanakları üzerine bir araştırma

Esra Mirza Sert ^{1*}, Mehmet Topay ¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Isparta, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 25/03/2025

Kabul Tarihi: 24/04/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1665242>

*Corresponding author:

mirzaesira@gmail.com

ÖZ

Derleme Makale

Giriş ve Hedefler İklim değişikliği, kentleşme ve yeşil alanların azalması gibi faktörler, kentlerde ısı stresinin artmasına neden olmuştur. Biyoiklimsel konfor, insanların çevresel koşullara minimum enerji harcayarak uyum sağlayabildiği durumu ifade eder. Bu çalışmada, iklim verilerinin peyzaj planlama süreçlerine entegrasyonunda biyoiklimsel konfor analizlerinden yararlanma olanakları incelenmiştir.

Yöntemler Çalışmada biyoiklimsel konforu hesaplama yöntemlerinin gelişimi ve hesaplama

indeksleriyle (PET, UTCI vb.) ilgili literatür taraması yapılmıştır. Biyoiklimsel konfor haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile entegrasyonu ve dış mekân planlamasında kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Bulgular Mevcut planlama pratiğine iklim verilerinin dahil edilmesinde bazı sıkıntılar olduğu, bu sıkıntıların oluşmasında ilgili meslek disiplinleri arasındaki iletişim eksikliği, iklim bilgisini planlama sürecine entegre etmek üzere kullanılabilir araçların eksikliği veya bu araçların profesyonellerin erişimine açık olmaması gibi sebepler olduğu görülmüştür.

Sonuçlar Peyzaj planlamasında biyoiklimsel konforun dikkate alınmasının, yaşam kalitesini artıran, sürdürülebilir ve iklime uyumlu alanların oluşturulmasına katkı sağlayacağı belirlenmiştir. Bu bağlamda biyoiklimsel konfor haritalarının karar alma süreçlerine entegre edilmesi, farklı disiplinler arasında iş birliğinin artırılması ve iklim verilerinin planlama süreçlerine daha sistematik şekilde dahil edilmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoiklimsel konfor, ısı konfor, termal stres, peyzaj planlama

An investigation into the utilization of bioclimatic comfort in integrating climate data into the landscape planning process

ABSTRACT

Background and Aims Factors such as climate change, urbanization, and the reduction of green spaces have led to increased thermal stress in urban environments. Bioclimatic comfort refers to the condition in which individuals can adapt to environmental factors with minimal physiological effort. This study explores the potential use of bioclimatic comfort analyses in integrating climatic data into landscape planning processes.

Methods A literature review was conducted on the development of methods for calculating bioclimatic comfort and the indices used in such analyses (e.g., PET, UTCI). The integration of bioclimatic comfort maps with Geographic Information Systems (GIS) and their applicability in outdoor space planning were also evaluated.

Results The findings indicate that current planning practices face challenges in incorporating climatic data. These challenges stem from a lack of communication between relevant professional disciplines, limited availability of tools for integrating climatic information into planning processes, and restricted access to these tools by practitioners.

Conclusion The inclusion of bioclimatic comfort considerations in landscape planning is found to support the creation of sustainable, climate-responsive environments that enhance quality of life. In this context, it is recommended that bioclimatic comfort maps be integrated into decision-making processes, interdisciplinary collaboration be enhanced, and climatic data be incorporated into planning processes in a more systematic manner.

Key Words: Bioclimatic comfort, thermal comfort, thermal stress, landscape planning

Bu makaleye atf:

Mirza Sert, E., Topay, M., 2025. İklim verilerinin peyzaj planlama sürecine entegrasyonunda biyoiklimsel konfordan yararlanma olanakları üzerine bir araştırma. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 243-249.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Günümüzde artan nüfus, kentleşme ve iklim değişikliğinin etkileri yaşanabilir çevrelerin oluşturulmasını her zamankinden daha karmaşık bir hale getirmektedir. Yeşil alanların azalması, kentsel ısı adası etkisinin yoğunlaşması gibi sorunlar insanların yaşadığı çevrede giderek daha fazla ısıl stres hissetmesine neden olmaktadır. Kentlerde planlama ve tasarım eliyle de iklim yapısında bozulmalar meydana gelmektedir (Balık ve Yüksel, 2014; Nouri et al. 2018).

İklim, bir bölgede yaşanabilirliği belirleyen; canlı yaşamı üzerinde önemli etkilere sahip en temel çevresel faktörlerden biridir. İklimi anlık hava durumundan ayıran fark zamandır. Hava durumu kısa süreli atmosferik olayları ifade eder. İklim ise bir bölgede uzun zaman değişmeyen hava olaylarının (güneş radyasyonu, bulutluluk, hava sıcaklığı, deniz ve toprak sıcaklığı, yağmur, kar, dolu, şimşek, fırtına gibi) ortalama değerlerinin istatistiklerle ortaya konulan sentezidir (Erol, 1993; Türkes, 2001; Yalçın ve ark., 2005).

Bireylerin kendini en rahat hissettiği iklim koşulları biyoiklimsel konfor kavramı ile açıklanır. İnsanlar sıcak kanlı canlılar olarak vücut iç sıcaklıklarını belli bir değerde tutamadıklarında hayatlarını tehdit eden ciddi sağlık sorunlarıyla karşı karşıya kalırlar. Bu nedenle, insan vücudunda ısı dengenin sağlanması önemli bir konudur (Maarouf and Munn, 2005).

İnsan ısıl konforu üzerinde sıcaklık, güneş radyasyonu, yağış, nem, rüzgâr, şimşek, bulutluluk, sis, hava kirliliği, basınç, negatif iyonlar, elektromanyetizma gibi iklim elemanları etkili olmaktadır. İklimsel parametrelerle beraber giysi izolasyonu, insan vücudunun ısı transferi ve kişisel parametreler de konforu etkileyen diğer faktörlerdir. Bu faktörlerin birlikte değerlendirilmesiyle insan vücudunun stres-fizyolojik tepki ilişkisi ortaya konmaktadır. İnsan vücudundaki ısıl stres göstergesi olarak konforlu-konforsuz sözcükleri kullanılmaktadır. Bu terimler öznel durumları ifade ediyor gibi görünmesine karşın yapılan deneyler sonucunda anlamları üzerinde fikir birliğine varılan çok yönlü çalışmalar vardır (Olgyay, 1973; Maarouf and Munn, 2005).

Peyzaj abiyotik, biyotik ve kültürel bileşenlerin oluşturduğu ekosistemler bütünüdür. Peyzajı oluşturan bileşenler karşılıklı etkileşim halinde olup bileşenlerde oluşan bir değişim tüm sistemi etkiler. Peyzaj planlama, peyzajı oluşturan kaynakların korunması, kullanımı doğrultusunda alan kullanım kararlarının alınması sürecidir. Peyzajı oluşturan abiyotik bileşenlerden biri olan iklim, peyzaj planlama sürecinin önemli bir bileşenidir (Çetinkaya ve Uzun, 2014). Mevcut planlama pratiğinde iklim genellikle sürece dahil edilmemekte ya da planlama sürecine çok az dahil olmaktadır. Bu durumun başlıca sebeplerine bakıldığında iklim bilimciler ve planlama disiplinleri arasındaki iletişim eksikliği, iklim bilgisini planlama sürecine entegre etmek üzere kullanılabilir araçların eksikliği veya bu araçların profesyonellerin erişimine açık olmaması gibi sebepler göze çarpmaktadır (Balık ve Yüksel, 2014).

Dış mekanlarda iklim konforunun sağlanması yaşam kalitesi yüksek, enerji ihtiyacı düşük, ekolojik çevreyi en az etkileyen, sağlıklı ve nitelikli yaşam alanlarının oluşturulmasında önemli katkılar sağlamaktadır. Peyzaj mimarları ve diğer fiziksel çevre kontrolü üzerine katkı sağlayan meslek disiplinleri için iklim

verilerinin ulaşılabilir ve kullanılabilir olması önemlidir (Balık ve Yüksel, 2014).

Biyoiklimsel konforun insan yaşamı üzerindeki etkilerinin anlaşılmasıyla konforsuz koşulların ortaya çıkardığı zorlukların aşılabildiği ve ısıl konfora sahip alanların oluşturabileceği belirlenmiştir (Çetin ve ark., 2010; Balık ve Yüksel, 2014; Nouri et al., 2018; Boz Demir ve Cengiz, 2021). ısıl konfor indeksleri ile yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen veriler dış mekân planlama ve tasarım süreçleri için materyal oluşturur. Peyzaj planlama ve tasarım süreçleri doğal ve kültürel öğeleri koruyarak insanlar için optimum yaşam ortamları sağlamayı amaçlar. Bu amaç doğrultusunda biyoiklimsel konforun peyzaj planlama ve tasarım çalışmalarında göz önünde bulundurulması oldukça önemlidir (Çetin ve ark., 2018; Çetin and Zeren, 2020).

Bu çalışmada, iklim verilerinin planlama çalışmalarına entegrasyonunda biyoiklimsel konfor analizlerinden yararlanabilmek için iklim-insan ilişkisi, biyoiklimsel konfor kavramı, biyoiklimsel konforu etkileyen faktörler, hesaplama yöntemleri ve biyoiklimsel konfor haritalarının oluşturulması süreçleri incelenmiştir.

2. Biyoiklimsel Konfor

İnsanın bulunduğu çevrede iklim koşullarının optimum düzeyde olması, diğer bir deyişle “insanın en az miktarda enerji harcayarak çevresine uyabildiği koşullar” biyoiklimsel konfor durumu olarak ifade edilir (Çınar, 2004).

Biyoiklimsel konfor kavramını psikolojik, termo-fizyolojik ve ısı dengesi olmak üzere 3 farklı yaklaşımla tanımlamak mümkündür. Psikolojik yaklaşım biyoiklimsel konforu, zihnin ısıl konfordan duyduğu memnuniyet olarak tanımlarken termo-fizyolojik yaklaşım, insan derisi ve hipotalamustaki “ısıl reseptörlerden gelen minimum sinir sinyal hızı” olarak tanımlar. ısı dengesi yaklaşımı ise biyoiklimsel konforu, vücuda giren ısı akışları ile vücuttan çıkan ısı akışlarının dengelenmesi, cildin sıcaklığının ve terlemenin konfor aralığında olması şeklinde tanımlar (Shakir, 2007).

Yetişkin bir insanın vücut iç sıcaklığı yaklaşık 36,5°C’dir. Dış mekânda insanlar ilk olarak sıcaklık etkisine maruz kalırlar ve bu duruma karşı terleme veya kan dolaşımını artırma yoluyla kendi iç sıcaklıklarını sabit tutabilirler. Vücut içinde ısı üretimi, vücuttaki ısı kaybına eşitlendiğinde insanın ısıl konforu optimal düzeydedir (Goulding and Owen Lewis, 1997; Toy, 2010).

Ayrıca insan vücudu dış sıcaklığını korumaya yönelik olarak da fizyolojik kontrol mekanizmaları ve refleksleri kullanır. Biyolojik önlemlerin yanında giysi seçimi, aktivite düzeyi ve yer seçimi de vücudun ısı kaybını önlemede etkilidir. Uygun planlama stratejileri de bu konforlu koşulların oluşturulmasında kullanılacak bir diğer mekanizmadır (ASHRAE, 1981; Morgan and Moran, 1997; Kaynaklı ve Kılıç, 2004).

2.1 Biyoiklimsel konfora etki eden faktörler

Biyoiklimsel konfora etki eden faktörler; çevresel faktörler, kişisel faktörler ve konfor üzerinde dolaylı etkilere sahip diğer faktörler olarak üç temel başlık altında toplanabilir (Çınar, 1999; Matzarakis, 2003; Nikolopoulou et al., 2004; Toy ve ark., 2005). Çevresel faktörler, insanlar için biyoiklimsel konforun hesaplanmasında büyük etkiye sahiptir. ısıl ortamı tanımlayan çevresel parametrelerin bir kısmı doğrudan ölçülebilirken

ortalama radyan sıcaklık gibi parametrelerin hesaplanması gerekir (ASHRAE, 2001).

- Hava sıcaklığı: Sıcaklık atmosferde gerçekleşen meteorolojik olaylar üzerinde en etkili olan iklim parametresi olduğu gibi biyoiklimsel konfor üzerinde de en çok etkisi görülen parametredir (Maarouf and Munn, 2005).
- Hava nemi: Biyoiklimsel konfor açısından nem; hissedilen sıcaklık, terleme mekanizması ve solunumu etkilemesi açısından önemlidir (Erdem ve Güyagüler, 2009).
- Hava hareketi: Deriye temas eden hava, ısı kaybını artırarak hissedilen sıcaklığı düşürürken kuru-sıcak esintiler deride hissedilen sıcaklığı yükselterek ısı konfor üzerinde etkili olur (Morgan and Moran, 1997; Çınar, 1999).
- Solar Radyasyon: Yeryüzüne güneşten gelen, 1 metrekairelik alanda 1 saniyede etkili olan enerji "radyasyon" olarak adlandırılır. Yüzeyleri ısıtarak ve havadaki nem seviyesini düşürerek konfor üzerinde etkili olmaktadır (Linacre and Geert, 1997).
- Bulutluluk: Bulutlar güneşten gelen ışınları yansıtır, absorbe etme şeklinde değiştirerek biyoiklimsel konfor üzerine etkili olmaktadır (Topçu, 1988). Bulut kapallılığı birimi Oktas olup, 0-9 arasında tam sayı değeri alır (Demir ve Demir, 2017).
- Ortalama radyan sıcaklık (T_{mrt}): Bir ortamdaki yüzeylerin yaydığı ısıma sıcaklığıdır. İnsan vücudunun enerji dengesini etkilemesi yönünden konfora etki eder (ASHRAE, 2001). Dış mekanlar için "ENVI-met (Bruse and Fleer, 1998), SOLWEIG (Lindberg et al., 2008) ve RayMan (Matzarakis et al., 2007; Matzarakis et al., 2010)" gibi yazılımlar aracılığıyla hesaplanabilmektedir.

Kişisel faktörler,

- Metabolik oran ve aktivite düzeyi: Metabolik oran, vücudun enerji üretim hızını ifade eden ve ısı konfor üzerinde doğrudan etkisi olan bir parametredir. Kişinin fiziksel aktivite türüne bağlı olarak metabolik oran değişir (Ji et al., 2018).
- Giysi izolasyonu: Giysiler vücutta ısı dağılımını etkileyerek vücut iç ısını korumaya yardımcı olur (Auliciems ve Szokolay, 2007). Konfor üzerinde etkili olan tekstilin ısı direnci, hava ve su buharını geçirgenliğidir (Hes, 2009).

Diğer faktörler, biyoiklimsel konfor üzerinde doğrudan etkiye sahip olmayan ancak çevresel ve kişisel faktörler üzerinde etkili olarak dolaylı etki eden; kişinin boyu, yaşı, kilosu, cinsiyeti, adaptasyon, hava kirliliği, yağış durumu, günlük varyasyonlar, sıcak gün sayısı, atmosferde bulunan oksijen miktarı gibi durumlardır (Matzarakis, 2003; Çınar, 2004).

2.2 Biyoiklimsel konfor hesaplama yöntemleri

Antik çağlardan bu yana iklimin insan yaşamı üzerine etkileri araştırılmaktadır. 18. yy. sonrasında bu çalışmalar niceliksel yönden ele alınmaya başlamış ve insanın enerji dengesi modellerine olan ihtiyaç dile getirilmeye başlanmıştır (Hobbs, 1995; Fukuoka, 1997). 1960'lardan sonra teknolojik gelişmeler paralelinde biyoiklimsel konforu hesaplamada, iklim ve insan vücudu arasındaki enerji etkileşimini deneysel yöntemlerle ele alan çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Höppe, 1997).

Thom (1959), geliştirdiği "Rahatsızlık İndeksi" [Discomfort Index] ile ıslak ve kuru termometre değerlerini kullanarak rahatsızlık bölgelerini belirlemiştir. Bu indeks, konforu sıcaklık değeri bakımından ele almaktadır. Thom'un Rahatsızlık İndeksi nispi nem ile birlikte ele alınarak Kyle (1994) tarafından yeniden formüle edilmiştir. Biyoiklimsel konforun sadece sıcaklık değeri ile temsil edilemeyeceğinden hareketle yüzden fazla basit konfor indeksi ortaya konmuştur (Jendritzky et al., 2012). Steadman (1979) sıcaklık ve nem parametrelerini kullanarak oluşturduğu hissedilen sıcaklık tablosunu yayınlamıştır (Çınar, 2004). Olgyay (1973) biyoiklimsel konfor durumunu; dış mekanlarda iklim koşullarının "21-27.5 °C sıcaklık, %30-65 bağıl nem ve 5 m/sn esen rüzgâr" olarak tanımladığı bir konfor diyagramı oluşturmuştur (Olgyay, 1973; Altunkasa, 1987). Daha sonraki yıllarda enerji dengesi modellerinin geliştirilmesiyle insan vücudunun ısı algılaması ile doğrudan ilişki kurabilen indeksler geliştirilmiştir (Jendritzky et al., 2012). Fanger (1970) ilk kez insan vücudunun ısı dengesi modeline dayanan bir yöntem ortaya koyarak bu alanda öncü olmuştur. Fanger'ın ortaya koyduğu konfor indeksinden geliştirilen Predicted Mean Vote (PMV)-Tahmini Ortalama Oy, 'Klima-Michel-Modell' gibi modeller o dönemde yaygın olarak kullanılan biyoiklimsel konfor indeksleri olmuştur (Höppe, 1997).

Biyoiklimsel konforu hesaplamak üzere geliştirilen yüzden fazla indeksin büyük bir kısmı iç mekân koşulları için geliştirilmiştir. İç mekân koşulları için geliştirilen bir indeks hesaplanması daha karmaşık olan dış mekanlar için doğrudan kullanılamamaktadır. İnsan vücudu ısı dengesine dayanan biyoiklimsel indeksler Çizelge 1'de görülmektedir. Bu indekslerden FES ve UCI dış mekânlar için geliştirilmiştir (Johansson et al., 2014).

Höppe ve Mayer (1987) tarafından termo-fizyolojik ısı dengesine dayanan Münih Bireysel Enerji Dengesi Modeli (MEMI) geliştirilmiştir (Höppe, 1997). Matzarakis ve Mayer (1996) bu modeli kullanarak ısı ortamlarının insanlar üzerindeki fizyolojik stres derecelerini anlamlı bir şekilde ortaya koyan Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık İndeksi-FES (Physiological Equivalent Temperature-PET)'i geliştirmiştir (Krüger et al., 2017). FES hesaplamalarında hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, bulutluluk, nispi nem, güneş radyasyonu, giysi izolasyonu, metabolik oran ve aktivite düzeyi parametreleri kullanılmaktadır (Gulyas et al., 2006; Lai et al., 2016). Elde edilen FES değerleri, referans sınıflarına göre derecelendirilerek ısı algılama düzeyleri belirlenir (Çizelge 2).

Çizelge 1. İnsan ısı dengesine dayanan biyoiklimsel konfor indeksleri (Johansson et al., 2014)

Biyoiklimsel Konfor İndeksi	Açıklama
Predicted Mean Vote (PMV)	Özellikle iç mekân için tasarlanmıştır. Hesaplamada hava sıcaklığı, nem, hava hareketleri, Tmrt, giysi ve aktivite durumu parametreleri kullanılır.
Standard Effective Temperature (SET*)	Özellikle iç mekân için tasarlanmıştır. Hesaplamada PMV indeksi ile aynı parametreleri kullanılır.
Effective Temperature (ET)	Özellikle iç mekân için tasarlanmıştır. Meteorolojik parametrelerle birlikte, ev içi giyim ve düşük yoğunluklu aktiviteler için standartlaştırılmıştır.
Perceived Temperature (PT)	Predicted Mean Vote denklemine dayalı bir indekstir, yalnızca dış mekânlar için tasarlanmıştır.
Physiologically Equivalent Temperature (PET)	Dış mekân kullanımı için geliştirilmiştir. ET indeksi ile aynı parametrelere dayanır.
Universal Thermal Climate Index (UTCI)	Dış mekân kullanımı için geliştirilmiştir. Giysi parametresini kullanmaz. Aktivite düzeyi 1,1 m/s yürüme hızı, metabolik oran 135 W/m ² olarak hesaplanır.

Çizelge 2. Fizyolojik eşdeğer sıcaklık değerlerine göre ısı algılama ve fizyolojik stres seviyeleri (Matzarakis et al., 1999)

FES (°C)	Isıl Algılama	Fizyolojik Stres Dereceleri
<4	Çok Soğuk	Çok Şiddetli Üşüme Stresi
4.1-8	Soğuk	Şiddetli Üşüme Stresi
8.1-13	Serin	Orta Dereceli Üşüme Stresi
13.1-18	Hafifçe Serin	Hafifçe Üşüme Stresi
18.1-23	Konforlu	Isıl Stres Yok
23.1-29	Hafifçe Ilık	Hafifçe Isınma Stresi
29.1-35	Ilık	Orta Dereceli Isınma Stresi
35.1-41	Sıcak	Şiddetli Isınma Stresi
>41	Çok Sıcak	Çok Şiddetli Isınma Stresi

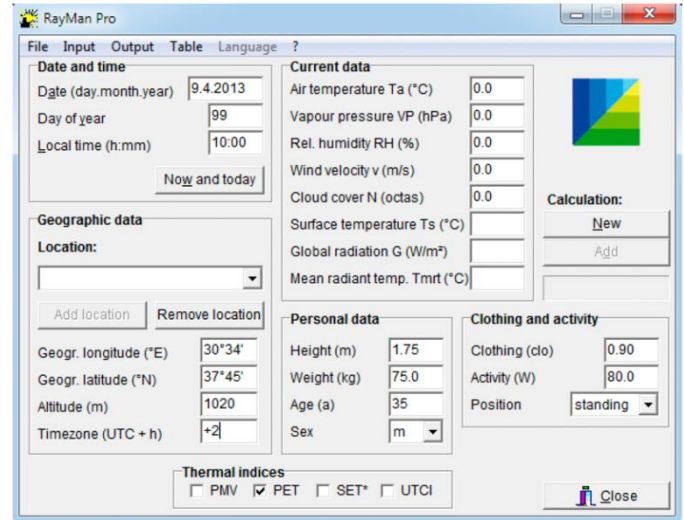
Dış mekân biyoiklimsel konfor hesaplamalarında kullanılan bir diğer rasyonel indeks, Evrensel Termal İklim İndeksi (Universal Thermal Climate Index-UTCI) çok düğümlü “Fiala” termoregülasyon modeli kullanılarak geliştirilmiştir (Blażejczyk et al., 2013). UTCI hesaplamalarında “kuru termometre sıcaklığı, su buharı basıncı veya bağlı nem, rüzgâr hızı (10 metre yükseklikte) ve ortalama radyan sıcaklık, metabolik hız ve giysi izolasyonu” parametreleri kullanılır. UTCI Çizelge 3’te yer alan değerlendirme tablosu aracılığıyla fizyolojik stres derecelerini ortaya koyar (Blażejczyk et al., 2013; Zare et al., 2018).

Çizelge 3. UTCI için ısı algılama (Zare et al., 2018)

UTCI (°C)	Isıl Algılama
>46	Aşırı Sıcak Stresi
38-46	Oldukça Kuvvetli Sıcak Stresi
32-38	Kuvvetli Sıcak Stresi
26-32	Orta Sıcak Stresi
20-26	Isıl Stres Yok
14-20	Hafif Soğuk Stresi
8-14	Orta Soğuk Stresi
2-8	Kuvvetli Soğuk Stresi
-4-2	Oldukça Kuvvetli Soğuk Stresi
-10-4	Aşırı Soğuk Stresi

Günümüzde biyoiklimsel konfor indeksleri, çeşitli yazılımlar aracılığıyla kolayca hesaplanabilmektedir. RayMan, ENVI-met ve SOLWEIG hesaplamalarda en sık kullanılan yazılımlardır. ENVI-met ayrıntılı mikro iklim simülasyonları sağlar fakat çok fazla hesaplama verisi gerektirir. SOLWEIG, Tmrt tahmininde uzmanlaşmıştır fakat dinamik kentsel ortamlar için sınırlı uyarlanabilirliğe sahiptir. RayMan (Şekil 1) Tmrt’yi

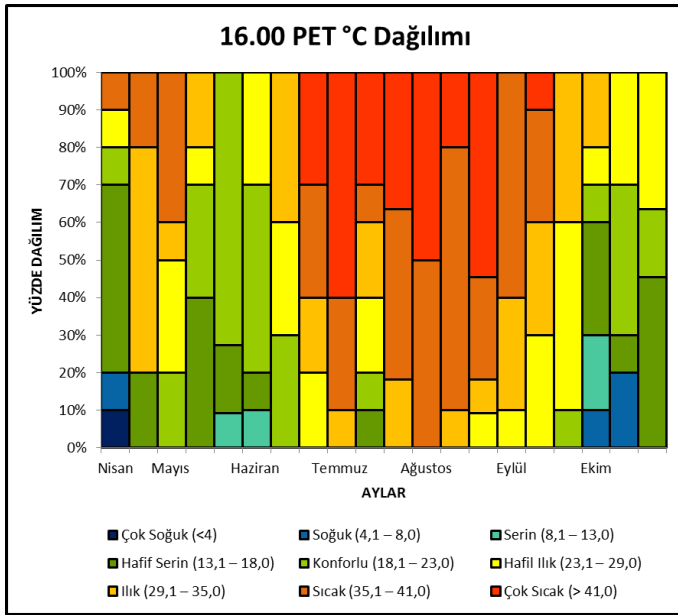
oldukça basit bir desende hesaplar ve ısı konforu hesaplamada birçok parametre için varsayılan değerleri kullanarak PMV, PET, SET, UTCI gibi indekslerin hesaplamalarını hızlıca yapmaya olanak sağlar (Meng et al., 2025).

**Şekil 1.** RayMan yazılımında çeşitli parametrelerin girildiği arayüz

RayMan yazılımında, çalışmada kullanılacak meteoroloji istasyonuna dair bilgiler ve kişisel faktörler girildikten sonra, iklim parametreleri manuel olarak ya da veri seti olarak girilerek farklı biyoiklim indeksleri için konfor değerleri hesaplanabilmektedir.

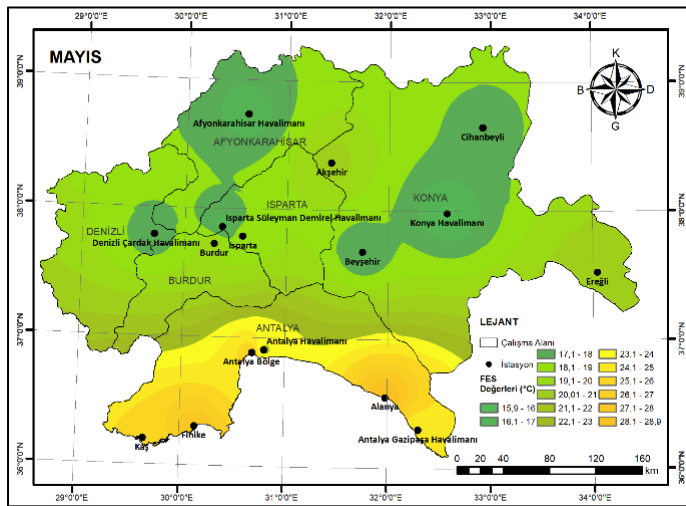
2.3 Biyoiklimsel konfor haritaları ve grafiksel gösterimler

Dış mekanlar için biyoiklimsel konfor değerleri amaca yönelik olarak on günlük, aylık, yıllık ya da uzun yıllık periyotlar için hesaplanabilir. Bu değerlerin dağılımlarıyla oluşturulan grafikler, planlama stratejileri oluşturma ve karar alma süreçlerinde yararlanılan araçlardan biridir. Şekil 2’de rekreasyonel planlama için geliştirilmiş bir biyoiklimsel konfor grafiği görülmektedir. Grafikler, yılın hangi zaman ve saatlerinde biyoiklimsel konforun sağlanabildiğini ortaya koymaktadır (Matzarakis and Karagülle, 2007; Toy ve Yılmaz, 2008).



Şekil 2. Fizyolojik eşdeğer sıcaklık dağılım grafiği (Mirza ve Topay, 2023)

Belli bir noktadan ölçülen verilerle hesaplanan biyoiklimsel konfor değerlerinin alansal dağılımları, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları kullanılarak yapılabilmektedir. Elde edilen veriler mekânsal enterpolasyon yöntemlerine tabii tutarak biyoiklimsel konfor haritaları elde edilir. Bu haritalar (Şekil 3), planlılara mekânsal analizler yapma ve mikroklimatik koşullara uygun stratejiler geliştirebilme imkânı sağlar (Topay, 2013; Balık ve Yüksel, 2014).



Şekil 3. Fizyolojik eşdeğer sıcaklık haritası, Göller Yöresi (Mirza ve Topay, 2022)

3. Sonuç ve Öneriler

Dış mekân biyoiklimsel konforu için yapılan çalışmalar bir bölgenin, hangi zaman aralıklarında hangi ısı konfor değerini taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu bilgiler peyzaj planlama, turizm planlaması, bölge planlama ve sağlık alanlarındaki planlama çalışmalarına iklimle uyumlu stratejilerin geliştirilmesi için bilgi sağlar. Dış mekân faaliyetleri için yapılacak planlamalarda, konforlu dönemleri bilerek bu veriler

işığında planlama çalışmalarını yürütmek gerekir (Toy ve Yılmaz, 2008; Adigüzel et al., 2019).

Son yıllarda iklim değişikliğinin de insan ısı konforu üzerinde olumsuz etkileri görülmektedir. Bugün iklim değişikliği sebebiyle dünya sanayi öncesi döneme kıyasla 1,0°C ısınmış buna bağlı olarak kuraklık, sel gibi aşırı hava olayları görülmeye başlamıştır. İklimdeki bu değişimin; su kaynakları, biyoçeşitlilik, flora, fauna, tarım alanları ve insan sağlığı üzerinde kritik ölçüde etkileri olmaktadır. Bu nedenle tarım, endüstri, yerleşim, ulaşım, turizm, rekreasyon alanları gibi konularda geniş ölçekli uyum ve dönüşüme ihtiyaç vardır (Doğan ve Tüzer, 2011; IPCC, 2018). Bu açıdan biyoiklimsel konfor verileri iklim değişikliği senaryoları ile birlikte ele alınarak yeni stratejiler geliştirmeye yardımcı olabilir.

Biyoiklimsel konforun planlama çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılması için;

- Biyoiklimsel konfor haritalarının peyzaj mimarları tarafından CBS yazılımları ile entegre edilerek karar alma süreçlerinde kullanılması,
- Planlama süreçlerinde biyoiklimsel konfor analizlerinin standart bir uygulama haline getirilmesi,
- İnsanlar için ısı konforun sağlanamadığı durumlarda yeşil alanları artırılması, hava akımlarını optimize etme, su öğeleri ve bitkisel tasarım gibi önlemlerle mikroklimatik koşulların düzenlenmesi,
- Peyzaj mimarlığı, iklim bilimi, şehir ve bölge planlama gibi meslek disiplinleri arasında ortak çalışma alanları oluşturarak biyoiklimsel konforun etkin kullanımının desteklenmesi,
- Akademik çalışmalar ile uygulayıcılar arasındaki bağlantının güçlendirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, planlama çalışmalarına biyoiklimsel konforun entegrasyonu bütüncül bir yaklaşım sağlar. Böylece insanlar için ısı açıdan konforlu, iklim açısından güvenli, yaşam kalitesi yüksek, sürdürülebilir, dirençli, iklim değişikliğine uyumlu yaşam ortamları oluşturmak mümkün olabilir.

Teşekkür

Bu çalışmada “Göller Yöresi İllerinin Biyoiklimsel Konfor Yapısının Belirlenmesi” başlıklı doktora tezindeki bazı verilerden faydalanılmıştır. Esra MİRZA SERT’in doktora eğitim sürecini “100/2000 YÖK Doktora Bursu” kapsamında maddi olarak destekleyen Yükseköğretim Kurumu’na teşekkürler.

Kaynaklar

- Adigüzel, F., Cetin, M., Kaya, E. Şimşek, M., Güngör, Ş., Bozdoğan Sert, E., 2020. Defining suitable areas for bioclimatic comfort for landscape planning and landscape management in Hatay, Turkey. Theoretical and Applied Climatology, 139, 1493–1503.
- Altunkasa, M.F., 1987. Çukurova bölgesi’nde biyoklimatik veriler kullanılarak açık ve yeşil alan sistemlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana.
- ASHRAE Standard 55, 1981. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE, Atlanta.

- ASHRAE, 2001. The 2001 ASHRAE Handbook. American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers, Atlanta.
- Auliciems, A., Szokolay, S.V., 2007. Thermal comfort. Plea Note 3 Passive and Low Energy Architecture International, Australia.
- Balık, H., Yüksel, Ü.D., 2014. Planlama sürecine iklim verilerinin entegrasyonu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 7(2), 1-6.
- Błażejczyk, K., Jendritzky, G., Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Epstein, Y., Psikuta, A., Kampmann, B., 2013. An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Geographia Polonica*, 86(1), 5-10.
- Boz Demir, A. Ö., Cengiz, C., 2021. Ilıman-nemli iklim bölgelerinde kentsel alanlarda biyoklimatik konfor. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 32, 1134-1139.
- Bruse, M., Fleer, H., 1988. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling & Software*, 13(3-4), 373-384.
- Çetin, M., Topay, M., Kaya, L. G., Yılmaz, B., 2010. Biyoiklimsel konforun peyzaj planlama sürecindeki etkinliği: Kütahya örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 83-95.
- Çetin, M., Şevik, H., Arıca, B., Çelik, D. M., 2018. Kuşadası'nda Biyokonfor: Kentsel Peyzaj Plan Kararları için Bir Araştırma, in: Birişçi, T., Kalaycı Önaç, A. (Eds.), *Kuşadası Peyzaj Değerleri*. PMO, Ankara, pp. 49-58.
- Çetin Zeren, İ., Şevik, H., 2020. Investigation of the relationship between bioclimatic comfort and landuse by using gis and rs techniques in Trabzon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 71.
- Çetinkaya, G., Uzun, O., 2014. *Peyzaj Planlama*. Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Çınar, İ., 1999. Fiziksel planlamada biyoklimatik veriler kullanarak biyokonforun oluşturulması üzerine Fethiye merkezi yerleşimi üzerinde araştırmalar. *Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*, İzmir.
- Çınar, İ., 2004. Biyoklimatik konfor ölçütlerinin peyzaj planlama sürecinde etkinliği üzerinde Muğla-Karabağlar yaylası örneğinde araştırmalar. *Ege Üniversitesi, Doktora Tezi*, İzmir.
- Demir, E., Demir, V.B., 2017. Predicting flight delays with artificial neural networks: case study of an airport. 25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Antalya, pp. 1-4.
- Doğan, S., Tüzer, M., 2011. Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(1), 21-34.
- Erdem, Ö., Güyagüler, T., 2009. Yüksek ısınin metabolizma ve çalışma performansı üzerindeki etkisi. *Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu*, Adana.
- Erol, O., 1993. Genel Klimatoloji. Gazi Büro Kitabevi, Ankara.
- Fukuoka, Y., 1997. Biometeorological studies on urban climate. *International Journal of Biometeorology*, 40, 54-57.
- Goulding, J.R., Owen Lewis, J., 1997. *Bioclimatic Architecture*. Lior E.E.I.G., Dublin.
- Gulyás Á., Ungera J. ve Matzarakis A., 2006. Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: modelling and measurements. *Building and Environment*, 41, 1713-1722.
- Hes, L., Loughin, C., 2009. Heat, moisture and air transfer properties of selected woven fabrics in wet state, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 2, 141-149.
- Hobbs, J.E., 1995. *Applied Climatology A Study of Atmospheric Resources*. Butterworths, London.
- Höppe, P., 1997. Aspect of human biometeorology in past, present and future. *International Journal of Biometeorology*, 40, 19-23.
- IPCC., 2018. Global Warming of 1,5°C. in: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp.616.
- Jendritzky, G., de Dear, R., Havenith, G., 2012. UTCI—Why another thermal index? *International Journal of Biometeorology*, 56, 421-428.
- Ji, W., Luo, M., Cao B., Zhu, Y., Geng Y., Lin, B., 2018. A new method to study human metabolic rate changes and thermal comfort in physical exercise by CO2 measurement in an airtight chamber. *Energy and Buildings*, 177, 402-412.
- Johansson, E., Thorsson, S., Emmanuel, R.C., 2014. Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – the need for standardization. *Urban Climate*, 10, 346-366.
- Kaynaklı, Ö., Kılıç, M., 2004. Vazodilatasyonun insan fizyolojisine etkisi ve terleme ile karşılaştırılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9(1), 183-194.
- Kyle W. J., 1994. The human bioclimate of Hong Kong. *Contemporary Climatology, Proc. of COC/IGU Meeting*, Masaryk University, Brno, Czech Republic, pp. 345-350.
- Krüger, E., Rossi, F., Drach, P., 2017. Calibration of the physiological equivalent temperature index for three different climatic regions. *International Journal of Biometeorology*, 61, 1323-1336.
- Lai, P.C., Choi, C.C.Y., Paulina, W., Thach, T.Q., Wong, C.M., Cheng, W., Krämer, A., Wong, C.M., 2016. Spatial analytical methods for deriving a historical map of physiological equivalent temperature of Hong Kong. *Building and Environment*, 99, 22-28.
- Linacre E., Geert, B., 1997. *Climates and Weather Explained*. Routledge, London.
- Lindberg, F., Holmer, B., Thorsson, S., 2008. SOLWEIG 1.0 – modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings. *International Journal of Biometeorology*, 52, 697-713.
- Maarouf, A.R., Munn R.E., 2005. Bioclimatology. in: Oliver, J.E. (Ed.), *Encyclopedia of World Climatology*, Springer, The Netherlands, pp. 158-164.
- Matzarakis, A., 2003. Assessing climate for tourism purposes: existing methods and tools for the thermal complex. *Proceedings of the 1st International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*, International Society of Biometeorology, Commission on Climate, Tourism and Recreation, Greece, pp.101-105.

- Matzarakis, A., Mayer, H., 1996. Another kind of environmental stress: thermal stress. who collaborating centre for air quality. Management and Air Pollution Control Newsletters, 18, 7-10.
- Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M.G., 1999. Application of universal thermal index: physiological equivalent temperature. International Journal of Biometeorology, 43, 76-84.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2007. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments- application of the RayMan model. International Journal of Biometeorology, 51(4), 323-334.
- Matzarakis, A., Karagülle, M.Z., 2007. Bioclimate information for Istanbul, Developments in Tourism Climatology- 3rd International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Alexandroupolis, Greece, pp. 166-171.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2010. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. International Journal of Biometeorology, 54(2), 131-139.
- Mirza, E., Topay, M., 2022. Göller yöresi illerinin biyoiklimsel konfor yapısının belirlenmesi ve termal algılama haritalarının oluşturulması. Ecological Perspective, 2(1), 67-86.
- Mirza Sert, E., Topay, M., 2023. Determination of bioclimatic comfort structure of the Isparta city center for outdoor recreation. Polish Journal of Environmental Studies, 32(6), 5773-5783.
- Moran J. M., Morgan M. D., Pauley P. M., 1997. Meteorology: The Atmosphere and Science of Wheather, Upper Saddle River, New York.
- Nikolopoulou, M., 2004. Designing Open Spaces in the Urban Environment: A Bioclimatic Approach. Centre for Renewable Energy Sources, Greece.
- Olgay, V., 1973. Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Princeton University Press, New Jersey.
- Shakir, A.K., 2007. Thermal comfort modelling of an open space (sport stadium). University of Strathclyde Glasgow, Yüksek Lisans Tezi, UK.
- Santos Nouri, A., Costa, J. P., Santamouris, M. Matzarakis, A., 2018. Approaches to outdoor thermal comfort thresholds through public space design: a review. Atmosphere, 9(3), 108.
- Thom, E. C., 1959. The discomfort index. Weatherwise, 12(2), 57-61.
- Topay, M., 2013. Mapping of thermal comfort for outdoor recreation planning using gis: the case of Isparta province (Turkey). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37, 110-120.
- Topçu, S., 1988. Açık ve bulutlu atmosfer koşullarında saatlik toplam ışıınım öngörüsü için bir model. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Toy, S., Yılmaz, S., Yılmaz, H., 2005. Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey, Building and Environment, 42(3), 1315-1318.
- Toy, S., Yılmaz, S., 2009. Peyzaj tasarımında biyoklimatik konfor ve yaşam mekanları için önemi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(1), 133-139.
- Toy, S., 2010. Biyoklimatik konfor değerleri bakımından Doğu Anadolu Bölgesi rekreasyonel alanlarının incelenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Türkeş, M., 2001. Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi 1, Ankara, 187-205.
- Yalçın, G., Demircan, M., Ulupınar, Y., Bulut, E., 2005. Klimatoloji-I. DMİ Yayınları, Ankara.
- Zare, S., Hasheminejad, N., Elahi Shirvan, H., Hemmatjo, R., Sarebanzadeh, K., Ahmadid, S., 2018. Comparing Universal Thermal Climate Index (UTCI) with selected thermal indices/environmental parameters during 12 months of the year. Weather and Climate Extremes, 19, pp. 49-57.

