



BAROFD

BARTIN ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

BARTIN JOURNAL OF FACULTY OF FORESTRY

1997

Bartın Orman Fakültesi Dergisi
Journal of Bartın Faculty of Forestry
2024, 26 (3)



ISSN: 1302-0943

e-ISSN: 1308-5875

Period: Third times per year

Founded: 1997

Publisher: Bartın University

Bartın Orman Fakültesi Dergisi

Journal of Bartın Faculty of Forestry

Publisher and Editor's Office

Bartın University
Faculty of Forestry, 1st Floor, Agdacı District,
Center Campus, 74100 Bartın-Turkey. Tel:
+90(378) 223 5101, Fax: +90(378) 2235062
E-mail: bofdergi@bartin.edu.tr, bofdergi@gmail.com

Editor-in-Chief

Birsen Durkaya, Prof.

Co-editor and Section Editors

Rıfat Kurt, Assoc. Prof.
Sinan Kaptan, Assoc. Prof.
Eser Sozen, Assoc. Prof.
Erol İmren, Assoc. Prof.
Ahmet Can, Assoc. Prof.
Esra Ceylan, Dr.

Editorial Board

Abdullah İstek
Bartın University, Bartın, Turkey.
E-mail: aistek@bartin.edu.tr

Antonio Lanzotti
The University of Naples Federico II, Napoli,
Italy.
E-mail: antonio.lanzotti@unina.it

Aslı Korkut
Namik Kemal University, Bartın, Turkey.
E-mail: aslikorkut@nku.edu.tr

Azize Toper Kaygın
Bartın University, Bartın, Turkey.
E-mail: atoperkaygin@bartin.edu.tr

Dalia Abbas
The University of Georgia, Athens, GA, USA.
E-mail: dabbas@uga.edu

Deniz Aydemir
Bartın University, Bartın, Turkey.
E-mail: denizaydemir@bartin.edu.tr

Dick Sandberg
Lulea University of Technology, Skelleftea,
Sweden.
E-mail: dick.sandberg@ltu.se

Haldun Muderrisoğlu
Düzce University, Düzce, Turkey.
E-mail: haldunm@duzce.edu.tr

Hideo Sakai
University of Tokyo, Tokyo, Japan.
E-mail: sakaih@fr.a.u-tokyo.ac.jp

Huseyin Sivrikaya
Bartın University, Bartın, Turkey.
E-mail: hsivrikaya@bartin.edu.tr

İsmet Dasdemir
Bartın University, Bartın, Turkey.
E-mail: idasdemir@bartin.edu.tr

Jerzy Smardzewski
Poznan University of Life Sciences, Poznan,
Poland.
E-mail: jsmardzewski@up.poznan.pl

Kevin Boston
Oregon State University, Corvallis, OR, USA.
E-mail: evin.boston@oregonstate.edu

Mir Mozaffar Fallahchai
Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
E-mail: Fallahchai@Liau.ac.ir

Peter Niemz
ETH-Zurich, Zurich, Switzerland.
E-mail: niemzp@retired.ethz.ch

Bartın Orman Fakültesi Dergisi (BAROFD) is a peer-reviewed journal published online three times a year (April, August, and December). Original research and invited review papers in English and Turkish are accepted for publication in the BAROFD. The Manuscripts submitted to the BAROFD are reviewed by the reviewers, and the review process is completed in 60 days. According to the reviewers' comments, the submitted manuscripts are accepted or declined. Manuscripts must be submitted on the understanding that they have not been published elsewhere and are not currently under consideration by another journal. BAROFD is open access, and the BAROFD provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. All articles in this journal are available free of charge from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/barofd>.

The BAROFD is abstracted and indexed by

Academic Journals Database	Journal Factor
AGRIS-FAO: Food and Agriculture Organization	OAJI: Open Academic Journals Index
AraştırMax	OCLC WorldCat
Bielefeld Academic Search Index	OpenAIRE
CAB Abstracts & Full Text	ResearchBIB: Academic Resource Index
Clarivate Analytics	ROAD: Directory of Open Access Scholarly Resources
Cosmos Impact Factor	Scientific Indexing Service
CrossRef	Scientific World Index
Directory of Research Journals Indexing	Scilit
DOI: Digital Object Identifier	Sobiad: Sosyal Bilimler Atf Dizini
Eurasian Scientific Journal Index	TROVE: National Library of Australia
Euro Forest Portal	International Institute of Organized Research (I2OR)
Google Scholar	ZDB
TR Dizin-ULAKBİM	ASOS Index
National Library OF Australia	Directory for Medical Articles (ScopeMed)
Journal TOCS	
Index Copernicus	
J-Gate: E-Journals Gateways	

Neither the University of Bartın nor the Faculty of Forestry accepts responsibility for the statements made or for the opinions expressed in the BAROFD. The university makes no representation or warranty of any kind, concerning the accuracy, completeness, suitability, or utility of any information, apparatus, product, or processes discussed in this publication; therefore, it assumes no liability. Except for fair copying, no part of this publication may be produced or stored in a retrieval system in any form or by any means electronic, mechanical, etc., or otherwise without the prior written permission of the BAROFD and without reference.

Bartın Üniversitesi ve Orman Fakültesi, BAROFD yayınlarında varılan sonuçlar veya fikirlerin sorumluluğunu taşımamaktadır. Üniversitenin, bu yayında ileri sürülen bilgi, alet, ürün ya da işlevlerin doğruluğu, bütünlüğü, uygunluğu ve kullanılabilirliği konusunda bir yüklenimi ve iddiası bulunmamaktadır. Bu sebeple herhangi bir nedenle sorumlu tutulamaz. Bu yayının herhangi bir kısmı, BAROFD'nin yazılı izni olmadıkça kaynak gösterilmeden yayınlanamaz, bilgi saklama sistemine alınamaz veya elektronik, mekanik vb. sistemlerle çoğaltılamaz.

CONTENTS

Research Articles

Pages

- Karacabey Subasar Ormanı Dişbudak Meşcerelerinde Yıllık Döküm Miktarı ve Bu Yolla Ekosisteme Giren Karbon ve Besin Maddesi 148 - 165
Annual Litterfall and Carbon and Nutrient Inputs into Ash Tree Stands in Karacabey Forested Wetlands
Temel Sarıyıldız
- IBA ve IAA Uygulamasının Çakal Eriği (*Prunus spinosa* L.) Çeliklerinin Köklenmesine Etkisi 166 - 176
*Effect of IBA and IAA Application on Rooting of Blackthorn (*Prunus spinosa* L.) Cuttings*
Eren Baş, Bilal Çetin, Muhammet Gülay
- Determining Urban and Rural Perceptions of Forest Ecosystem Services 177 - 195
Orman Ekosistem Hizmetlerine İlişkin Kentsel ve Kırsal Alguların Belirlenmesi
Beyzanur Baykalı, Gökhan Şen
- Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Plantasyon Alanlarında Motorlu Testere İle Kesimde Zaman Tüketimi, Verimlilik ve Maliyet Analizi 196 - 210
*Time Consumption, Productivity and Cost Analysis of the Motor Manual Tree Felling in the Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) Plantation Areas*
Tolga Öztürk, Batın Mehmet Yer, Muhittin İnan
- Ramsay Modeli ile Orman İşletme ve Fidanlıklarının Toplam ve Kısmi Faktör Verimlilikleri: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü Örneği 211 - 229
Total and Partial Factor Productivity of Forest Enterprises and Nurseries with the Ramsay Model: Example of Istanbul Regional Directorate of Forestry
Güven Kaya, Kenan Ok, Tuncay Porsuk
- Seasonal Vegetation Trends in Biomes of Türkiye: A Decade-Long (2014-2023) Analysis Using NDVI Time Series 230 - 243
Türkiye Biyomlarında Mevsimsel Bitki Örtüsü Trendleri: NDVI Zaman Serileri ile Son On Yılın (2014-2023) Analizi
Emre Aktürk
- Prioritization of Forest Resources for Sustainable Management of Iyiocha Stream Forest Reserve, Delta State, Nigeria 244 - 254
Iyiocha Çayı Orman Rezervinin Sürdürülebilir Yönetimi için Orman Kaynaklarının Önceliklendirilmesi, Delta Eyaleti, Nijerya
Kesiena Tina Ogeh, Saka Oladunni Jimoh
- Alansal Değişimin Susurluk Havzası Kocaçay Deltası Sulak Alanı'nda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi 255- 270
Determination of Land Change in the Susurluk Basin Kocaçay Delta Wetland Using Remote Sensing and Geographic Information Systems
Üzeyir Özaslan, Esin Erdoğan Yüksel
- An Environmentally Friendly Solvent for Cellulose Acetate Production: Ethyl Lactate 271 - 283
Selüloz Asetat Üretimi İçin Çevre Dostu Bir Çözücü Seçeneği: Etil Laktat
Emir Erişir, Esat Gümüşkaya

Okul Öncesi Eğitim Kurumlarının Mobilya Donatı Elemanları Açısından
Değerlendirilmesi: Isparta İli Örneği 284- 297
Evaluation of Kindergartens in terms of Furniture Equipment Elements: Example of Isparta Province
Sevim Nurşen Yazıcıoğlu, Merve Cambazoglu, Abdullah Sütçü

Review Articles and Editorials

Sürdürülebilirlik ve Ahşap Malzemede Yaşam Döngüsü Analizi Kullanımı 298 - 305
Sustainability and Use of Life Cycle Analysis in Wood Material
Göksu Şirin, Deniz Aydemir, Gökhan Gündüz

Karacabey Subasar Ormanı Dişbudak Meşcerelerinde Yıllık Döküm Miktarı ve Bu Yolla Ekosisteme Giren Karbon ve Besin Maddesi

Temel Sarıyıldız¹

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 12.02.2024

Kabul: 06.05.2024

Yayın: 15.08.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmanın temel amacı, Bursa Karacabey kıyusal subasar ormanlarında, iki farklı ortamdaki (subasar ve karasal) doğal dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) meşcerelerinin, c ($d_{1,3}=20-35,9$ cm) ve d ($d_{1,3}=36,0-51,9$ cm) gelişim çağlarında, ağaç bileşenlerinin (yaprak, dal, tohum ve diğer) yıllık döküm miktarı ve yıllık döküm ile ölü örtüye ulaşan karbon ve diğer makro (N, P, K, Ca, Mg ve S) ve mikro (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co) besin elementleri miktarlarını belirlemektir. Çalışma 2021, 2022 ve 2023 yıllarını kapsayacak şekilde yürütülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, çalışma alanında üç yıllık ortalama döküm miktarı, subasar ortamdaki “c” çağı meşcereleri için 8837 kg/ha/yıl, “d” çağı meşcereleri için 6384 kg/ha/yıl bulunurken, karasal ortamdaki “c” ve “d” çağı meşcereleri için bu değerler daha düşük olup sırasıyla 6793 ve 4737 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir. Toplam döküntüye, yaprak miktarının katkı oranı subasar ortamda c ve d çağı meşcerelerinde sırasıyla %38 ve %44 iken, bu oranlar karasal ortamda %34 ve %42 olarak belirlenmiştir. Döküntü miktarları meşcere tiplerine göre farklılık göstermiş ve genel olarak meşcere ortalama çapı arttıkça döküntü miktarları azalmıştır. Subasar ortamda, döküntü ile ekosisteme giren yıllık ortalama karbon ile diğer makro ve mikro besin maddesi miktarları, karasal ortamdan daha yüksek bulunmuştur. Örneğin, subasar ortamda c çağı meşcerelerinde C, N, P, K, Ca, Mg ve S girdileri sırasıyla 4377; 102; 20; 81; 218; 49 ve 41 kg/ha/yıl olarak hesaplanırken, karasal ortamda bu değerler sırasıyla 3352; 96; 16; 73; 227; 40 ve 35 kg/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışma ile dişbudak orman ekosistemlerinde döküntü üretimi ve besin maddesi girişinin subasar ve karasal ortam ile meşcere gelişim çağlarına göre farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur. Çalışma sonunda elde edilen veriler, atmosferik karbondioksiti ve azotu tutma ve depolama konusundaki büyük kapasiteleri nedeniyle iklim değişikliğinin azaltılmasında önemli bir role sahip, subasar orman ekosistemlerinin karbon, azot ve besin dinamiklerini anlamaya ve modellemeye faydalı sayısal bilgiler sağlaması açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler – *Fraxinus angustifolia*, sulak alanlar, orman ekosistemi, organik karbon, makro ve mikro besinler

Annual Litterfall and Carbon and Nutrient Inputs into Ash Tree Stands in Karacabey Forested Wetlands

¹ Bursa Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Bursa, Türkiye

Article History

Received: 12.02.2024

Accepted: 06.05.2024

Published: 15.08.2024

Research Article

Abstract – The amount of annual litterfall of tree components (leaves, branch, seed and other) and the amount of carbon and other macro (N, P, K, Ca, Mg and S) and micro (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni and Co) reaching into the forest floor by litterfall were determined in natural ash tree stands (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) in relation to two different environments (floodplain and terrestrial) and two different development stages (c and d stands) in Bursa Karacabey coastal forested wetlands. The study was conducted to cover the years 2021, 2022 and 2023. According to the findings, the 3-year average litterfall amounts of the flood plain site were 8837 kg/ha/year for the “c” age stands and 6384 kg/ha/year for the “d” age stands, while in the terrestrial site, these values are lower for “c” and “d” stands as 6793 and 4737 kg/ha/year, respectively. The proportions of foliage in the total litterfall in c and d development stages were 38 and 44% in the floodplain sites respectively, while they were 34 and 42% in the terrestrial sites respectively. The amount of litterfall varied according to stand types, and as the average diameter of the stand increases, the amount of litterfall generally decreases. The annual average amount of carbon and other macro and micronutrients inputs into the ecosystem through the litterfall in the floodplain sites was found to be higher than in the terrestrial sites. For example, the amounts of annual C, N, P, K, Ca, Mg and S entering the ecosystem by litterfall in the floodplain sites were calculated as 4377; 102; 20; 81; 218; 49 and 41 kg/ha/year respectively, while in the terrestrial sites, they were 3352; 96; 16; 73; 227; 40 and 35 kg/ha/year respectively. The study has revealed that litterfall production and nutrient input into the ash forest ecosystems vary according to floodplain and terrestrial environment and stand development stages. The results in this study are important in terms of providing numerical data useful for understanding and modelling the carbon, nitrogen and other nutrient dynamics of forested wetland ecosystems, which hold significant potential for climate change mitigation owing to their large capacity to sequester atmospheric carbon dioxide (CO₂) and nitrogen.

Keywords – *Fraxinus angustifolia*, wetlands, forest ecosystems, organic carbon, macro and micro nutrients

¹ temel.sariyildiz@btu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Orman ekosistemlerinde ağaçların gelişim dönemleri boyunca, vejetasyon döneminde fotosentez ile ürettikleri toprak üstü organik bileşenlerinin (yaprak/ibre, dal, kabuk, kozalak, çiçek, tomurcuk vb.) ağaç öldüğünde ya da olumsuz çevre şartlarına bağlı olarak (rüzgar, fırtına, sıcaklık, orman zararlısı böcekler vd.) canlı haldeyken toprak yüzeyine ulaşması olayına döküm, toprak yüzeyine düşen organik bileşende döküntü olarak isimlendirilmektedir (Irmak, 1972). Orman ekosistemlerinde her yıl tekrarlanan döküm olayı sonucunda toprak yüzeyinde biriken organik madde yığınları ise ölü örtüyü meydana getirmektedir (Kantarci, 2000). Ölü örtü bulunduğu ekosistemlerde, toprak özelliklerinin iyileştirilmesi (infiltrasyon kapasitesini ve perkolasyonu arttırmakta, strüktür, tekstür vb. özellikleri), yağış suyunun düzenlenmesi, evaporasyonun azaltılması ve erozyonun önlenmesi, toprak yüzeyinin korunmasından, enerji transferi ve besin döngüsüne kadar ekosistemin sürdürülebilirliği ve sağlığında önemli roller üstlenmektedir (Karagül, 1990; Maguire, 1994). Orman ekosistemlerinde ölü örtüyü önemli kılan neden ise ölü örtünün orman ekosistemini oluşturan bitki topluluklarının (ağaçlar, çalılar ve otsular) yanında toprak canlılarının (makro-meso-mikroorganizmalar) besin maddesi (makro ve mikro besin elementleri) kaynağı olmasıdır. Ölü örtünün mineralizasyonu ile salıverilen ve ağaçların gelişimi için ihtiyaç duydukları toprak besin elementleri, topraktan bitki tarafından alındıktan sonra döküm ile tekrar ölü örtüye ve sonrasında toprağa ulaşmaktadır.

Son yıllarda, farklı orman ekosistemlerinde ölü örtü dinamiklerini (döküntü miktarı, ölü örtü miktarı, ayrışma oranları ve etkileyen faktörler) araştırmaya yönelik ulusal ve uluslararası çalışmaların sayılarının arttığı anlaşılmaktadır. Bunun en önemli nedeni, ölü örtü dinamiklerinin orman toprakları içinde depolanan karbon ve azot miktarını ve döngüsünü etkilemesidir (Heal ve ark., 1997; Aerts, 1997). Raich ve Schlesinger (1992) kökler dahil ölü örtü ayrışmasının yıllık toplam karbon akışının yaklaşık % 70' ini oluşturduğunu bildirmiştir. Bu değer yaklaşık olarak $68 \times 10^{12} \text{ kg C yr}^{-1}$ civarındadır (Aerts, 1997).

Ölü örtü ayrışması üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, ölü örtünün ayrışması ve besin elementlerinin salıverilmesini etkileyen üç ana faktör bulunmaktadır. Bunlar; (1) ölü örtü ayrışmasının gerçekleştiği ortamın iklim özellikleri (özellikle sıcaklık ve yağış), (2) bu ortamda ayrışmayı gerçekleştiren mikroorganizmaların ve toprak canlılarının sayısı, çeşidi ve aktifliği ve (3) ayrışan ölü örtünün kimyasal bileşenleridir (özellikle toplam karbon, azot, hemiselüloz, lignin ve besin elementleri konsantrasyonları yada bunların birbirine olan oranları C:N, lignin:N gibi) (Berg ve ark., 1993). Bunlara ek olarak, Berg ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada mikro besin elementlerin ayrışmada önemli bir yeri olduğunu ve son ayrışma safhasında örneğin, manganın (Mn) organik maddede ligninin parçalanmasında önemli rol oynadığını bildirmiştir.

Orman ekosistemlerinde ölü örtünün en önemli kaynağını döküm oluşturduğundan ve özellikle ölü örtünün miktarını ve kimyasal kalitesini etkilediğinden, orman ekosisteminde meydana gelen biyojeokimyasal olayların önemli bileşenlerinden sayılmaktadır (Pitman ve ark., 2010). Bu öneminden dolayı, farklı orman ekosistemlerinin yıllık döküm miktarını belirlemeye yönelik uluslararası çok sayıda araştırmaya rastlamak mümkündür. Türkiye'de, Belgrad Ormanında *Fagus orientalis*, *Quercus* sp. ve *Pinus nigra* meşcerelerinde Irmak ve Çepel (1968) tarafından yapılan çalışmanın konusunda ilk olduğu bildirilmektedir. Sonrasında Özhan (1997), Çepel ve ark. (1988), Dündar (1988), Kutbay ve Horuz (2001), Tüfekçioğlu ve ark. (2005), Çakıroğlu (2011), Çakır ve Akburak (2017), Erkan ve ark. (2018), Çömez ve ark. (2019), Koray ve Tolunay (2020) ve Kiracıoğlu ve ark. (2023) tarafından farklı orman ekosistemlerinde yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türlerinde döküntü miktarlarını belirlemeye yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Döküntü miktarının çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği ulusal ve uluslararası çalışmalarda bildirilmiştir. Bu faktörlerden başlıcaları; (1) Ağaç türü, (2) Orman yaşı ile sıklık derecesi, (3) İklim- kısa veya uzun dönem iklimsel sapmalar, örneğin sıcaklık, yağış, fırtına, kırağı vb., (4) Toprak kalitesi ve (5) Çevresel faktörlerdeki kronik ya da aşırı değişimler, örneğin, hava kirleticilerinin veya deniz suyunun ağaçlar üzerine çökmesidir (Zhang ve ark., 2014; Krishna ve Mohan, 2017). Konu ile ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalardan anlaşıldığı üzere döküm ile ilgili çalışmalar daha çok karasal orman ekosistemlerinde yürütülmüştür. Oysa, biyoçeşitlilik bakımından ön plana çıkan ve dünya karbon stoğunun %8 kadarından sorumlu olduğu bildirilen

(Cseh, 2014; Sutfin ve ark., 2016) subasar ormanların döküm miktarı ve bu yolla ekosisteme kazandırılan karbon ve besin miktarı ile stokları konusunda çalışmaların oldukça sınırlı olduğu anlaşılmaktadır.

Yukarıda belirtilen döküntü miktarı üzerinde rol oynayan faktörlerin yanında, hidrolojinin ve su birikiminin (subasar ortamın) döküntü miktarı üzerinde etkili olduğuna dair literatürde sınırlı sayıda çalışmalar bulunmaktadır (Muzika ve ark., 1987; Tabacchi ve Planty-Tabacchi, 2003). Bilgimiz dahilinde, Türkiye subasar ormanlar üzerine ise konu ile ilgili yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Hidrolojinin özellikle dökülme zamanı üzerinde (şiddetli kuraklık şartlarında dökülme sürecini başlatarak) bir rol oynadığı bildirilmiştir (Lake, 1995; Rood ve ark., 2000). İspanya subasar ormanlık alanlarda (kavak, gürgen, dişbudak ve söğüt türlerinin baskın olduğu subasar orman alanlarında), Gonzalez (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, subasar ormanlarının yıllık toplam döküntü miktarının (ortalama 5630 kg/ha/yıl) Akdeniz ve İberya nehirlerinin kıyılarında yetişen ormanlardan (ortalama 5510 kg/ha/yıl) daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Fakat çalışmada, toplam döküm miktarına, yaprak katkı oranının (%57), dünya geneli nehir kıyısı orman ekosistemleri için bildirilen %70'den (Bray ve Gorham, 1964; Meentemeyer ve ark., 1982) daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

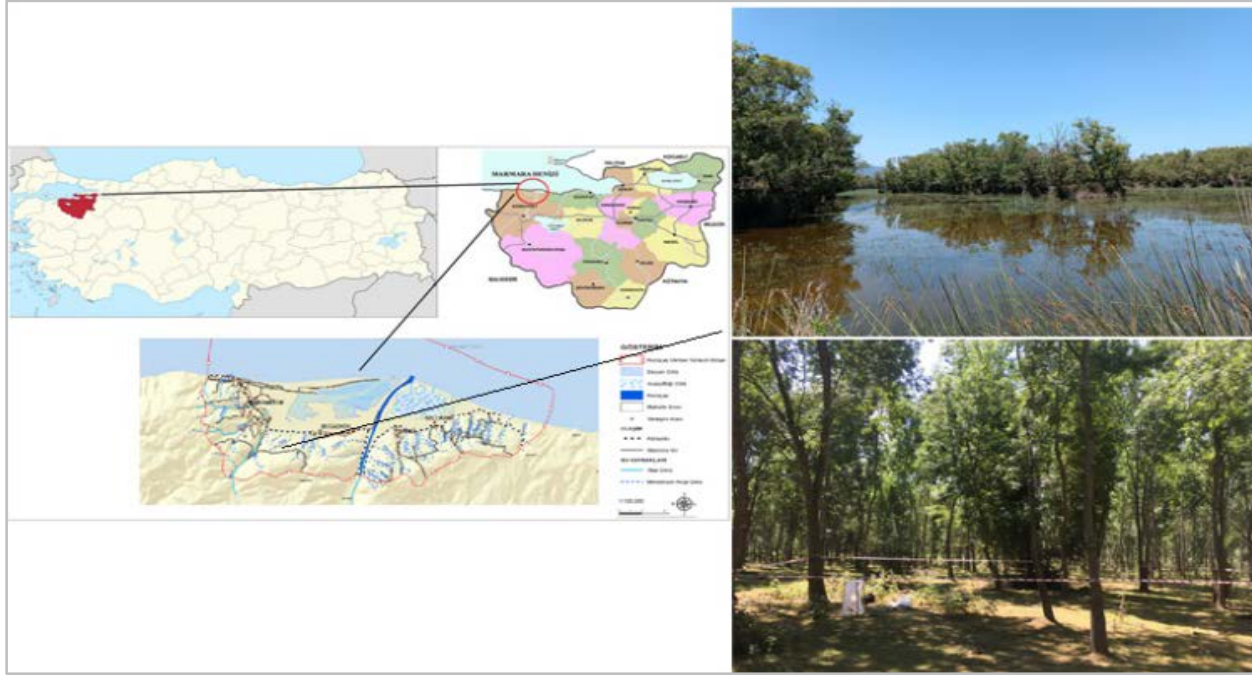
Çalışmanın amacı, Karacabey kıyasal subasar ormanlarında, iki farklı gelişim çağı (c ve d meşcereleri) ve iki farklı ortamdaki (subasar ve karasal) doğal dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) meşcerelerinin, ağaç bileşenlerinin (yaprak, dal, tohum ve diğer) yıllık döküm miktarı ve döküm ile ekosisteme giren karbon, makro (N, P, K, Ca, Mg ve S) ve mikro (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co) besin elementleri miktarları ile stoklarını ortaya koymaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı ve Meşcere Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışma, Bursa Karacabey Subasar (Longoz) doğal dişbudak ormanlarında gerçekleştirilmiştir, 40°23'38"-40°21'43" kuzey enlemleri ile 28°23'02"-28°52'21"-28°34'01" doğu boylamları (Şekil 1). Çalışma alanı konum itibarıyla kuş uçuşu Karacabey ilçe merkezine 16 km, Mudanya ilçe merkezine 33 km, Bandırma ilçe merkezine 43 km, Bursa il merkezine 51 km uzaklıktadır. Karacabey iklimi, Akdeniz ikliminin, az da olsa Karadeniz iklimine geçiş özelliği gösteren şeklidir. Yıllık sıcaklık ortalamasının 13,2 °C olduğu bölgede, en yüksek sıcaklık değeri ağustos ayı için 38,5 °C, en düşük sıcaklık ise şubat ayı için -9,7 °C olarak bildirilmiştir. Karacabey' in yıllık yağış miktarı ortalama 562 mm dir.

Akay ve ark. (2017) tarafından orman amenajman haritası kullanılarak hazırlanmış detaylı arazi kullanım tipi haritasında, Karacabey Subasar ormanlarının toplam alanı yaklaşık 3800 ha olarak bildirilmiştir. Orman Genel Müdürlüğü'nün alana ait e-Meşcere Haritasında, geniş yapraklı ormanların çoğunluğunu dişbudak ve kızılğaç saf veya karışık meşcereleri oluşturmaktadır. Karacabey subasar ormanlarında arazi yüzey yapısı kendi içinde tepelik bir arazi yüzeyi oluşturması yanında denizden ve çevrede bulunan iki lagün gölünden (Dalyan ve Arapçiftliği lagünleri) beslenen subasar ormanlarında, suyun toprak yüzeyinde uzun dönem (9-10 ay) ve kısa dönem (2-3 ay) kaldığı alanlar bulunmaktadır. Çalışmada, suyun toprak yüzeyinde uzun dönem kaldığı alanlar subasar ortam, kısa süre kaldığı alanlar ise karasal ortam olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 1. Karacabey subasar ormanlarının konumu ve dişbudak çalışma sahası subasar ve karasal ortam görselleri

2.2. Çalışma Alanı Meşcere zelliklerinin Belirlenmesi

Deneme alanlarındaki tüm ağaçların ggs yüksekliğindeki ($d_{1,30}$ cm) apları kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Dijital boy ölçer yardımıyla ağaçların toplam boyları belirlenmiştir. Ağaçlarının ortalama yaşı, deneme alanında seçilen üç farklı ağaçta artım burgusu kullanılarak yapılmış ve ölçümlerin ortalaması olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının meşcere kapalılığının belirlenmesinde meşcere haritasından yararlanılmış olup, arazide ağaçların toprak yüzeyini örtme durumları incelenerek ayrıca teyit edilmiştir.

2.3. Döküntünün Belirlenmesi ve Analizi

Subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak ağaçlarından dökülen ve ölçü örtüye katılan miktar, araziye yerleştirilen ölçü örtü yakalama tuzakları yardımıyla aylık/yıllık olarak örneklenmiştir. Bu amaçla, 1 m yükseklikte, ıtadan yapılmış, $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,25 \text{ m}^2$ alana sahip döküntü yakalama kapanları kullanılmıştır (Şekil 2). Her bir deneme alanına, beş adet kapan yerleştirilmiştir. Deneme alanlarına yerleştirilen ölçü örtü kapanlarına düşen ölçü örtü kısımlarının (yaprak, dal, tohum, diğer kısımları) rneklenmesi 2021, 2022 ve 2023 yıllarında yapılmıştır.



Şekil 2. Toprak yüzeyine dökülen ölü örtünün belirlenmesi amaçlı döküntü yakalama tuzakları sulak ve karasal ortamdaki dişbudak deneme alanlarına yerleştirilmiştir

Laboratuvara getirilen dökülen ölü örtü örnekleri etüvlerde 65 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Örneklerin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farktan elde edilen nem değerleri kullanılarak dökülen ölü örtü bileşenlerinin kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Sonrasında, döküntü örneklerinin bir kısmı tüm bileşenler dahil (yaprak, ince dal, tohum, kabuk) birlikte öğütülmüş (karma örnek) ve kimyasal analize hazır hale getirilmiştir. Öğütülen örnekler, poşetlere konularak analize kadar buzdolabında muhafaza altına alınmıştır.

Birlikte öğütülen ölü örtünün karbon ve azot miktarı Eurovector EA3000-Single CNH-S elementer analiz cihazında, diğer makro ve mikro besin analizleri Spectro markalı Xepos II modeli olan XRF (X-Işını Floresans Spektrometresi) yardımıyla tayin edilmiştir.

2.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmada örnekleme alanlarından toplanan döküntü bileşenlerinin miktarı, karbon ve besin maddesi yoğunlukları, bu yolla ölü örtüye giren karbon ve besin maddesi stoku bakımından meşcere gelişim çağıları (c ve d) ile yetişme ortamı (subasar ve karasal ortam) arasındaki farklılıklar ile döküntü miktarı bakımından örnekleme yılları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucunda anlamlı farklılıklar bulunması durumunda, ortalamaların karşılaştırılması Duncan testi ile yapılmıştır. İstatistik işlemler SPSS istatistik paket programı (IBM SPSS 20.0) kullanılarak yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Çalışma Alanı Meşcere Özellikleri

Çalışma alanındaki subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak c ve d gelişme çağındaki meşcerelerinin bazı özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Subasar ortamda, örnekleme alanlarındaki dişbudak ağaçlarının ortalama yaşları 79 ile 83 yıl, boyları 15,5 m ile 17,1 metre ve çapları 33,5 cm ile 48,4 cm arasında belirlenirken, karasal ortamda, ortalama yaşları 68 ile 74 yıl, boyları 17,3 ile 20,4 m ve çapları 28,2 ile 37,9 cm olarak belirlenmiştir.

Tablo 1

Karasal ve subasar ortamda, c ve d çağında dişbudakta alınan deneme alanlarındaki örnek ağaçların ortalama çap, boy, yaş ve kapalılık değerleri.

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Çap (cm)	Boy (m)	Yaş (Yıl)	Tepe Kapalılığı
		Ort. ± S.S.	Ort.±S.S.	Ort.±S.S.	
Subasar ortam	Dşc3	33,5 ± 2,24	15,5 ± 1,42	79 ± 2,12	Kapalı ve tam kapalı 3 (%71 - %100)
	Dşd3	48,4 ± 3,56	17,1±1,16	83 ± 3,25	
Karasal ortam	Dşc3	28,2 ± 1,34	17,3 ± 0,54	68 ± 4,22	Kapalı ve tam kapalı 3 (%71 - %100)
	Dşd3	37,9 ± 1,26	20,4±2,26	74 ± 4,15	

3.2. Döküntü miktarı

Çalışma alanındaki subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak c ve d gelişme çağındaki meşcereler için belirlenen 2021-2022 ve 2023 yılları ile bu yıllara ait döküntü bileşenleri ortalama değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

2021, 2022 ve 2023 yılları arasında subasar ve karasal ortamda, c ve d meşcere gelişim çağlarında dişbudakta yıllık döküntü miktarı (kg/ha).

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Dökülme bileşenleri	Döküntü yılı ve miktarı (kg/ha)			
			Ort.±S.S.			
			2021	2022	2023	Ortalama
Subasar ortam	Dşc3	Yaprak	3149dB±276	4137cC±356	2670cA±132	3319dB±244
		Dal	1884cAB±113	2232cC±89	1770cA±65	1962bB±38
		Tohum	1110bA±89	1429cC±87	1120cA±55	1220cB±46
		Diğer	2455dB±148	2774dC±176	1780cA±61	2336dB±124
		Toplam	8599cB±342	10571dC±397	7340cA±265	8837dB±271
	Dşd3	Yaprak	2293cA±179	2970bBC±288	3150dC±134	2804cB±122
		Dal	1444bB±59	1260aA±70	1360aA±68	1355aAB±55
		Tohum	1056bA±89	1067abA±53	1020bcA±51	1048bA±61
		Diğer	1304bB±66	1209bA±67	1020bA±39	1178bAB±48
		Toplam	6098b±245	6505b±327	6550b±297	6384b±221
Karasal ortam	Dşc3	Yaprak	1910bA±118	3112bC±190	1850aA±57	2291bB±49
		Dal	1551bA±79	2014bC±65	1640bAB±66	1735bB±68
		Tohum	754aA±51	1166bC±78	880bAB±45	933bB±33
		Diğer	1782cA±185	1749cA±137	1970cA±122	1834cA±88
		Toplam	5998bA±254	8041cC±241	6340bAB±311	6793cB±243
	Dşd3	Yaprak	1400aA±70	2142aCD±136	2360bD±132	1967aBC±69
		Dal	1157aA±50	1435aBC±60	1540bC±47	1377aB±38
		Tohum	531aBC±37	863aD±37	450aAB±31	615aC±22
		Diğer	899aC±98	813aB±52	620aA±44	778aB±56
		Toplam	3987aA±167	5254aC±174	4970aB±122	4737aB±139

Sütunlardaki aynı küçük harfler, döküntü bileşenlerinin meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0,05$), yataydaki aynı büyük harfler ise döküm bileşenlerinin yıllar arasında fark bulunmadığını ($P>0,05$) göstermektedir.

Çalışmada son 3 yıla ait toplam döküntü miktarının (yaprak, dal, tohum, kabuk ve diğer kısımlara) ortalaması subasar ortamda c çağı meşcereleri için 8837 kg/ha, d çağı meşcereleri için 6384 kg/ha iken, karasal ortamda bu değerler daha düşük olarak sırasıyla 6793 kg/ha ve 4737 kg/ha olarak belirlenmiştir. Meşcere gelişme

çağları birlikte değerlendirildiğinde, subasar ortamda yetişen dişbudak meşcerelerinde ortalama yıllık döküm miktarı 7611 kg/ha iken, karasal ortamda bu değer 5765 kg/ha olarak hesaplanmıştır.

Yıllar arasında en yüksek yıllık döküntü miktarının 2022 yılında olduğu görülmüştür. Yıllık döküntünün en az olduğu yıl ise yetişme ortamına ve meşcere tipine göre değişiklik göstermiştir.

Son üç yıl içinde, subasar ortamda en düşük döküntü miktarı 6098 kg/ha/yıl ile 2021 yılında Dşd3 meşcerelerinde, en yüksek miktar ise 10571 kg/ha/yıl ile 2022 yılında Dşc3 meşcerelerinde belirlenmiştir. Karasal ortamda yetişen dişbudak ise en düşük döküntü miktarına 3987 kg/ha/yıl ile 2021 yılında Dşd3 meşcerelerinde, en yüksek miktarına ise 8041 kg/ha/yıl ile 2022 yılında Dşc3 meşcerelerinde sahip olmuştur.

Toplam dökülme bileşenleri içinde yaprak döküntülerinin oranı subasar ortamdaki Dşc3 meşcerelerinde % 38 olup, yaprakları %26 ile diğer döküntüler, % 22 ile ince dal, % 14 ile tohum takip ederken, karasal ortamda aynı meşcere tipinde yaprakların oranı %34 olup, yaprakları %27 ile diğer döküntüler, %26 ile dal oranı ve %14 ile tohum oranı takip etmiştir.

Subasar ortamdaki Dşd3 meşcerelerindeki yaprak döküntü oranı ise % 44 olup, yaprakları % 21 ile ince dal, %18 ile diğer döküntüler ve % 16 ile tohum takip ederken, karasal ortamda aynı meşcere tipinde yaprakların oranı %42 olup, yaprakları %29 ile dal oranı, %16 ile diğer döküntüler ve %13 ile tohum oranı takip etmiştir.

Yaprak dökümü şubat ve mart aylarında en az döküm yaparken, ekim ayında ise en fazla dökümü gerçekleştirmiştir (Şekil 3). Döküntü bileşenleri birlikte değerlendirildiğinde, toplam döküntü miktarı ocak ve şubat aylarında en düşük, toplam mayıs ve ekim aylarında en yüksek değerlere ulaştığı aylar olmuştur (Şekil 4).

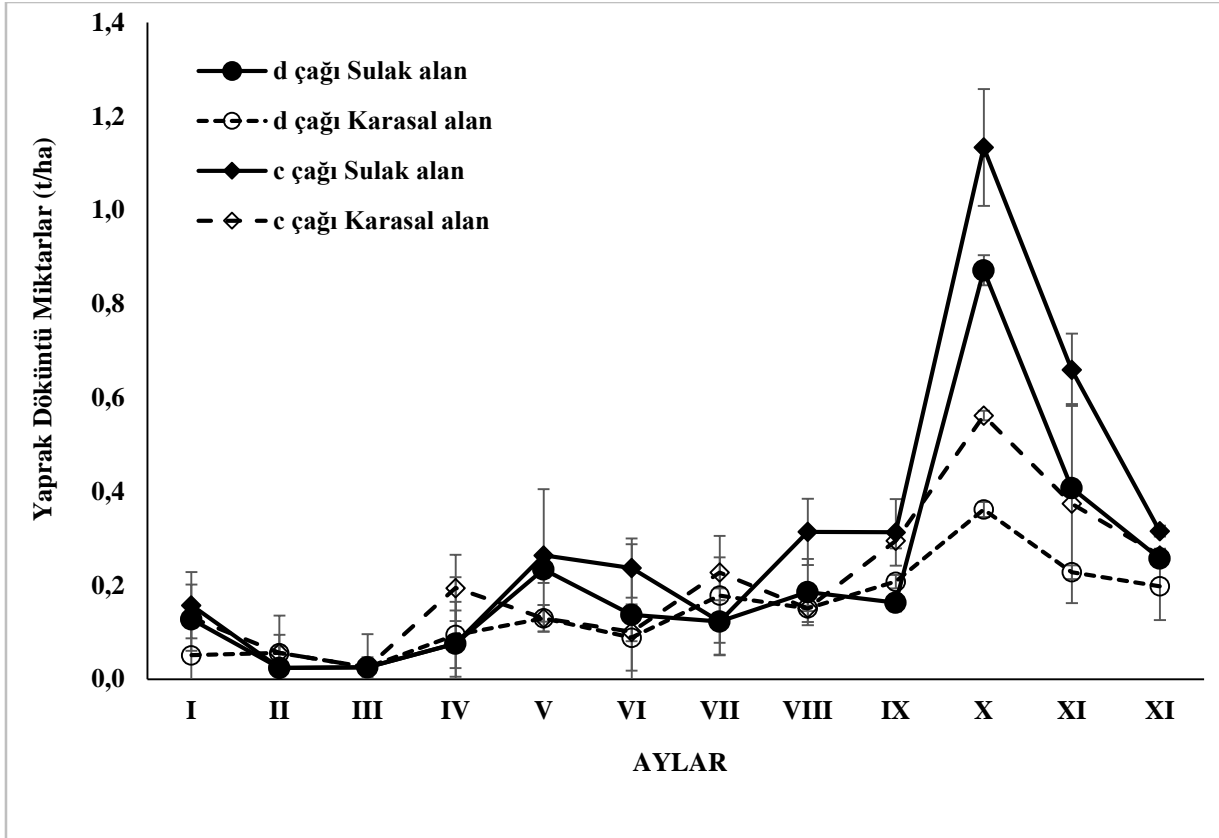
Genel olarak, hem subasar hem de karasal ortamda yıllık yaprak ve toplam döküntü miktarının c çağı meşcerelerinde d çağı meşcerelerine göre daha yüksek miktar gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).

3.3. Döküntü Makro ve Mikro Besin Konsantrasyonu

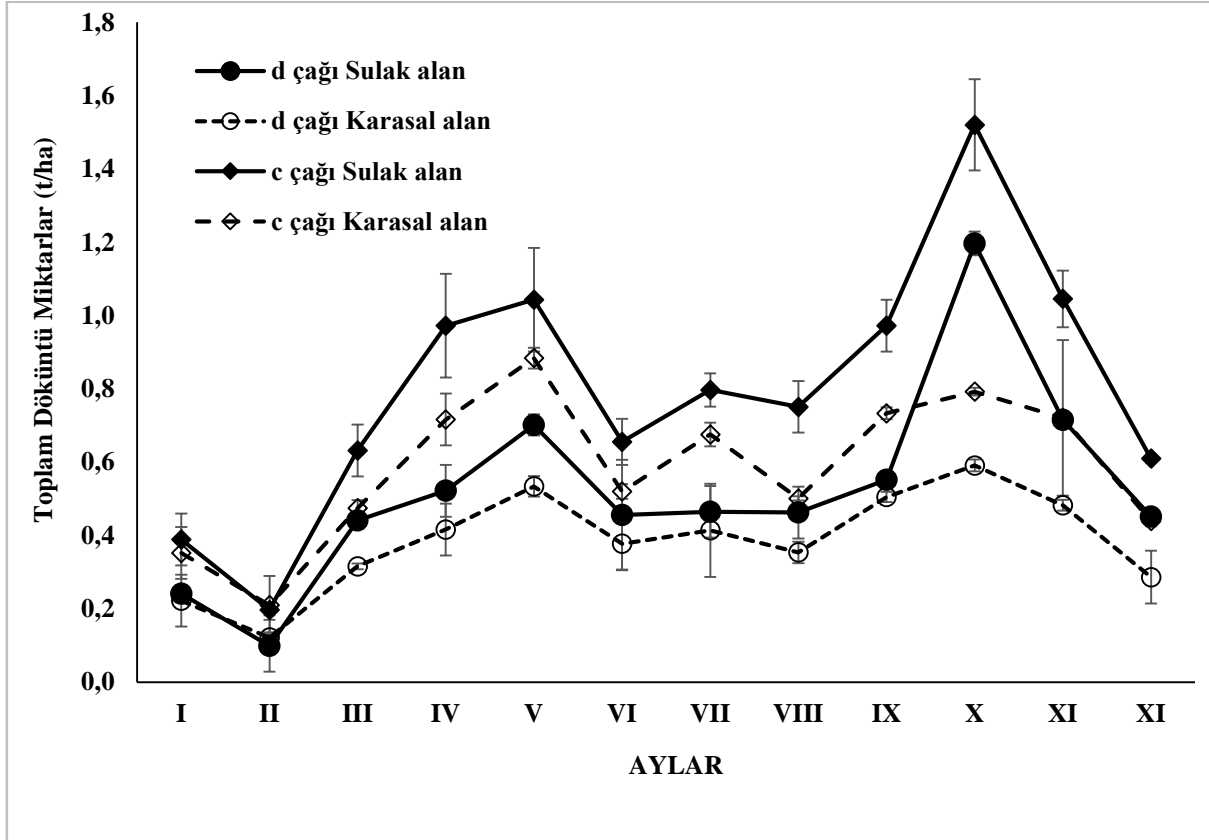
Subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak c ve d gelişme çağındaki meşcerelerindeki döküntü bileşenlerinin içerdiği makro besin konsantrasyonu Tablo 3 ve mikro besin konsantrasyonu ise Tablo 4’de verilmiştir.

Genel olarak döküntü bileşenlerinin tümü birlikte değerlendirildiğinde, subasar ortamda yetişen dişbudağın döküntüsünün makro besin konsantrasyonu karasal ortama göre daha düşük bulunmuştur (Tablo 3). Her iki yetişme ortamında karbon haricinde, c gelişme çağı meşcerelerinin döküntüsünün makro besin konsantrasyonu, d gelişme çağına göre daha yüksek belirlenmiştir (Tablo 3).

Mikro besin elementlerinden Fe ve Mn haricindeki diğer mikro besin elementleri, makro besin elementlerinin tersine, en yüksek konsantrasyonu subasar ortamdaki döküntüde göstermiştir (Tablo 4). Bununla beraber, makro besin elementlerinde olduğu gibi, hem subasar ve hem de karasal ortamda mikro besin elementleri konsantrasyonu c gelişme çağı meşcerelerindeki döküntüde, d gelişme çağındaki meşcerelere göre daha yüksek konsantrasyonu göstermiştir (Tablo 4).



Şekil 3: Dişbudak yaprak döküntü miktarının aylara göre değişimi



Şekil 4: Dişbudak toplam döküntü miktarının aylara göre değişimi

Tablo 3

Subasar ve karasal ortamda, c ve d gelişme çağındaki dişbudak meşcerelerinin döküntü bileşenlerinin makro besin konsantrasyonu (%)

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Döküntü bileşeni	C	N	Ca	Mg	P	K	S
Subasar ortam	Dşc3	Yaprak	44,9	1,78	2,23	0,59	0,22	1,04	0,63
		Dal	52,9	0,88	2,46	0,36	0,13	0,47	0,21
		Tohum	51,2	0,68	2,36	0,53	0,40	1,19	0,53
		Diğer	52,4	0,74	2,88	0,70	0,21	0,97	0,41
		Ortalama	50,4	1,02	2,48	0,54	0,24	0,92	0,44
	Dşd3	Yaprak	46,9	1,51	2,01	0,51	0,21	0,88	0,51
		Dal	54,8	0,98	2,16	0,31	0,11	0,41	0,20
		Tohum	51,8	0,55	2,13	0,49	0,35	0,79	0,43
		Diğer	52,7	0,82	2,65	0,53	0,17	0,83	0,35
		Ortalama	51,6	0,96	2,24	0,46	0,21	0,73	0,37
Karasal ortam	Dşc3	Yaprak	45,1	2,05	3,65	0,72	0,23	1,08	0,72
		Dal	49,7	1,12	3,19	0,40	0,16	0,59	0,24
		Tohum	52,1	0,95	3,59	0,61	0,43	1,51	0,67
		Diğer	52,9	1,10	2,94	0,58	0,21	1,29	0,43
		Ortalama	50,0	1,31	3,34	0,58	0,26	1,12	0,51
	Dşd3	Yaprak	46,7	1,89	3,14	0,62	0,20	0,99	0,63
		Dal	51,1	1,314	2,97	0,39	0,13	0,47	0,20
		Tohum	52,8	0,99	3,28	0,55	0,41	1,34	0,59
		Diğer	53,4	1,12	2,47	0,54	0,19	1,08	0,38
		Ortalama	51,0	1,33	2,96	0,52	0,23	0,97	0,45

Tablo 4

Subasar ve karasal ortamda, c ve d gelişme çağındaki dişbudak meşcerelerinin döküntü bileşenlerinin mikro besin konsantrasyonu (ppm)

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Döküntü bileşeni	Fe	Mn	Na	Cu	Zn	Cl	Ni	Co
Subasar ortam	Dşc3	Yaprak	4204,1	198,5	19530,2	19,4	45,1	5807,7	36,4	12,7
		Dal	894,3	83,4	5478,7	215,7	215,7	979,5	65,5	12,2
		Tohum	1513,4	75,6	12210,6	20,3	49,3	2813,2	19,4	10,4
		Diğer	1998,3	115,7	13560,3	19,9	52,8	3747,1	36,9	7,23
		Ortalama	2152,5	118,3	12695,0	68,8	90,7	3336,9	39,6	10,6
	Dşd3	Yaprak	3789,4	155,4	12154,2	14,7	36,4	4697,4	27,4	10,7
		Dal	445,6	47,7	4312,3	158,2	201,1	723,2	43,5	11,5
		Tohum	522,2	65,7	11213,1	16,5	34,5	1789,7	15,7	6,44
		Diğer	1457,7	102,2	11245,8	13,3	41,6	2641,2	21,5	2,46
		Ortalama	1553,7	92,8	9731,4	50,7	78,4	2462,9	27,0	7,78
Karasal ortam	Dşc3	Yaprak	5694,1	172,5	3440,4	12,2	31,4	4856,4	19,4	7,67
		Dal	1155,6	135,4	3340,4	20,4	52,7	765,6	18,9	8,53
		Tohum	1974,7	112,8	2850,3	18,7	39,1	1165,1	16,3	9,48
		Diğer	1639,9	150,2	4090,7	16,6	37,5	3337,7	17,7	6,23
		Ortalama	2616,1	142,7	3430,5	17,0	40,2	2531,2	18,1	7,98
	Dşd3	Yaprak	4357,5	112,8	2478,2	9,47	24,5	3467,7	15,7	5,57
		Dal	712,7	124,7	2466,7	14,4	42,7	531,5	13,5	6,23
		Tohum	1547,6	97,2	2154,5	12,7	26,2	1011,6	12,2	4,77
		Diğer	2314,3	214,3	3155,2	12,3	27,7	2761,3	13,1	3,45
		Ortalama	2233,0	137,3	2563,7	12,2	30,3	1943,0	13,6	5,01

3.4. Döküntü Makro ve Mikro Besin Stoku

Subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak c ve d gelişme çağındaki meşcerelerindeki döküntünün içerdiği makro besin stoku Tablo 5, mikro besin stoku ise Tablo 6'da verilmiştir.

Subasar ortamdaki dişbudak meşcerelerinin döküntü makro besin stoku karasal ortama göre daha yüksek bulunmuştur (Tablo 5). Her iki yetişme ortamında da c gelişme çağı meşcerelerindeki makro besin stoku değerleri d gelişme çağı meşcerelerine göre daha yüksek belirlenmiştir.

Tablo 5

Subasar ve karasal ortamda, c ve d gelişme çağındaki dişbudak meşcerelerinin döküntü makro besin stoku (kg/ha)

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Döküntü bileşeni	C	N	P	K	Ca	Mg	S
Subasar ortam	Dşc3	Yaprak	1490,2c	59,2c	7,39c	34,5d	74,0b	19,5cd	20,8c
		Dal	1038,4c	17,2b	2,46b	9,18c	48,2c	7,07b	4,19c
		Tohum	625,2c	8,34b	4,92c	14,5bc	28,8b	6,15bc	6,43bc
		Diğer	1224,1d	17,2cd	4,80c	22,7c	67,4d	16,3d	9,46d
		Toplam	4377,9c	101,8c	19,6c	80,8c	218,4bc	48,9c	40,9c
	Dşd3	Yaprak	1265,3b	57,5c	6,52bc	30,3c	102,5d	20,3d	20,1c
		Dal	673,7a	15,2a	2,16ab	7,96b	43,2b	5,56a	3,27b
		Tohum	546,5bc	9,97c	4,51bc	15,9c	37,7c	6,44c	7,02c
		Diğer	623,3b	13,0b	2,47b	15,2b	34,6b	6,82b	5,04b
		Toplam	3108,8b	95,6b	15,7b	69,3b	217,9b	39,0b	35,4b
Karasal ortam	Dşc3	Yaprak	1033,1a	46,9b	5,32ab	24,7b	83,7c	16,6bc	16,4b
		Dal	862,2b	19,5d	2,77b	10,2c	55,3d	7,04b	4,18c
		Tohum	486,7b	8,83bc	4,01b	14,1b	33,5c	5,73b	6,25b
		Diğer	970,6c	20,2d	3,84c	23,6c	53,9c	10,6c	7,85c
		Toplam	3352,6b	95,5b	15,9b	72,7b	226,5c	39,9b	34,7b
	Dşd3	Yaprak	919,5a	37,1a	4,02a	19,4a	61,7a	12,1a	12,5a
		Dal	704,8a	18,1cd	1,82a	6,44ab	40,9a	5,38a	2,80a
		Tohum	324,4a	6,17a	2,53a	8,26a	20,1a	3,46a	3,62a
		Diğer	415,9a	8,76a	1,46a	8,38a	19,2a	4,23a	2,99a
		Toplam	2364,6a	70,0a	9,84a	42,5a	141,9a	25,0a	21,9a

Sütünlardaki aynı küçük harfler, döküntü bileşenlerinin meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0,05$) göstermektedir.

Subasar ortamdaki döküntü mikro besin elementi stoku karasal ortamdaki ölü örtüden daha yüksek değer göstermiştir (Tablo 6). Makro besin elementi stokunda olduğu gibi, her iki yetişme ortamında da c gelişme çağı meşcerelerindeki mikro besin stoku değerleri d gelişme çağı meşcerelerine göre daha yüksek belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6

Subasar ve karasal ortamda, c ve d gelişme çağındaki dişbudak meşcerelerinin döküntü mikro besin stoku (kg/ha)

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Döküntü bileşeni	Fe	Mn	Na	Cu	Zn	Cl	Ni	Co
Subasar ortam	Dşc3	Yaprak	13,9b	0,66b	64,8c	0,06c	0,15b	19,3d	0,12b	0,04b
		Dal	1,75bc	0,16b	10,8d	0,42b	0,42b	1,92c	0,13b	0,02c
		Tohum	1,85c	0,09a	14,9b	0,03c	0,06d	3,43c	0,02c	0,01b
		Diğer	4,67b	0,27a	31,7c	0,04b	0,12c	8,76c	0,08c	0,02b
		Toplam	22,2c	1,18b	122,1d	0,55b	0,76b	33,4d	0,35c	0,09c
	Dşd3	Yaprak	12,6b	0,51b	40,3b	0,05b	0,12b	15,6c	0,09b	0,03b
		Dal	1,27a	0,09a	8,46c	0,31b	0,40b	1,42b	0,09b	0,02c
		Tohum	0,54a	0,08a	13,7b	0,02bc	0,04c	2,18b	0,02bc	0,01b
		Diğer	3,40a	0,24a	26,3b	0,03ab	0,10b	6,17b	0,05b	0,01a
		Toplam	17,8ab	0,922a	88,7c	0,41b	0,65b	25,4c	0,24b	0,07b

Tablo 6
(devam ediyor)

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Döküntü bileşeni	Fe	Mn	Na	Cu	Zn	Cl	Ni	Co
Karasal ortam	Dşc3	Yaprak	13,0b	0,39a	7,88a	0,03a	0,07a	11,1b	0,04a	0,02a
		Dal	2,00c	0,24c	5,79b	0,04a	0,09a	1,32b	0,03a	0,02b
		Tohum	1,84c	0,11a	2,66a	0,02ab	0,04bc	1,09a	0,02ab	0,01b
		Diğer	3,01a	0,28a	7,50a	0,03a	0,07b	6,12b	0,03a	0,01b
		Toplam	19,9bc	1,01ab	23,8b	0,11a	0,27a	19,7b	0,12a	0,05b
	Dşd3	Yaprak	9,91a	0,26a	5,68a	0,02a	0,06a	7,94a	0,03a	0,01a
		Dal	1,24a	0,22c	4,28ab	0,03a	0,07a	0,92a	0,02a	0,01a
		Tohum	1,44b	0,09a	2,01a	0,01a	0,03a	0,94a	0,01a	0,01a
		Diğer	4,24a	0,39b	5,79a	0,02a	0,05a	5,06a	0,03a	0,01a
		Toplam	16,9a	0,96a	17,8a	0,08a	0,20a	14,9a	0,09a	0,03a

Sütünlardaki aynı küçük harfler, döküntü bileşenlerinin meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ($P>0,05$) göstermektedir.

4. Tartışma

Bursa, Karacabey kıyusal subasar ormanlarında, iki farklı gelişim çağı (c ve d meşcereleri) ve iki farklı ortamdaki (subasar ve karasal) doğal dışbudak meşcerelerinin döküm miktarı ve döküm ile ekosisteme giren karbon, makro ve mikro besin elementleri konsantrasyonu ve stoklarını ortaya koymayı amaçlayan çalışma sonuçlarına göre, yıllık döküm miktarı subasar ortamda, karasal ortamdaki daha fazla gerçekleşmektedir. Hem subasar hem de karasal ortamda, yıllık döküm miktarı, c gelişme çağındaki meşcerelerde, d gelişme çağındaki meşcerelere göre daha fazladır.

Son üç yıllık ortalama sonuçlara göre, subasar ortamdaki Dşc3 meşcerelerindeki döküntü miktarı 8837 kg/ha/yıl, Dşd3 meşcereleri için 6384 kg/ha/yıl bulunurken, karasal ortamdaki Dşc3 ve Dşd3 çağı meşcereleri için bu değerler daha düşük olup, sırasıyla 6793 ve 4737 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir.

Orman ekosistemlerinin, dökülen ölü örtü miktarını belirlemek için uluslararası çalışmalar çoğunlukta olup, geniş ve iğne yapraklı orman ekosistemlerinde farklı ağaç türlerinde gerçekleştirilmiştir. Dökülen ölü örtü miktarını belirlemek için yurt dışında olduğu gibi Türkiye’de de farklı ağaç türlerinde çalışmalar yapılmıştır. Fakat, Türkiye’de konu ile yapılan çalışmaların tamamına yakını karasal orman ekosistemlerine ait olup, bu ekosistemlerin çoğunluğunu da iğne yapraklı orman ekosistemleri oluşturmaktadır. Geniş yapraklı türler arasında da üzerine en çok çalışma yapılan ağaç türü doğu kayını olmuştur.

Bu çalışmalardan hem geniş hem de ibreli farklı ağaç türlerine ait bazı çalışma sonuçları, Karacabey subasar ve karasal ortamdaki dışbudak döküm sonuçları ile karşılaştırma amaçlı aşağıda verilmiştir. Geniş yapraklı türleri içeren çalışmalardan ilki olan ve Belgrad Ormanı’nda 1960-1964 yılları arasında kayın ve meşe meşcerelerinde yapılan bir çalışmada hektar başına yıllık ortalama mutlak kuru yaprak ağırlığı kayın için 3712 kg ve meşe için 3546 kg bulunmuştur (Irmak ve Çepel 1974). Gelişim çağı-döküntü ilişkisini doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) türünde araştıran Kiracıoğlu ve ark. (2023), *Fagus orientalis* (doğu kayını) türünde meşcere geliştikçe döküntünün arttığını ve yıllık miktarın hektarda 3959 ile 5698 kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Sargıncı ve ark. (2021) doğu kayınında tüm döküntü miktarını Düzce için hektarda 5190 kg olarak bildirirken, Çakıroğlu (2011) sadece doğu kayını yaprak döküntü miktarını Bartın için hektarda 4245 kg olarak belirlemiştir.

Fagus sylvatica (Avrupa kayını) için hektarda yıllık döküntü miktarını Dimitrova ve ark. (2023) Bulgaristan için 1683 ile 5373 kg arasında, Yunanistan için Kavvadias ve ark. (2001) 4000 kg ve İspanya için Regina ve Tarazona (2000) 4682 kg olarak bildirmiştir. Meksika’da farklı yapraklı türlerdeki dökümü üç yıl boyunca araştıran Williams-Linera ve ark. (1996), ılıman ve tropikal ağaç türlerinin baskın olduğu orman ekosisteminde, yıllık toplam döküm miktarını 8450 kg/ha/yıl olarak tespit etmiştir. Merriam ve ark (1982) Kanada’da yaptıkları çalışmada kavak ormanlarındaki yıllık dökülen ölü örtü miktarını 4500 kg/ha/yıl ve

bunun yapraklardan oluşan miktarını 1800 kg/ha/yıl olarak bildirmiştir. Singh (2009) kavakta (1-6 yaşında) dökülen ölü örtü miktarını 390 – 5940 kg/ha/yıl arasında değiştiğini bildirmiştir.

Türkiye’de ibreli türlerde yıllık döküm miktarının belirlendiği ilk çalışmalar arasında yer alan Dünder (1988), sarıçamın döküntü miktarını beş yıl boyunca (1967-1972 yılları arasında) takip etmiş ve beş yılda sarıçamın toplam dökülen ibre miktarlarının hektarda 11848 ile 23378 kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Çömez ve ark. (2019) sarıçam için ortalama toplam döküntü miktarının hektarda 1389 ile 4488 kg arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Diğer bir ibreli türde, Artvin yöresinde *Picea orientalis* (doğu ladini) meşcereleri için Tüfekçioğlu ve ark. (2005) toplam yıllık döküm miktarını hektarda 6428 kg olarak bildirirken, Çakıroğlu (2011) Uludağ göknarı için toplam döküm değerinin 2935 kg/ha/yıl olduğunu açıklamaktadır. Kızılcım meşcereleri için (Antalya) yıllık döküntü değerlerinin hektarda 2937 kg olduğunu Erkan ve ark. (2018) tespit etmiştir.

Yıllık ortalama döküm miktarlarının yüksek olduğu bu çalışmalar yanında, döküm miktarının oldukça düşük olduğunu bildiren araştırmalar da mevcuttur. Örneğin, Starr ve ark. (2005) sarıçamın yıllık toplam döküntü miktarının kuzey (320 kg/ha) ve güney (2300 kg/ha) enlemleri arasında önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuş, Finlandiya için kuzey enlemlerinde en düşük değeri bildirmiştir.

Yapraklı ve ibreli ağaç türleri dikkate alınarak ılıman kuşakta yapılan çalışmalarda, aynı iklim kuşağında, yapraklı ormanların yıllık yaprak dökümünün, ibrelilerden daha yüksek olduğunu göstermektedir (Liu ve ark., 2004). Avrupada ılıman kuşaktaki (35°– 55° kuzey enlemleri) ibreli ve yapraklı ormanlarda yapılan araştırma sonuçlarına göre; ibreli ormanlarda yıllık yaprak dökümü ortalama 3470 kg/ha/yıl (2100 – 6800 kg/ha/yıl arasında ve 41 meşceredeki ölçümler), yapraklı ormanlarda 4420 kg/ha/yıl (1340 – 6710 kg/ha/yıl arasında ve 34 meşceredeki ölçümler) olarak bulunmuştur (Liu ve ark., 2004).

Asyadaki ılıman kuşaktaki (35°– 55° kuzey enlemleri) ibreli ve yapraklı ormanlarda yapılan çalışmalara göre; ibreli ormanlarda yıllık yaprak dökümü ortalama 2980 kg/ha/yıl (910 – 4990 kg/ha/yıl arasında değişmekte ve 28 meşcerede ölçüm yapılmıştır), yapraklı ormanlarda ise ortalama 4340 kg/ha/yıl (3000 – 6670 kg/ha/yıl arasında değişmekte ve 8 meşcerede ölçüm yapılmıştır) olarak bulunmuştur (Liu ve ark., 2004). Hansen ve ark. (2009) tarafından Danimarka’da yapılan bir çalışmada, kayın, meşe, duglas göknarı, Norveç ladini, Sitka ladini ağaçlarının yıllık dökülen ölü örtü miktarı sırasıyla 3186, 3334, 3294, 3706 ve 3328 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir. Bartın ili Arıt yöresindeki kayın, göknar, göknar-kayın meşcerelerindeki ölü örtü ayrışması ve yıllık yaprak dökülmesinin araştırıldığı çalışmada Çakıroğlu (2011), dökülen yıllık ölü örtü miktarını kayın meşceresinde 4245 kg/ha/yıl, göknar meşceresinde 2935 kg/ha/yıl ve göknar-kayın meşceresinde 3510 kg/ha/yıl olarak bulmuştur. Araştırılan ağaç türünün, yetiştiği ortamın fizyografik, edafik ve iklim özelliklerinin döküntü miktarlarında önemli etkilerinin olduğu bu çalışmalarda ifade edilmiştir.

Karasal orman ekosistemlerindeki döküm miktarını ortaya koyan bu çalışmalar yanında literatürde sınırlı sayıda da olsa, subasar alanlarda yetişen ağaç türlerinin yıllık döküntü miktarını belirlemeye yönelik araştırmalarda bulunmaktadır. Sınırlı sayıdaki bu araştırmalar arasında, sunulan çalışmada olduğu gibi saf meşcerelerde yapılmış çalışma bulmak oldukça zordur. Shure ve Gottschalk (1985) tarafından dişbudak ağaçlarının baskın olduğu karışık bir subasar orman ekosisteminde yapılan bir çalışmada, yıllık döküntü miktarının 5750– 7000 kg/ha/yıl arasında değiştiği, nehir ağzından yukarıya doğru uzaklaştıkça yıllık döküntü miktarında bir artış olduğu, bununla beraber elde edilen değerlerin ılıman ormanlara ait değerlerden (yıllık 5500 kg/ha/yıl) (Bray ve Gorham, 1964) daha fazla olduğu bildirilmiştir. Bu subasar ortamda yıllık dökülen yaprak miktarında (4200–5400 kg/ha/yıl), ılıman ormanlarda dökülen yıllık yaprak miktarından (3600 kg/ha/yıl) daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Shure ve Gottschalk (1985) tarafından yapılan çalışmada ise nehirden uzaklığın, yıllık döküntü miktarı üzerindeki etkisi subasar ortamdaki tüm ağaç türleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde, önemli bir artışın görüldüğü, bununla beraber dişbudak türünün (*Fraxinus pennsylvanica*) nehir ağzından uzaklaştıkça dökülen yaprak miktarının ise azaldığı tespit edilmiştir. Bu türde nehir ağzında, yıllık dökülen yaprak miktarı 1770 - 1900 kg/ha/yıl iken 30 m uzaklıkta 2670 – 3110 kg/ha/yıl, 60 m uzaklıkta 1250 – 1440 kg/ha/yıl ve yüksek alanda 200 kg/ha/yıl ile en düşük miktarda bulunmuştur.

Camargo ve ark. (2015) tarafından gerçekleştirilen ve amacı allüviyal yağmur ormanlarında döküntü miktarı üzerinde mevsimsel sel döngüsünün etkisini araştırdığı çalışmada, döküntü miktarının (yaprak, çiçek, meyve, dal, kabuk dahil) hektarda 4980 kg ile 10400 kg arasında değiştiği bildirilmiştir. Sel olayının yaşandığı mevsime bağlı olarak döküntü miktarının daha fazla olduğu çalışmada ifade edilmiştir.

Subasar ve karasal ortamda dişbudak toplam döküntü miktarına ait bulgularımız genel olarak Türkiye’de karasal ekosistemlerde geniş ve iğne yapraklı türler için (kayın, meşe, göknar, kızılçam, sarıçam) bildirilen ortalama değerler ile Avrupada ılıman kuşaktaki geniş ve iğne yapraklı ağaç türleri için bildirilen ortalama değerlerden daha fazla, Dünder (1988) tarafından Bolu Aladağ’da sarıçam meşcerelerindeki değerlerden düşük, Williams-Linera ve ark. (1996) tarafından ılıman ve tropikal ağaç türleri için bildirilen değerlere yakın bulunmuştur.

Subasar alanda yapılan çalışma sonuçları ile karşılaştırdığımızda, toplam döküntü miktarına ait bulgularımızın, Shure ve Gottschalk (1985) tarafından dişbudak (*Fraxinus pennsylvanica*) için bildirilen döküntü değerleri (5750– 7000 kg/ha/yıl arasında) ile Camargo ve ark. (2015) tarafından allüviyal yağmur ormanları için bildirilen döküntü değerleri (4980– 10400 kg/ha/yıl) arasında olduğu bulunmuştur.

Genel olarak, orman ekosistemlerinde döküntü toplamının yaklaşık olarak % 60-75’ ini yapraklar geri kalan kısmını ise odunsu materyaller ile tohum ve çiçekler oluşturduğu ifade edilmektedir (Barnes ve ark., 1998). Çalışmada, toplam döküm miktarında yaprak döküntüsünün (Dşc3 ve Dşd3 ortalaması) katkı oranı, subasar ortamda % 41 olup, yaprakları % 22 ile dal ve diğer döküntüler ve % 15 ile tohum takip ederken, karasal ortamda yaprakların oranı %38 olup, yaprakları %27 ile dal oranı, %21 ile diğer döküntüler ve % 14 ile tohum oranı takip etmiştir. Yaprak katkısına ait değerler, literatürde sulak ve karasal alanlar için bildirilen değerlerden daha düşüktür. Camargo ve ark. (2015) allüviyal yağmur ormanlarında döküntü miktarı üzerinde mevsimsel sel döngüsünün etkisini araştırdığı çalışmadaki bildirimde, yaprak miktarının tüm döküntü miktarın %55.5’ini, dal miktarının %28.6’sını, meyvelerin %10.6’sını, çiçeklerin %3.2’sini ve kabuğun %2.1’ini oluşturduğu belirlenmiştir. Williams-Linera ve ark. (1996), ılıman ve tropical ağaç türlerinin baskın olduğu orman ekosisteminde, yıllık toplam döküm miktarını toplam döküntünün %70’inin yaprak, % 15’inin dal, % 12’sini diğer materyallerin ve %3’ünün tohumdan oluştuğunu, ayrıca yıllar arasında döküntü miktarı bakımından fark olmadığını bildirmiştir.

Kiracıoğlu ve ark. (2023) *Fagus orientalis* meşcereleri için, yıllık toplam döküntü miktarında yaprak, dal, kabuk ve diğer bileşenlerin oranının sırasıyla %72,9; 7,7; 0,6 ve 18,8 olduğunu bildirmiştir. Regina ve Tarazona (2000) *Fagus sylvatica* meşcereleri için bu değerleri, yaprak için %61,9, dal için %17,6, meyve için %12,3, çiçek için %0,7 ve diğer bileşenler için %7,5 olarak rapor etmiştir. Yapılan çalışmalarda tür farklılığının ve yetiştirme ortamı özelliklerinin toplam döküntü miktarı üzerinde önemli rol oynadığı ifade edilmektedir. Bununla beraber, yaprak miktarının toplam döküntü içindeki oranının diğer döküntü bileşenlerindeki değişikliğe bağlı olarak farklılık gösterdiği belirtilmektedir. Örneğin, *Fagus sylvatica* meşcerelerinde, bol tohum yılında yaprak katkı oranı %47 iken, bu değer normal sezonda %80’e kadar çıkmaktadır (Jonczak, 2013).

Çalışmada, hem subasar hem de karasal ortamda, daha genç olan c gelişme çağı dişbudak meşcerelerindeki döküm miktarı d gelişme çağı meşcerelerine göre daha yüksektir. Daha genç meşcerelerde döküm miktarının daha fazla veya daha düşük olduğuna yönelik literatürde çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Çakır ve ark. (2019) karaçam için meşcere gelişme çağılarına (ab, b ve c) göre yıllık döküntü miktarını hektarda sırasıyla 4814, 3578 ve 3882 kg olarak genelde azalma yönünde bildirirken, Çömez ve ark. (2016) sarıçamda, Erkan ve ark. (2018) kızılçamda ve Koray ve Tolunay (2020) karaçamda toplam döküntünün gelişim çağına bağlı arttığını bildirmiştir. Bu artışı, yaşa bağlı olarak ağaçların toprak üstü biyokütlesindeki ve dolayısıyla dökülmedeki artışı bağlamışlardır.

Literatürde su birikiminin bitki ve toprak üzerine etkisine yönelik çalışmalar incelendiğinde, topraktaki su birikmesi, çeşitli bitki türlerinin canlılığını, büyümesini ve gelişmesini etkileyen önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Suyun aşırı miktarda olmasının, birkaç saat içinde toprakta anoksi koşullar meydana

getirdiği, kök gelişimini sınırlayarak, bitki büyümesini ve gelişmesini etkilediği bildirilmektedir (Liao ve Lin, 2001; Yavaş ve ark., 2011). Çoğunlukla, tarımsal ürünler üzerinde yapılan bazı çalışmalarda, su birikmesinin bitkide gelişimi yavaşlattığı, baklagillerde ise nodül oluşumunu azalttığı, bitkinin daha az besin maddesi alması ile ilişkili olarak bitki köklerinin ölmesine neden olduğu, yıkanma ve denitrifikasyonun bitkinin azot miktarını azalttığı ve azot eksikliğine neden olduğu, bu nedenle daha yaşlı olan yapraklarda sararma meydana geldiği ve azot eksikliğinin de bitkide var olan stresi arttırdığı, bu koşullar altında kök ve yaprak hastalıklarında da artış gözlemlendiği, su birikmesi meydana gelen topraklarda bitki kök gelişimi sınırlandırıldığı ve yüzeysel kök gelişimi nedeniyle su birikmesi sonrası kuruyan topraklarda besin maddelerinin alınmadığı rapor edilmiştir (Yavaş ve ark., 2011).

Çalışmada, subasar ortamda gelişen dişbudak meşcerelerinin, döküntüsünün makro ve mikro besin elementleri konsantrasyonlarının farklı olduğu tespit edilmiştir. Döküntünün makro besin konsantrasyonlarının genel olarak karasal ortamdaki döküntüde daha fazla olduğu, bununla beraber, döküntü miktarının subasar ortamda daha fazla olması nedeniyle makro besin stokunun en fazla subasar ortamda olduğu belirlenmiştir. Mikro besin konsantrasyonlarının ise (Fe ve Mn hariç), makro besin elementlerinin aksine, subasar ortamdaki döküntüde daha yüksek konsantrasyon göstermiştir. Bununla beraber, makro besin stokunda olduğu gibi, mikro besin stokları da yine subasar ortamdaki döküntüde daha yüksek bulunmuştur. Bilgimiz dahilinde, şu ana kadar yaptığımız literatür taramalarında, konu ile ilgili subasar ortamlar için ulusal ve uluslararası çalışmaya rastlanmadığından, bulgularımızı karşılaştırma yapma imkanı bulunamamıştır.

Karasal orman ekosistemlerinde gerçekleştirilen konu ile çalışmalarda ise genel olarak, döküntü karbon ve azot stokları, küresel iklim değişikliğinde oynadıkları önemli rolden ötürü daha çok araştırmaya konu olmuştur. Döküntü karbon ve azot stoklarına yönelik bulgularımız, subasar ortamdaki Dşc3 meşcerelerindeki döküntü C ve N stoku sırasıyla 4377 ve 102 kg/ha/yıl, Dşd3 meşcereleri için 3107 ve 95,6 kg/ha/yıl bulunurken, karasal ortamdaki bu değerler daha düşük olup Dşc3 meşcereleri için sırasıyla 3352 ve 95,5 kg/ha/yıl, Dşd3 meşcereleri için 2362 ve 70,0 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir. Yakın tarihli, Kiracıoğlu ve ark. (2023) tarafından doğu kayını ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada, toplam dökülme ile ölü örtüye giren C stokunun gelişim çağlarına göre artış gösterdiği, en düşük miktarın b çağında (1988 kg/ha/yıl) olduğu, bu değeri c çağının (2606 kg/ha/yıl) ve d çağının (2857 kg/ha/yıl) izlediğini bildirmiştir. Döküntü ile meşcere gelişim çağları arasında negatif ilişki olduğunu gösteren çalışmalarda mevcuttur. Örneğin, Çankırı'daki karaçam ağaçlandırmalarında ab, b ve c gelişim çağında dökülen ibrelerdeki karbon ve azot stokunun gelişme çağlarına göre azaldığını bildirdiği çalışmada, Çakır ve ark. (2019) karbon stokunu, sırasıyla 2510; 1290 ve 1300 kg/ha/yıl olarak, ibrelerdeki azot stokunu ise sırasıyla 81,5; 48,5 ve 47,3 kg/ha/yıl olarak bildirmiştir.

Çakır ve Akburak (2017) *Fagus orientalis* meşcereleri için döküntü ile kayın ekosisteminin kazandığı yıllık karbon miktarının hektarda ortalama 2189 kg olduğunu bildirmiştir. Jonczak (2013) *Fagus sylvatica* meşcereleri için bu değer yılara göre hektarda 1322 ile 2611 kg arasında değişiklik gösterdiğini rapor etmiştir. Dimitrova ve Damyanova (2023) *Fagus sylvatica* meşcereleri için döküntü ile kayın ekosistemine giren karbonun daha düşük olduğunu (764,6 ile 1274,4 kg/ha arasında) bildirmiştir. Kim ve ark. (2009) Güney Kore'de kızılgağaç ağaçlandırmalarında yaptıkları bir araştırmada ölü örtü dökülmesiyle toprağa yılda yaklaşık 2700 kg/ha C girişi olduğunu hesaplamışlardır.

Koray ve Tolunay (2020) tarafından Türkmen Dağı karaçam ormanlarında dökülmeye ekosisteme giren karbon miktarları Çkb3 meşcerelerinde 1304 kg/ha/yıl, Çkc3 meşcerelerinde 1914 kg/ha/yıl ve Çkd3 meşcerelerinde 2826 kg/ha/yıl olarak bulunmuştur. Park ve ark. (2019) Güney Kore'de yıllık yağışın 1299 mm ile 1883 mm arasında değiştiği farklı alanlardaki yapraklı ve herdem yeşil ağaç türlerinden oluşan meşcerede döküm ile ekosisteme kazandırılan C miktarları için 4000 ile 6000, N için 70 ile 140, P için 4 ile 10, K için 7 ile 14, Ca için 35 ile 90 ve Mg için 12 ile 28 kg/ha/yıl arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Irmak ve Çepel (1968) yıllık döküm ile ölü örtüye katılan döküntü miktarının azot yoğunluğunu %0,58, bu yolla orman ekosistemine katılan azot miktarını ise yılda 26,5 kg/ha olarak bildirmiştir.

Verilen örneklerden anlaşılacağı üzere, döküm ile ekosisteme giren besin stoku ağaç türü, meşcere gelişim çağları, çalışmanın gerçekleştiği ortam iklim ve toprak özelliklerine göre önemli değişiklikler göstermektedir. Bununla beraber, çoğu çalışma sonuçlarında genel olarak ortak sonuç, yapraklı ağaç türlerinin ve yıllık yağış miktarının fazla olduğu ortam şartlarında, döküntü ile orman ekosistemine giren karbon ve besin stokunun daha yüksek olma eğiliminde olduğudur.

Çalışmamızda, subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak meşcereleri için karbon ve azot stoku meşcere gelişme çağlarına göre azalma göstermiş olup, karbon ve azot stokuna ait bulgularımız (karasal alandaki D₃d₃ meşcereleri hariç), Kiracioğlu ve ark. (2023) kayın için, Çakır ve ark. (2019) karaçam için bildirdiği değerlerden daha yüksektir. Orman ekosistemlerinin yaşı ilerledikçe genel olarak ağaçların ölmesi ve sayısının azalması yanında, ağaçların beslendiği topraktaki besin elementlerinde meydana gelen azalmanın, döküntü miktarında önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Gower ve ark., 1996; Wu ve ark., 2020). Çalışma ile elde edilen bulgularımız, yağış miktarının yüksek olduğu orman ekosistemlerinde, Park ve ark. (2019) tarafından C ve N için bildirilen değerler arasında olup, diğer makro besin elementleri (P, K, Ca ve Mg) için bildirilen değerlerden daha yüksektir.

5. Sonuçlar

Sonuç olarak, ılıman kuşakta (40° kuzey enlemi) yer alan Karacabey subasar ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada, döküntü miktarında ve bu yolla ekosisteme kazandırılan karbon ve besin maddesi miktarlarında etkili olan ağaç türü, iklim ve toprak faktörlerine ek olarak, subasar ortamların ağaçların döküntü miktarını önemli derecede arttırdığı, makro ve mikro besin elementi konsantrasyonlarını değiştirdiği ve bu durumun ekosisteme giren makro ve mikro besin elementi miktarını ve stokunu önemli derecede etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, Türkiye’den konusunda ilk defa subasar orman ekosisteminde yetişen dişbudak için veri sağlayan bir çalışma olması bakımından önem kazanmaktadır.

Teşekkür

Sunulan çalışma, TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında (Proje No 121O702) desteklenmiştir. Bu bakımdan TÜBİTAK’a teşekkürlerimizi sunarız.

Yazar Katkıları

Yazar Temel SARIYILDIZ: Çalışmayı planlamış, arazi ve laboratuvar çalışmalarını yönlendirmiş, çalışmanın istatistiksel analizlerini yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Kaynaklar

- Aerts, R. (1997). Climate, Leaf Litter Chemistry and Leaf Litter Decomposition in Terrestrial Ecosystems: A Triangular Relationship. *Oikos*, 79, 439-449. <http://dx.doi.org/10.2307/3546886>
- Akay, A.E., Gencal, B., Taş, İ. (2017). Spatiotemporal change detection using landsat imagery: the case study of Karacabey flooded forest, Bursa, Turkey, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume IV-4/W4,. 4th International GeoAdvances Workshop, 14–15 October, Safranbolu, Karabuk, Turkey.
- Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., Spurr, S.H. (1998). *Forest Ecology*. 4 th ed. John Wiley and Sons, New York, pp 774
- Berg B., Berg M., Bottner P., Box E., Breymeyer A., Calvo de Anta R., Couteaux M.M., Gallardo A., Escudero A., Kartz W., Maderia M., Malkonen E., Meentemeyer V., Munoz F., Piussi P., Remacle J., Virzo De Santo A. (1993). Litter mass loss rates in pine forests of Europe and Eastern United States: some relationships with climate and litter quality. *Biogeochem* 20, 127–159.

- Berg, B., Erhagen, B., Johansson, M.B., Vesterdal, L., Faituri, M., Sanborn, P., Nilsson, M. (2013). Manganese dynamics in decomposing needle and leaf litter—a synthesis. *Can. J. For. Res.* 43: 1127–1136. doi:10.1139/cjfr-2013-0097.
- Bray, J.R., Gorham, E. (1964). Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, 2: 101–157
- Camargo M, Giarrizzo T, Jesus A. (2015). Effect of seasonal flooding cycle on litterfall production in alluvial rainforest on the middle Xingu River (Amazon basin, Brazil). *Brazilian J Biol.* 2015 Aug;75(3 suppl1):2506. doi: 10.1590/1519-6984.00514BM
- Cseh, V., Kiss, M. and Tanács, E. (2014). Carbon sequestration of floodplain forests: a case study from Hungary. *Maros river valley, Tisza*, 40, 3-10.
- Çakır, M., Akburak, S. (2017). Litterfall and nutrients return to soil in pure and mixed stands of oak and beech. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2): 185-200.
- Çakır, M., Akburak, S., Sargıncı, M. (2019). Çankırı Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcerelerinde Ölü Örtü Ayrışması ile Mikroeklembacıklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri. TÜBİTAK Proje Raporu, Proje No: 215O572, Ankara
- Çakıroğlu, K. (2011). Bartın ili Arıt yöresindeki kayın, göknar, göknar-kayın meşcerelerindeki ölü örtü ayrışması ve yıllık yaprak dökülmesinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın
- Çepel, N., DüNDAR, M., Özdemir, T., Neyişçi, T. (1988). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ekosistemlerinde iğne yaprak dökümü ve bu yolla toprağa geri verilen besin maddeleri miktarları. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 194, s. 20, Ankara*
- Çömez, A., Güner, Ş.T., Tolunay, D., 2021. The effect of stand structure on litter decomposition in *Pinus sylvestris* L. stands in Turkey. *Annals of Forest Science* 78, 19. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-01023-2>
- Çömez, A., Tolunay, D., Güner, Ş.T. (2019). Litterfall and the effects of thinning and seed cutting on carbon input into the soil in Scots pine stands in Turkey. *European Journal of Forest Research*, 138: 1-14
- Dimitrova, V., Damyanova, S., 2023. Chemical composition of litterfall in beech (*Fagus sylvatica* L.) forests. *Wseas Transactions on Environment and Development*, 19: 412-417. <https://doi.org/10.37394/232015.2023.19.38>
- Dimitrova, V., Dimitrov, D., Malchev, D. (2023). Litterfall in beech forest (*Fagus sylvatica* L.). V. International Halich Congress on Multidisciplinary Scientific Research, 15-16 January, Istanbul, Türkiye, pp. 702-706.
- DüNDAR, M. (1988). Aladağ'da (Bolu) bazı sarıçam meşcerelerinde yıllık yaprak dökümü miktarı ve bu yolla toprağa verilen azotun tespiti üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 38(1): 105-113
- Erkan, N., Çömez, A., Aydın, A.C., Denli, Ö., Erkan, S. (2018). Litterfall in relation to stand parameters and climatic factors in *Pinus brutia* forests in Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(4): 338-346.
- Gonzalez, E. (2012). Seasonal patterns of litterfall in the floodplain forest of a large Mediterranean river. *Limnetica*, 31 (1): 173-186. DOI: 10.23818/limn.31.16.
- Gower, S.T., McMurtrie, R.E., Murty, D. (1996). Aboveground net primary production decline with stand age: potential causes. *Trends in Ecology & Evolution* 11, 378-382.
- Hansen, K., Vesterdal, L., Schmidt, I.K., Gundersen, P., Sevel, L., Bastrup-Birk, A., Pedersen, L.B., Bille-Hansen, J. (2009). Litterfall and nutrient return in five tree species in a common garden experiment. *Forest Ecology and Management* 257, 2133–2144
- Heal, O.W., Anderson, J.M., Swift, M.J. (1997). Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*, Cadisch G, Giller K E (eds), CAB International Wallingford, UK, pp. 3–45.
- Irmak, A. (1972). Toprak İlimi. (İkinci Baskı), İ.Ü. Yayın No: 1268, Orman Fakültesi Yayın No: 121 Taş Matbaası, İstanbul.

- Irmak, A., Çepel, N. (1968). Belgrad Ormanı'nda seçilen birer kayın, meşe, karaçam meşceresinde yıllık yaprak dökümünün miktarı ve bu yolla toprağa verilen besin maddelerinin tespiti üzerine araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 18 (2): 53-76.
- Irmak, A., Çepel, N. (1974). Bazı Karaçam, Kayın ve Meşe meşcerelerinde ölü örtünün ayrışma ve humuslaşma hızı üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1973, O.F.Yayın No: 204, İstanbul, s. 48.
- Jonczak, J. (2013). Dynamics, structure and properties of plant litterfall in a 120-year old beech stand in Middle Pomerania between 2007-2010. *Soil Science Annual*, 64(1): 8-13
- Kantarci, M.D. (2000). Toprak İlmi Ders Kitabı. (2. baskı), İ.Ü. Yayın No: 4261, Orman Fakültesi Yayın No: 462, (XII+420), Çantay Basımevi, ISBN: 975-505-588 -7, İstanbul.
- Karagül, R. (1990). Artvin-Murgul yöresindeki kayın ve kızılğaç orman ölü örtülerinin bazı hidrolojik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi Trabzon,
- Kavvadiasa, V.A., Alifragisa, D., Tsiontsisb, A., Brofasc, G., Stamatelosd, G. (2001). Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece. *Forest Ecology and Management*, 144: 113-127. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00365-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00365-0)
- Kim, Y. S., Yi, M. J., Lee, Y. Y., Kobayashi, M., Son, Y. (2009). Estimation of carbon storage, carbon inputs, and soil CO₂ efflux of alder plantations on granite soil in central Korea: comparison with japanese larch plantation, *Landscape Ecol Eng* 5, 157-166.
- Kiracioğlu, Ö., Güner, Ş.T., Karataş, R. (2023). Marmara Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında gelişim çağlarına göre dökülme miktarının ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stokunun belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 24(3): 213-222. DOI: 10.18182/tjf.1318425
- Krishna, M.P., Mohan, M. (2017). Litter decomposition in forest ecosystems: a review. *Energ. Ecol. Environ.* 2, 236-249. <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9>
- Koray, E.Ş., Tolunay, D. (2020). Türkmen Dağı karaçam meşcerelerinde döküm ile ekosisteme giren besin maddesi miktarları. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21(3), 201-214.
- Kutbay, H.G., Horuz, A. (2001). Litter fall and nutrient return in *Quercus cerris* L. var. *cerris* forests in the Central Black Sea Region of Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 33(3): 293-303.
- Lake, P.S. (1995). Of floods and droughts: river and stream ecosystems of Australia. In: *River and Stream Ecosystems. Ecosystems of the World*, Vol. 22. C. E. Cushing, K. W. Cummins & G. W. Minshall (eds.): 659-694. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands
- Liao, C., C. Lin. (2001). Physiological Adaptation of Crop Plants to Flooding Stress. *Proc. Natl.Sci.Counc.* 25(3):148-157.
- Liu, C., Westman, C. J., Berg, B., Kutsch, W., Wang, G. Z., Man, R., Ilvesniemi, H. (2004). Variation in litter climate relationships between coniferous and broadleaf forests in Eurasia. *Global Ecology and Biogeography*. 13, 105-114.
- Maguire D.A. (1994). Branch mortality and potential litter fall from Douglas-fir trees in stands of varying density. *For. Ecol. Manag.* 70:41-53.
- Meentemeyer, V., Box, E.O. Thompson, R. (1982). World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. *BioScience*, 32: 125-128.
- Merriam, G., Dwyer, L., Wegner, J. (1982). Litterfall in Two Canadian Deciduous Woods: Quality, Quantity and Timing. *Holarctic Ecology*, 5 (1), 1-9.
- Muzika, R.M., Gladden, J.B., Haddock, J.D. (1987). Structural and functional aspects of succession in Southeastern floodplain forests following a major disturbance. *The American Midland Naturalist*, 117: 1-9
- Özhan, S. (1977). Belgrad Ormanı Ortadere Yağış Havzasında Ölü Örtünün Hidrolojik Bakımdan Önemli Özelliklerinin Bazı Yöresel Etkenlere Göre Değişimi. Çelikkilt Matbaası, İstanbul.
- Park, B.B.; Rahman, A.; Han, S.H.; Youn, W.B.; Hyun, H.J.; Hernandez, J.; An, J.Y. (2020). Carbon and Nutrient Inputs by Litterfall in Evergreen and Deciduous Forests in Korea. *Forests*, 11, 143. <https://doi.org/10.3390/f11020143>
- Pausas, J.G. (1993). Litterfall in two Pyrenean stands of *Pinus sylvestris* L. under different environmental conditions. *Folia Botanica Miscelania*, 9: 127-136.
- Pitman, R., Bastrup-Birk, A., Breda, N., Rautio, P. (2010). Sampling and Analysis of Litterfall. 16 pp. Part XIII. In: *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis*

- of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg.
- Raich J.M., Schlesinger W.H. (1992). The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus*, 44B: 81–99.
- Regina., I.S., Tarazona, T. (2000). Nutrient return to the soil through litterfall and throughfall under beech and pine stands of sierra de la Demanda, Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14(3): 239-252. <http://dx.doi.org/10.1080/089030600406653>
- Rood, S.B., Patino, S., Coombs, K., Tyree, M.T. (2000). Branch sacrifice: cavitation-associated drought adaptation of riparian cottonwoods. *Trees*, 14: 248–257
- Sargıncı, M., Yıldız, O., Tolunay, D., Toprak, B., Temür, Ş. (2021). Leaf litter dynamics in Western Black Sea mountainous forest ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(12): 1821- 1832. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0489>
- Shure, D.J., Gottschalk, M.R. (1985). Litterfall patterns in a floodplain forest. *Amer. Midl. Nat* 114: 98-111
- Singh, B. (2009). Return and release of nutrients from poplar litterfall in an agroforestry system under subtropical condition. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 57(2), 214-218.
- Starr, M., Saarsalmi, A., Hokkanen, T., Merilä, P., Helmisaari, H.S. (2005). Models of litterfall production for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Finland using stand, site and climate factors. *Forest Ecology and Management*, 205: 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.047>
- Sutfin, N. A., Wohl, E. E., Dwire, K.A. (2016). Banking carbon: a review of organic carbon storage and physical factors influencing retention in floodplains and riparian ecosystems. *Earth Surf. Proc. Land.* ,41, 38–60.
- Tabacchi, E., Planty-Tabacchi, A.M. (2003). Recent changes in riparian vegetation: Possible consequences on dead wood processing along rivers. *River Research and Applications*, 19: 251–263.
- Tüfekçioğlu, A., Sarıyıldız, T., Güner, S., Küçük, M. (2005). Artvin Genya Dağı doğu ladini meşcerelerinde kök kütlesi, yıllık ibre dökümü ve toprak solunumu miktarlarının değişimleri. *Ladin Sempozyumu*, 20-22 Ekim, Trabzon, s. 123-129
- Williams-Linera G, Tolome J, Forest C, Litterfall , Forest LM. (1996). Litterfall, temperate and Tropical dominant trees, and climate in a Mexican lower montane forest. *Biotropica* 28:649–656 DOI 10.2307/2389051.
- Wu, H., Xiang, W., Ouyang, S., Xiao, W., Li, S., Chen, L., Lei, P., Deng, X., Zeng, Y., Zeng, L. (2020). Tree growth rate and soil nutrient status determine the shift in nutrient-use strategy of Chinese fir plantations along a chronosequence. *Forest Ecology and Management* 460, 117896.
- Yavaş, İ., Ünay A., Şimşek, S. (2011). Su birikmesinin bitki ve toprak üzerine etkisi. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2011; 8(2) : 57 – 61
- Zhang, H., Yuan, W., Dong, W., Liu, S. (2014). Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide, *Ecol. Complex.*, 20 (2014), pp. 240-247, 10.1016/j.ecocom.2014.01.003

IBA ve IAA Uygulamasının Çakal Eriği (*Prunus spinosa* L.) Çeliklerinin Köklenmesine Etkisi

Eren Baş^{1,*}, Bilal Çetin², Muhammet Gülay²

^{1,*}Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

²Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 21.02.2024

Kabul: 20.07.2024

Yayın: 15.08.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmanın amacı ekolojik ve ekonomik bakımdan önemli türler arasında yer alan Çakal eriği (*Prunus spinosa* L.) türünün sert gövde çeliklerine uygulanan farklı hormon ve dozlarının, toprak altı ve toprak üstü biyomas özelliklerine etkilerinin araştırılmasıdır. Araştırmada, indol-3-bütirik asit (IBA) ve indol asetik asit (IAA) hormonlarının farklı dozları kullanılmıştır. Aynı zamanda kullanılan hormon ve hormon dozlarının ne düzeyde etkisi olduğunu karşılaştırmak açısından kontrol grubu bırakılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre köklenen çeliklerde hormon çeşidi ve hormon dozunun, sürgün sayısı ve kuru kök ağırlıkları üzerine herhangi bir etkisi olmamıştır. Ancak hormon çeşidinin; kök sayısına, hormon dozunun; sürgün boyuna, sürgün çapına ve kuru gövde ağırlığına, hormon x hormon dozu etkileşiminin ise kök sayısı ve sürgün boyuna etkisi olmuştur. Kök sayısının indol asetik asit (IAA) hormonu uygulanan çeliklerde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sürgün boyu ve sürgün çapı ise kontrol işlemlerinde daha yüksek değer almıştır. Sürgün boyu ve sürgün çapının yüksek olması beraberinde kuru gövde ağırlığını artırmış, bu nedenle kuru gövde ağırlığı da kontrol işlemlerinde daha fazla çıkmıştır. Türle ilgili yapılan bu çalışma, bundan sonra yapılacak olan çalışmalara altlık gösterebilecek niteliktedir. Çalışmada kullanılan hormon ve hormon dozları baz alınarak, farklı bitki yetiştirme ortamlarında türün çelikle üretiminde daha fazla biyo kütle ve kaliteli fidan elde edilebilir. Bu da bitkilendirme çalışmalarında fidan tutma ve gelişmesine katkı sağlayarak daha başarılı sonuçların alınmasına yardımcı olur.

Anahtar Kelimeler – Çelik, hormon, kök, *Prunus spinosa* L.

Effect of IBA and IAA Application on Rooting of Blackthorn (*Prunus spinosa* L.) Cuttings

^{1,*}Bartın University, Bartın Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Bartın, Türkiye

²Düzce University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Düzce, Türkiye

Article History

Received: 21.02.2024


Accepted: 20.07.2024


Published: 15.08.2024


Research Article

Abstract – The aim of this study is to investigate the effects of different hormones and doses applied to the hard stem cuttings of Blackthorn (*Prunus spinosa* L.), an ecologically and economically important species, on below- and above-ground biomass characteristics. In the study, different doses of Indole-3-butyric acid (IBA) and Indole-3-acetic acid (IAA) hormones were used. At the same time, a control group was left to compare the effects of the hormones and hormone doses used. According to the results of the study, hormone type and hormone dose had no effect on the number of shoots and dry root weights in the rooted cuttings. However, hormone type had an effect on root number, hormone dose had an effect on shoot length, shoot diameter and dry stem weight, and hormone x hormone dose interaction had an effect on root number and shoot length. The number of roots was higher in cuttings treated with indole acetic acid (IAA) hormone. Shoot length and shoot diameter were higher in control treatments. Higher shoot length and shoot diameter increased the dry stem weight and therefore dry stem weight was higher in the control treatments. This study on the species can be used as a basis for future studies. Based on the hormones and hormone doses used in the study, more biomass and quality seedlings can be obtained in the cuttings production of the species in different growing environments. This helps to achieve more successful results by contributing to seedling retention and development in planting works.

Keywords – Cutting, hormone, root, *Prunus spinosa* L.

¹  ebas@bartin.edu.tr

²  bilalçetin@duzce.edu.tr

³  muhammet.glay@gmail.com

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Doğal kaynakların üzerindeki baskıların artmasında önemli rol oynayan nüfus artışı ve sanayileşme, orman ekosistemlerini olumsuz etkilemektedir. Bu tarz tahrip olmuş ekosistemlerin tekrardan yenilenmesinde meydana gelen bitki toplulukları ise çalılar ve kısa boylu bitkiler olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalı veya küçük ağaççık formunda bitki olan Çakal eriği (ÇE, *Prunus spinosa* L.) bu bitki topluluklarının içerisinde giren önemli türlerin başında gelmektedir (Mortimer vd., 2000; Kelcey ve Müller, 2011; Popescu ve Caudullo, 2016). ÇE genel olarak yayılışını Avrupa ve Hazar Denizi arasında yapmaktadır (Mortimer vd., 2000; Popescu ve Caudullo, 2016). Türkiye’de ise Marmara Bölgesi’nde ve Batı Karadeniz Bölgesi’nde yoğun olarak bulunmaktadır. Batı Karadeniz Bölgesi’nde Düzce, Bolu, Sakarya ve Zonguldak illerinin çevrelerinde yayılış göstermektedir (Dönmez ve Yıldırım, 2000; Sarıbaş ve Kaplan, 2008; Özkan ve Aksoy, 2011; Özkan vd., 2016). Ayrıca bu tür yarı kurak bölgelerin ağaçlandırma çalışmalarına katkı sağlayabilecek potansiyelde bir türdür (Sarıbaş vd., 2007; Özer vd., 2009). Kireç içeriği yüksek, killi ve kahverengi topraklarda, derin kumlu topraklarda, pH’sı bazik veya kısmen nötr topraklarda yayılış yapmaktadır (Mortimer vd., 2000; Kelcey ve Müller, 2011). Ayrıca nemli, verimli ve derin topraklarda çalı formunda baskın tür olabilmektedir (Mortimer vd., 2000). ÇE meyveleri C vitamini ve antioksidan bakımından zengin özelliklere sahiptir (Ertürk vd., 2009). Bu nedenle insan sağlığına faydası bulunmaktadır. Aynı zamanda morfolojik olarak dikenli ve yoğun bir forma sahip olduğundan dolayı yaban hayvanlarına korunma ve barınma alanı oluşturmaktadır (Mortimer vd., 2000; Popescu ve Caudullo, 2016).

Bitki üretiminde generatif ve vejetatif üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak bazı bitkilerde bu üretim yöntemleri ile istenilen seviyede üretim yapılamamaktadır. Özellikle bazı bitkilerin generatif (tohumla) üretiminde, tohumdan kaynaklanan nedenlerden dolayı çimlenmeler olmamakta ya da çok düşük oranlarda olabilmektedir. Bu gibi türlerin üretiminde vejetatif üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Vejetatif üretim, genetik olarak kazanç elde etmede kullanılan yöntemlerden birisidir. Üstün gen yapılarının korunarak yeni bitkilerin üretilmesini sağlayan vejetatif üretim yöntemi ucuz, hızlı ve basit bir yöntemdir (Ürgenç, 1982). Vejetatif üretim yöntemlerinden birisi olan gövde çelikleri ile yapılan üretim ise en çok tercih edilen bir üretim şeklidir. Çelikle üretilen fidanların ilk yıllarda gösterdikleri büyüme performansları, tohumla üretilen fidanlara göre daha yüksek olabilmektedir (Çiçek vd., 2006). Bu üretim yönteminde, köklenmeyi teşvik edici kimyasallar veya diğer bir adıyla hormonlar kullanılmaktadır. Bu kimyasalların en önemlileri ise indol-3-bütirik asit (IBA) ve indol-3-asetik asit (IAA)’tir. Bu tür kimyasallar çeliklerin köklenme yüzdesini, kök sayısını ve kök gelişimini artırmaktadır (Hartmann ve Kester, 1997). Çelikle üretimde hormonların kullanıldığı birçok yerli ve yabancı çalışma bulunmaktadır (Çetin, 2003; Çiçek, 2005; Silva vd., 2005; Kalyoncu vd., 2008; Ertekin vd., 2009; Yıldız vd., 2009; Ertekin vd., 2010; Susaj vd., 2012; Turna vd., 2013; Akbulut vd., 2015; Chavoshi, 2015; Afroze ve O’Reilly, 2016; Pulatkan vd., 2018; Zenginbal ve Gündoğdu, 2020; Çiçek ve Özel, 2021; Külekçi vd., 2021; Çetin, 2022). *Prunus spinosa* L. türüne ait çalışmalar incelendiğinde ise genel olarak türün tohum özellikleri ve çimlenme özellikleri üzerine çalışmaların yapıldığı görülmektedir (Tako ve Efthimiou, 2002; Bonner ve Karrfalt, 2008; Lakovoglou ve Radoglou, 2015; Afroze ve O’Reilly, 2016; Şahin, 2018; Pipinis vd., 2018; Gülay, 2023). Vejetatif üretimi ile ilgili Dikmen (2023) tarafından *Prunus spinosa* L. türünün IBA’nın farklı dozlarıyla perlit ortamında köklenmesi üzerine yapılan bir çalışma bulunmakta olup, çalışmada ise IBA’nın 4000 ppm dozunda köklenmenin yüksek olduğu belirtilmiştir. Sharma ve Kumar (2019) tarafından ise farklı *Prunus* sp. türlerinin üç farklı klonal anaçlarının çelikleri ile yapılan bir çalışmada, IBA’nın farklı doz uygulamalarının, çeliklerin kök özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan literatür incelemelerinde vejetatif üretim yöntemlerinden birisi olan çelikle üretimle ilgili sınırlı sayıda araştırma olduğu görülmektedir.

Ekolojik ve ekonomik bakımdan önemli bir çalı türü olan ÇE’nin sürdürülebilir kullanımı için, diğer konularda olduğu gibi, vejetatif üretimi konusunda da daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla yapılacak olan bu çalışmada Çakal eriğinin sert gövde çeliklerine uygulanan IBA ve IAA’nın köklenme yüzdesi, kök

sayısı, sürgün boyu, sürgün çapı, sürgün sayısı, kuru kök ve gövde ağırlığına etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmada kullanılan çelik materyali 2021 yılının Şubat ayında Hoşafıoğlu köyündeki (Düzce-Yığılca, 40° 56' 54" K, 31° 22' 28" D) ÇE türlerinden alınmıştır. Çeliklerin alındığı alanın ortalama yükseltisi 410 m'dir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma alanının konumu

Çelik örnekleri için sağlıklı bireylerin son yıllık sürgünleri toplanmıştır. Sürgünlerin tazeliğini kaybetmemesi için sürgünler naylon torbalara konularak laboratuvara ortamına getirilmiştir. Çelikler kesilinceye kadar, soğuk hava deposunda ($3\pm 1^{\circ}\text{C}$) bekletilmiştir. Daha sonra çelikler yaklaşık 12 ± 1 cm uzunluğunda ve dikildiğinde Toprak üstünde iki göz olacak şekilde hazırlanmıştır. Çeliklerin üst kısımları düz, alt kısımları ise hem dikimin kolay olması ve hem de kimyasalın daha fazla alana teması için 45° 'lik açı ile kesilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. ÇE çeliklerinin hazırlanması

Çalışma Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi'nin tam otomatik serasında gerçekleştirilmiştir. Köklendirme işlemi yerden 1 m yükseklikte, 1 m genişlikte, 30 cm derinlikte ve 6 m uzunluğundaki yüksek yastıkta yapılmıştır. Drenaj için yastığın en alt kısmına yaklaşık 5 cm kalınlığında ponza taşı serilmiştir. Köklendirme ortamı olarak %50 Baltık torfu ve %50 tarım perliti (hacim/hacim) karışımı kullanılmıştır. Çeliklerin dikiminden bir gün kadar önce, karışım gün boyu aralıklarla ıslatılmış ve ortamın tamamen nemlenmesi sağlanmıştır. Sonraki gün çelikler dikilinceye kadar fazla su drene olmuştur.

Çeliklerde köklendirmeyi teşvik için IBA (indol-3-bütirik asit) ve IAA (indol-3-asetik asit)'nin beş farklı dozu (0, 1000, 2000, 4000, 6000 ppm) kullanılmıştır. Diğer bir ifadeyle, hormon (2 seviye) ve doz (5 seviye) faktörlerinin ve bu faktörlerin etkileşimlerinin köklenmeye etkisi incelenmiştir. Çözeltilerin hazırlanmasında IBA ve IAA öncelikle alkolde çözülmüştür. Daha sonra üzerine saf su eklenerek çözeltiler oluşturulmuştur. Deneme rastlantı parselleri deneme desenine göre üç tekrarlı olarak kurulmuştur. Her bir tekrarda ise 30 çelik kullanılmıştır. İşlem kombinasyonları ve tekrarlar parsellere rastgele dağıtılmıştır. Deneme için toplamda 810 adet çelik (9 işlem kombinasyonu x 3 tekrar x 30 çelik = 810) kullanılmıştır. Çeliklerin yaklaşık 3 cm'lik dip kısımları hormona 5 saniye daldırılmış, kurumalarını önlemek için çeliklerin üst kesitlerine bal mumu sürülmüş ve 7x10 cm aralıklarla parsellere dikimi sağlanmıştır (Şekil 3). Çelikler köklendirme ortamına yaklaşık olarak uzunluklarının yarısı kadar (~6 cm) daldırılmıştır. Çeliklerin dikimi ise 2021 yılının şubat ayında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. ÇE çeliklerinin köklendirme çalışmaları

Çeliklerin dikiminden sökülüne kadar süreçte sera ortamında ısıtma, soğutma ve nemlendirme işlemleri otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Sera iç sıcaklığı köklendirme süresi boyunca 16-24 °C sıcaklıklarda olacak şekilde ayarlanmıştır. Köklendirme süresince çeliklerin günlük kontrolleri sağlanmış, mantar ve böcek zararına karşı mücadele uygulanmıştır. Çeliklerin sökülmesi işlemi dikimden yaklaşık altı ay sonra gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).

Dikimden yaklaşık altı ay sonra köklenen ve köklenmeyen çelikler kaydedilmiş ve köklenme yüzdeleri hesaplanmıştır. Köklenen çeliklerde sürgün boyu, sürgün çapı, sürgün sayısı, kök sayısı, kuru kök ve gövde ağırlıkları hesaplanmıştır. Kök ve sürgün sayıları adet olarak hesaplanmış, sürgün boyları metre ile santimetre hassasiyetinde, sürgün çapları ise dijital kumpas ile milimetre düzeyinde ölçülmüştür. Farklı işlem gruplarını temsil eden köklü çeliklerin kök ve gövdeleri kese kâğıtlarına koyularak 70 °C'de 48 saat boyunca fırında kurutulmuştur. Kurutulan kök ve gövdeler tartılarak ağırlıkları belirlenmiştir.



Şekil 4. Köklenmiş ÇE çelikleri

Hormon ve doz faktörlerinin ÇE çeliklerinin köklenme yüzdesine, kök sayısına, sürgün boyuna, sürgün çapına, sürgün sayısına, kök ve gövde kuru ağırlığına etkisini belirlemek amacıyla, deneme desenine uygun olacak şekilde, elde edilen verilere varyans analizi yapılmıştır. Analiz öncesinde yüzde ve sayı olarak ölçülen değerlere Arcsin dönüşümü uygulanmıştır. İşlemlere göre ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan testi ($P<0.05$) kullanılmıştır. Verilerin analizinde SPSS 16.0 paket istatistik programından yararlanılmıştır.

3. Bulgular

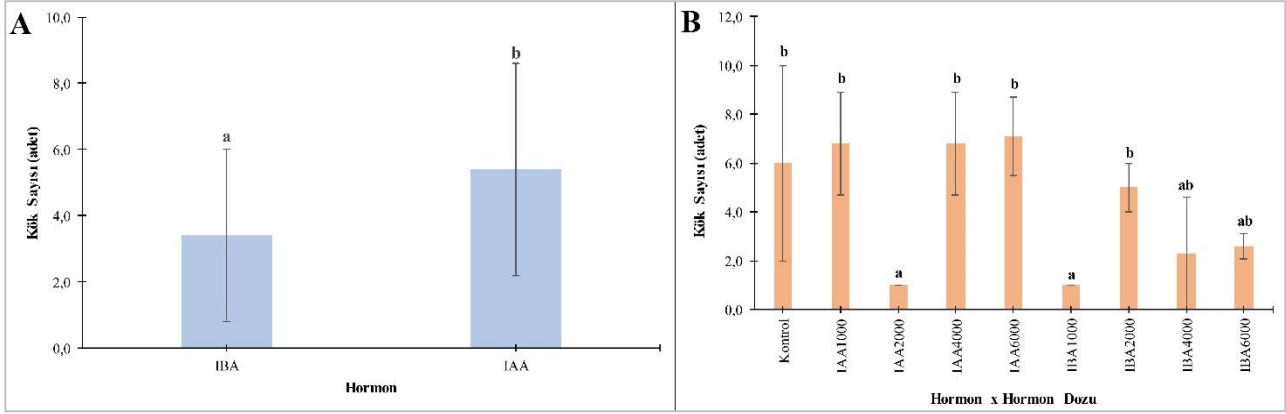
Varyans analizi sonuçlarına göre; hormon ve doz ile bu faktörlerin etkileşiminin sürgün sayısı ve kuru kök ağırlıklarına istatistiki olarak etkisi bulunmamıştır ($P>0.05$). Hormonun kök sayısına, dozun ise sürgün boyu, sürgün çapı ve kuru gövde ağırlığına istatistiki olarak etkisi bulunmuştur ($P<0.05$). Hormon x doz etkileşiminin ise kök sayısı ve sürgün boyuna etkisi olmuştur ($P<0.05$). İşlem kombinasyonlarına göre değişkenlere ait ortalamalar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1.

ÇE çeliklerinin köklenme özelliklerinin işlemlere göre karşılaştırılması

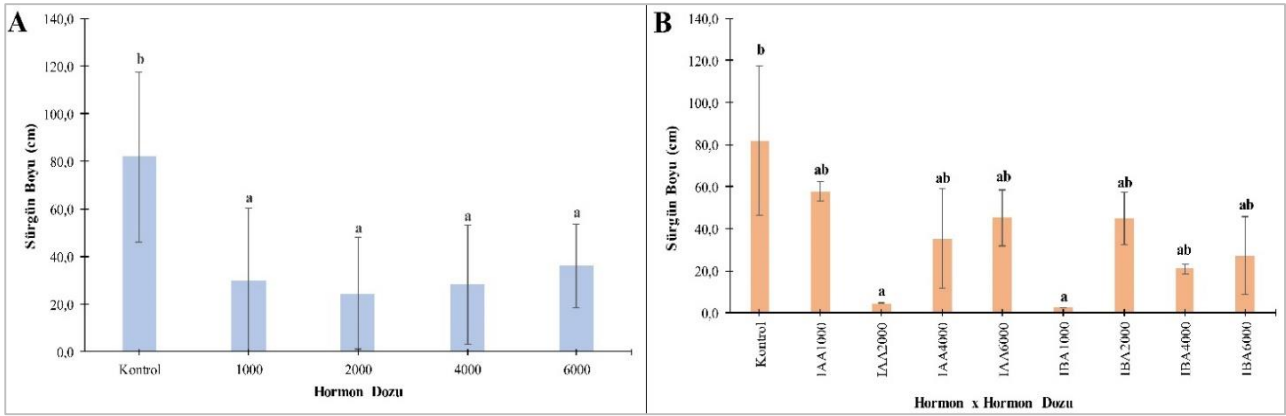
Hormon	Doz (ppm)	Köklenme yüzdesi (%)	Kök sayısı (adet)	Sürgün sayısı (adet)	Sürgün boyu (cm)	Sürgün çapı (mm)	Kuru gövde ağırlığı (gr)	Kuru kök ağırlığı (gr)
IBA	Kontrol	18.9 ±5.1	6.0 ±4.0	1.5 ±0.5	81.8 ±39.8	5.4 ±2.9	19.7 ±18.6	3.9 ±3.8
	1000	28.3 ±1.7	1.0 ±0.0	1.4 ±0.0	2.5 ±0.0	1.5 ±0.0	0.1 ±0.0	0.0 ±0.0
	2000	20.0 ±8.8	5.0 ±1.0	1.8 ±0.03	44.6 ±12.4	3.5 ±0.2	3.4 ±0.4	0.7 ±0.1
	4000	10.0 ±8.8	2.3 ±2.3	2.2 ±0.6	21.1 ±28.7	2.4 ±1.7	2.5 ±3.9	0.3 ±0.5
	6000	17.8 ±3.9	2.6 ±0.5	2.1 ±0.2	27.2 ±18.7	2.7 ±0.9	2.0 ±1.1	0.2 ±0.2
IAA	Kontrol	18.9 ±5.1	6.0 ±4.0	1.5 ±0.5	81.8 ±39.8	5.4 ±2.9	19.7 ±18.6	3.9 ±3.8
	1000	25.6 ±6.9	6.8 ±2.1	1.7 ±0.3	57.7 ±4.6	5.1 ±0.9	13.8 ±13.0	3.1 ±3.6
	2000	10.0 ±3.3	1.0 ±0.0	2.5 ±0.0	4.5 ±0.0	1.4 ±0.0	0.3 ±0.0	0.0 ±0.0
	4000	28.9 ±12.6	5.9 ±3.4	1.7 ±0.7	35.3 ±23.8	3.7 ±1.4	8.5 ±7.8	1.6 ±1.4
	6000	21.1 ±13.5	7.1 ±1.6	1.8 ±1.1	45.2 ±13.2	4.4 ±0.4	7.7 ±4.5	1.1 ±0.5

Kök sayısının, hormon ile etkileşimine ilişkin Duncan testi sonuçlarına bakıldığında, IAA hormonu uygulanan çeliklerde, IBA hormonu uygulanan çeliklere kıyasla %50’den fazla kök sayısı olduğu belirlenmiştir. Hormon x hormon dozu etkileşiminde ise en fazla kök 7.1 adet ile IAA 6000 ppm dozunda, en az ise IBA 1000 ve IAA 2000 dozlarında (1’er adet) olmuştur (Şekil 5).



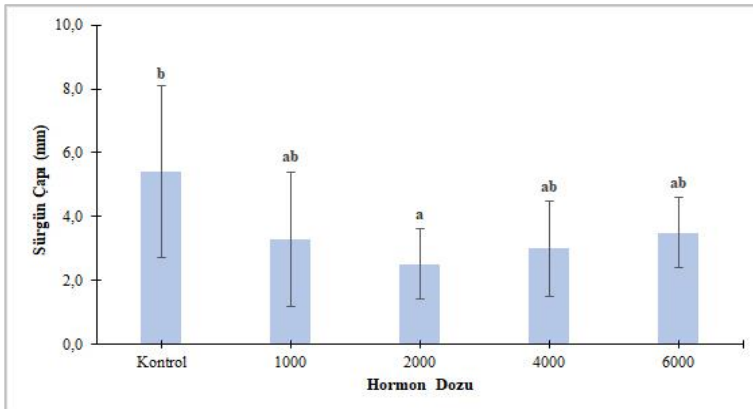
Şekil 5. A) Hormonun kök sayısına etkisi, B) Hormon x hormon doz etkileşiminin kök sayısına etkisini gösteren Duncan testi sonuçları

Sürgün boyunun, hormon dozu ve hormon x hormon doz etkileşimine ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre, sürgün boyu, 81.8 cm ile en uzun kontrol işleminde olurken, diğer dozlarda bu değer kontrol işleminin yarısının altında kalmıştır. Hormon dozu kontrole göre sürgün boyunda olumsuz etki yapmıştır. İkili etkileşimlerde de sürgün boyunun kontrol işleminde daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).



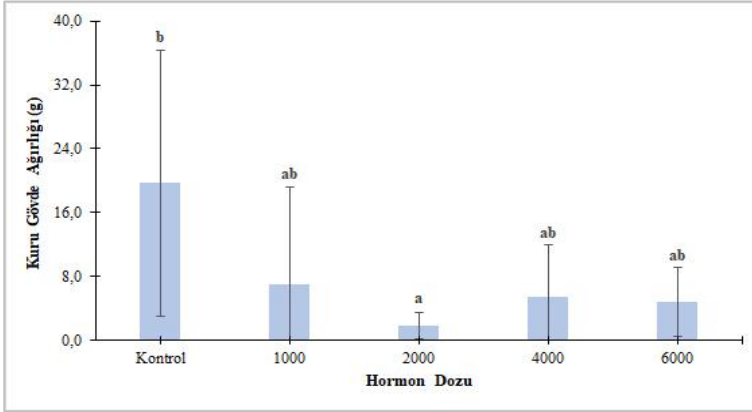
Şekil 6. A) Hormon dozunun sürgün boyuna etkisi, B) Hormon x hormon doz etkileşiminin sürgün boyuna etkisini gösteren Duncan testi sonuçları

Hormon dozunun, sürgün çapına etkisine ilişkin yapılan Duncan testi sonuçlarına göre, sürgün çapının en kalını 5.4 cm ile kontrol işleminde olurken, en ince çap ise 2.5 cm ile 2000 ppm doz seviyesinde olmuştur. Kontrol işleminin çap kalınlığı diğer hormon dozlarının uygulandığı çap kalınlıklarına göre %50'den daha fazla değer almıştır (Şekil 7). Hormon dozlarının sürgün çap kalınlığına olumsuz etki yaptığı tespit edilmiştir.



Şekil 7. Hormon dozunun sürgün çapına etkisini gösteren Duncan testi sonuçları

Hormon dozunun, kuru gövde ağırlığı etkisine ilişkin yapılan Duncan testi sonuçlarına göre ise kuru gövde ağırlığının 19.7 g ile en yüksek kontrol işleminde olduğu, en düşük ise 1.8 g ile 2000 ppm doz seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Kontrol işleminde elde edilen bu değer ise 2000 ppm doz seviyesindeki değer 10 katından daha fazladır (Şekil 8).



Şekil 8. Hormon dozunun kuru gövde ağırlığına etkisini gösteren Duncan testi sonuçları

4. Tartışma ve Sonuç

Günümüzde vejetatif üretim yöntemlerinden gövde çelikleri ile yapılan üretim yöntemi, özellikle de süs bitkileri üretiminde çok fazla tercih edilmektedir. Çünkü çelikle üretimde büyüme performansları ilk yıllarda tohumla üretim yöntemine kıyasla daha hızlı olmaktadır (Çiçek vd., 2006). Bu bitki üretme yönteminde önemli bir parametre olan köklenme yüzdesi ön plana çıkmaktadır. Bitki köklenmelerini teşvik eden farklı hormonların, bitkilerin köklenme yüzdesini artırdığı bilinmektedir (Hartmann ve Kester, 1997). Hormonun köklenme yüzdesini olumlu yönde etkilediğine dair farklı türlerde çalışmaların (Yıldız vd., 2009; Ertekin vd., 2010; Turna, 2013; Akbulut vd., 2015; Çetin ve Yavuzşefik, 2016; Pulatkan vd., 2018; Çetin, 2022) bulunması ise bu durumu desteklemektedir. Yapılan çalışmaya benzer olan, *Prunus spinosa* L. türünün çeliklerine perlit ortamında, IBA hormonunun uygulandığı bir çalışmada, hormonun köklenmeyi olumlu yönde etkilediği, ancak çok belirgin bir etki yapmadığı belirtilmiştir (Dikmen, 2023). Genel olarak hormonun köklenmeyi olumlu yönde etkilemesinin yanında çeliklerin köklenmesini olumsuz yönde de etkileyebilmektedir. Kızmaz (1996) yalancı akasya türlerinin çeliklerine IBA hormonu uygulamış ve bunun sonucunda hormon kullanılmayan işlemlerdeki çeliklerin daha fazla köklendiğini tespit etmiştir. Yapılan bu çalışmada da benzer şekilde hormonun köklenme yüzdesi üzerinde bir etkisi olmamıştır. Her ne kadar köklenme yüzdesi üzerinde istatistiksel bir farklılık olmasa da en yüksek köklenme yüzdesinin IAA'nın 4000 ppm dozunda olduğu tespit edilmiştir. Bu oran ise kontrol işlemlerinin köklenme yüzdesine kıyasla %50'den daha fazla bir düzeydedir.

Bitki üretimde önemli olan diğer parametrelerden birisi ise kök sayısıdır. Kök sayısı ve yapısı çeliklerin veya fidanların tutma başarısında, yaşamasında ve gelişiminde önemli bir etkiye sahiptir. Bu sebeple fazla sayıda saçak kök yapısına sahip fidanlar bitkilendirme çalışmalarında tercih edilmektedir (Kızmaz, 1996). Köklenen çeliklerin kök sayısı ve yapısının zayıf olması arazi koşullarında başarı oranını düşürebilir. Bu nedenle iyi bir kök sayısı ve yapısına sahip bitki örneklerinin üretilmesi bu tarz bitkilendirme çalışmalarında büyük önem taşımaktadır. Güçlü bir kök sisteminin oluşturulması açısından hormonlara başvurulmaktadır. Hormonlar köklenme yüzdesinin yanında kök sayısını ve kök gelişimini de artırmaktadır (Hartmann ve Kester, 1997). *Prunus spinosa* L. türüne Dikmen (2023) tarafından IBA hormonunun farklı dozları uygulanmış ve hormonun kök sayısı üzerine etkisinin olduğu ortaya koyulmuştur. Ayrıca en yüksek kök sayısının ise IBA'nın 4000 ppm uygulamasında tespit edilmiştir. Bu tarz köklenmeyi teşvik eden ve artıran hormonların farklı türlerle yapılmış çalışmaları da (Kalyoncu vd., 2008; De silva vd., 2005; Kara vd., 2011; Akbulut vd., 2015; Zenginbal ve Gündoğdu, 2020, Çetin, 2022), kök sayısında artış sağladığını desteklemektedir. Yapılan bu çalışmada da diğer çalışmalara benzer olarak hormonun ve hormon dozunun kök sayısına etkisi olduğu belirlenmiştir. Hormonlar

arasında IAA hormonu uygulanan çeliklerdeki kök sayıları, IBA hormonuna kıyasla daha fazla olduğu bulunmuştur. Epstein ve Müller (1993) ve Hartmann vd. (2002) tarafından yapılan çalışmalarda, IBA hormonunun köklendirme kabiliyetinin IAA hormonuna kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ancak yapılan bu çalışmanın sonuçlarına bakıldığında çelikle üretimde önemli parametreler olan köklenme yüzdesi ve kök sayısı bakımından IAA hormonunun, IBA hormonuna kıyasla bu parametreleri daha fazla etkilediği görülmektedir. Bu nedenle, bu çalışma için IBA hormonunun, IAA hormonuna kıyasla köklendirme kabiliyetinin yüksek olduğunu söylemek mümkün değildir. Bunun yerine hormonların ve hormon dozlarının uygulanması, farklı türlerde farklı sonuçlar doğurabilir diyebiliriz. Dolayısıyla yapılacak olan çalışmalarda, türlere uygulanacak hormonların farklı seçilmesi daha başarılı sonuçlar verebilir.

Bitki üretimde hormon uygulamaları üzerine yapılan farklı çalışmalar da, bitkilerin kök gelişiminin yanında sürgün gelişimlerinin de etkilendiği bildirilmiştir (Kumlay ve Eryiğit, 2011; Chavoshi, 2015; Pulatkan vd., 2018; Çiçek ve Özel, 2021; Külekçi vd., 2021; Çetin, 2022). Bu çalışmada sürgün boyuna ait sonuçlar değerlendirildiğinde, sürgün boyu en yüksek kontrol işleminde olmuştur. Uygulanan hormon dozlarının sürgün boyuna herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Hormon x hormon dozu etkileşimi incelendiğinde ise kontrol işlemlerinden sonra en yüksek sürgün boyunun IAA'nın 1000 ppm dozunda olduğu görülmektedir. Burada kök sayıları dikkate alındığında IAA'nın 1000 ppm işlemindeki kök sayısı kontrole göre daha yüksek bulunmuştur. Kök sayısının en yüksek bulunduğu IAA 6000 ppm işlemine bakıldığında ise kontrol ve IAA 1000 ppm'den sonra en yüksek sürgün boyuna sahip olduğu görülmektedir. Bu durum çeliklerin dikiminden sonra hormon uygulanan çeliklerde enerji kök oluşumuna harcanırken, kontrol işlemlerinde sürgün gelişimine harcanmış diyebiliriz. Sürgün çapına bakıldığında ise yine kontrol alanında yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumda ise sürgün çapının, sürgün boyu ile paralel bir şekilde arttığını söyleyebiliriz. Benzer bir şekilde sürgün boyunun ve çapının artması, toprak üzerinde kalan gövde ağırlığını da artıracaktır. Bu nedenle çalışmadaki kuru gövde ağırlığının kontrol parselinde en yüksek değeri almasının, sürgün boyu ve çapı ile alakalı olduğu düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışmada, Çakal eriği (*Prunus spinosa* L.) türünün vejetatif üretim yöntemlerinden birisi olan çelikle üretimde hormonun etkisi araştırılmıştır. Çalı formunda bulunan bu tür ekolojik ve ekonomik bakımdan önemli türlerimiz arasında yer almaktadır. Bu nedenle türün daha kapsamlı bir şekilde araştırılması gerekmektedir. Bu çalışma ise yapılacak olan kapsamlı çalışmalara öncü olabilecek niteliktedir. Çalışma sonucunda, işlemlerdeki hormon ve doz etkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Türle ilgili yapılan bu çalışmadaki hormon ve hormon dozları baz alınarak, farklı bitki yetiştirme ortamlarında köklendirilme işlemlerinin yapılması belki daha başarılı sonuçlar ortaya çıkarabilir.

Yazar Katkıları

Eren BAŞ: Çalışmayı planlamış, veri toplamış, analiz yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Bilal ÇETİN: Çalışmayı planlamış ve istatistiksel analizleri yaparak sonuçları değerlendirmiştir.

Muhammet GÜLAY: Çalışmayı planlamış, veri toplamış ve analiz yapmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

Afroze, F. and O'Reilly, C. (2016). Effects of seed moisture content, warm, chilling, and exogenous hormone treatments and germination temperature on the germination of blackthorn seeds. *Plant Biosystems*, 151(3), 474–483.

Akbulut, M. Bakoğlu, N. ve Baykal, H. (2015). Mavi yemiş (*Vaccinium corymbosum*)'lerde çelikle üretimde farklı hormon dozlarının köklenme üzerine etkisinin incelenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(2), 52-56.

Bonner, F. T. and Karrfalt, R. P. (2008). *The Woody Plant Seed Manual*. United States Department of

Agriculture.

- Chavoshi, S. H. (2015). *Bazı geniş ve iğne yapraklı süs bitkilerinin çelik ile köklendirilmelerinde sera ortamı ve hormon etkilerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 150 s.
- Çiçek, E. (2005). Dar yapraklı Dişbudak (*Fraxinus agustifolia* Vahl.) çelikleri üretimi. *G. Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 5(1).
- Çiçek, E., Tilki, F. ve Çiçek, N. (2006). Field performance of Narrow-leaved Ash (*Fraxinus angustifolia* Valh.) rooted cuttings and seedlings. *Journal of Biological Sciences* 6(4), 750-753.
- Çiçek, E., ve Özel, A. (2021). Lavanta (*Lavandula angustifolia* Mill.)'da çelikle çoğaltmada uygun çelik tipi ve IBA dozunun belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(2), 254-264.
- Çetin, B. (2003). *Sivri meyveli dişbudak (Fraxinus angustifolia Vahl.) fidanlarının vejetatif yöntemlerle üretilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu, 64 s.
- Çetin, B. ve Yavuzşefik, Y. (2016). Köklendirme ortamı ve hormonun dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) çeliklerinin köklenmesine etkisi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 12(1), 154-164.
- Çetin, B. (2022). Dar Yapraklı Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) çeliklerinin köklenmesine hormon, anaç yaşı ve ortamın etkisi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 18(2): 153-168.
- De Silva, H. Mckenzie, B.A. and Bloomberg, M. (2005). Indolebutyric acid and wounding induced rooting in callused, non-rooted Leyland cypress (x *Cupressocyparis leylandii*) stem cuttings. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33(4), 407- 412.
- Dikmen, T. (2023). *Prunus Spinosa'nın (Güvem Eriği) Bitkisel Özellikleri ve Çelikle Çoğaltılması Üzerine Araştırmalar* (Yüksek Lisans Tezi). Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bolu, 57 s.
- Dönmez, A. A. ve Yıldırım, S. (2000). Taxonomy of the genus *Prunus* L. (*Rosaceae*) in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 24(3), 187-202.
- Epstein, E. and Ludwig-Müller, J. (1993). Indole-3- butyric acid in plants: occurrence, synthesis, metabolism and transport. *Physiologia Plantarum*, 88(2), 382-389.
- Ertekin, M., Kırdar, E., Ayan, S. ve Özel, H. B. (2009). Bazı büyüme düzenleyicilerin Akdeniz Defnesi (*Laurus nobilis* L.) fidanlarının gelişimi üzerine etkileri. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 9(2), 171-176.
- Ertekin, M., Yazgan, M. E. ve Çorbacı, Ö. L. (2010). *Magnolia Soulangeana'nın vejetatif üretimi üzerine araştırmalar*. *Ecological Life Sciences*, 5(1), 13-20.
- Ertürk, Y., Ercisli, S. and Tosun, M. (2009). Physico-chemical characteristics of wild plum fruits (*Prunus spinosa* L.). *International Journal of Plant Production*, 3(3), 89-92.
- Eşitken, A., Ercişli, S., Şevik, İ. and Şahin, F. (2003). Effect of Indole 3 Butric Asit and different strains of *Agrobacterium rubi* on adventitive root formation from softwood and semi-hardwood wild sour cherry cuttings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27(1), 37- 42.
- Gülay, M. (2023). *Çakal Eriğinin (Prunus Spinosa L.) Tohum Teknolojisi Üzerine Bir Araştırma* (Yüksek Lisans Tezi). Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, 55 s.
- Hartmann, T. H. and Kester, D. E. (1997). *Plant Propagation: Principles and Practices*, Sixth Edition, Prentice Hall, 770.
- Hartmann, H. T., Kester, D.E., Davies, F. T. and Geneve, R. L. (2002). *Plant propagation principles and practices*. Prentice Hall, New Jersey, USA, 770.
- Kalyoncu, H. Ersoy, N. ve Yılmaz, M. (2008). Seleksiyon ıslahıyla belirlenen bir iğde (*Elaeagnus angustifolia* l.) tipinin yeşil uç çeliklerinin köklenmesi üzerine farklı hormon ve nem seviyeleri etkisinin araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 9-18.
- Kara, N., Baydar, H. ve Erbaş, S. (2011). Farklı çelik alma dönemleri ve IBA dozlarının bazı tıbbi bitkilerin köklenmesi üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28 (2), 71-81.

- Kelcey, J. G. and Müller, N. (2011). Plants and Habitats of European Cities, Angewandte Chemie International Edition. Germany: Springer Science & Business Media.
- Kızmaz, M. (1996). Bazı yapraklı ağaç türlerinin vejetatif yolla üretilmesi üzerine bir araştırma. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 262.
- Kumlay, A. M. ve Eryiğit, T. (2011). Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyici maddeler: bitki hormonları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(2), 47-56.
- Külekçi, E. A., Özkan, G., Ekinçi, M., Sezen, İ. ve Kotan, R. (2021). Farklı bakteri ve hormon Uygulamalarının *Cornus alba* 'Sibirica' çeliklerinin köklenmesi üzerine etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2), 519-527.
- Lakovoglou, V. and Radoglou, K. (2015). Breaking seed dormancy of three orthodox Mediterranean Rosaceae species. *Journal of Environmental Biology*, 36(5), 345-349.
- Mortimer, S. R., Turner, A. J., Brown, V. K., Fuller, R. J., Good, J. E. G., Bell, S. A., Stevens, P. A., Norris, D., Bayfield, N. and Ward, L. K. (2000). The nature conservation value of scrub in Britain. Peterborough, UK.: Joint Nature Conservation Committee (JNCC).
- Özer, S., Atabeyoğlu, Ö. ve Zengin, M. (2009). *Prunus spinosa* L. (Çakal eriği)'nin peyzaj mimarlığı çalışma sahasında kullanım olanakları. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 1-7.
- Özkan, N. G. ve Aksoy, N. (2011). Hasanlar Baraj Gölü (Düzce) ve çevresinin florası. *Düzce University Journal of Forestry*, 7(2), 39-72.
- Özkan, N., Aksoy, N., Aslan, S. ve Tunçkol, B. (2016). Flora of Argözü Valley (Kırıbrıcık-Bolu). 34. International Forestry Symposium, 115-140.
- Pipinis, E., Milios, E., Mavrokordopoulou, O. ve Smiris, P. (2018). Effect of sowing date on seedling emergence of species with seeds enclosed in a stony endocarp. *Journal of Sustainable Forestry*, 37(4), 375-388.
- Popescu, I. and Caudullo, G. (2016). *Prunus spinosa* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. U: European Atlas of Forest Tree Species, (San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. ured.), Luxembourg, str, 145.
- Pulatkan, M., Yıldırım, N. ve Şahin, E. K. (2018). Farklı hormon uygulamalarının *Berberis thunbergii* "Atropurpurea Nana" çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisi. *Turkish Journal of Forestry*, 19(4), 386-390.
- Şahin, B. (2018). *Prunus spinosa* L. (Rosaceae)'da bazı çimlenme karakterlerinin araştırılması ve keçilerin çimlenmedeki olası rolünün belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 93 s.
- Sarıbaş, M., Kaya, Z., Başaran, S., Yaman, B. and Sabaz, M. (2007). The use of some natural plant species from the Western Black Sea Region of Turkey for landscape design. *Fresenius Environmental Bulletin*, 16(2), 193-205.
- Sarıbaş, M. and Kaplan, A. (2008). Contribution on the flora of Zonguldak/Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 1(1), 40-65.
- Sharma, R. and Kumar, A. (2019). Influence of indole butyric acid on propagability of clonal rootstock of *Prunus* species through cuttings and stooling. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(6), 2483-2487.
- SPSS Inc. (2007). SPSS for Windows, Version 18.0. Chicago, SPSS Inc.
- Susaj, E., Susaj, L. and Kallço, I. (2012). Effect of different NAA and IBA concentrations on rooting of vegetative cuttings of two rose cultivars. *Research Journal of Agricultural Science*, 44(3), 121-127.
- Takos, I. A. and Efthimiou, G. S. (2002). Germination results on dormant seeds of fifteen tree species autumn sown in a Northern Greek nursery. *Silvae Genetica*, 52(2), 67-71.
- Turna, İ., Kulaç, Ş., Güney, D. ve Seyis, E. (2013). Boylu maviyemiş (*Vaccinium corymbosum* L.)'in çelikle üretilmesinde hormon ve ortamın etkisi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi*, 9(2), 93-104.

- Ürgeç, S. (1998). Ağaç ve süs bitkileri fidanlık ve yetiştirme tekniği. İkinci Baskı. Yayın No: 442, İstanbul.
- Yıldız, K., Çekiç, Ç., Güneş, M., Özgen, M., Özkan, Y., Yaşar, A. K. Ç. A. ve Gerçekcioğlu, R. (2009). Farklı Dönemlerde alınan Kara Dut (*Morus nigra* L.) Çelik tiplerinde köklenme başarısının belirlenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 26(1), 1-5.
- Zenginbal, H. ve Gündoğdu, M. (2020). Böğürtlen (*Rubus fruticosus* L.) Odun çeliklerinde çelik çapı ve İndol Butirik Asit (IBA) dozlarının köklenmeye etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3): 382-388.

Determining Urban and Rural Perceptions of Forest Ecosystem Services

Beyzanur Baykalı¹, Gökhan Şen^{1*}

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

Article History

Received: 08.03.2024

Accepted: 10.06.2024

Published: 15.08.2024

Research Article



Abstract – To ensure the sustainability of forest ecosystem products and services, changing people's perspectives and increasing their awareness of these resources and services is crucial. Determining people's perceptions and opinions regarding ecosystem services is critical to this context. This study aims to assess the knowledge levels and views of individuals living in both urban and rural areas of Kastamonu province in Turkey regarding forests and the ecosystem services they provide. Data for the research were collected through 97 face-to-face surveys conducted in urban and rural settings. Differences in participants' opinions based on their place of residence were analyzed using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests. The study results reveal that when people think of forests, the top three associations in terms of importance are nature and wildlife (41.8%), clean air (15.5%), and wild food (7.6%). Regarding the importance of forest ecosystem services, the ranking is as follows: regulatory services (39.2%), supporting services (28.2%), provisioning services (25.1%), and cultural services (7.5%). To ensure the sustainable use and continuity of forest ecosystem services, voluntary payment tendencies per capita are approximately 846 TL/person for the general population, 413.8 TL/person (24,8 \$) for rural residents, and 1443.3 TL/person (86,4 \$) for urban dwellers in Kastamonu. The total voluntary payment tendency for Kastamonu amounts to 318414942 TL (19066762 \$).

Keywords – Forest, ecosystem services, perception, willingness to pay, Kastamonu, Türkiye

Orman Ekosistem Hizmetlerine İlişkin Kentsel ve Kırsal Alguların Belirlenmesi

¹ Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 08.03.2024


Kabul: 10.06.2024

Yayın: 15.08.2024

Araştırma Makalesi

Öz – Orman ekosistem ürün ve hizmetlerinin sürekliliğinin sağlanması için öncelikle insanların bu kaynak ve hizmetlere bakış açısını değiştirmek ve farkındalıklarının artırılması gerekmektedir. Bu kapsamda insanların ekosistem hizmetlerine karşı algı ve görüşlerinin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada Kastamonu ili kent merkezi ve kırsalında yaşayan insanların ormanlar ve orman ekosistem hizmetleri ile ilgili görüş ve düşünceleri ile bu hizmetler hakkındaki bilgi düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmanın verileri Kastamonu İli kent ve kırsalında, yüz yüze yapılan toplam 97 anketten elde edilmiştir. İkamet yerlerine göre katılımcıların görüşlerinde farklılık olup olmadığı Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U testleri ile analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları orman dendğinde insanların önem düzeyine göre sıraladığı ilk üç olgunun doğa ve canlılar (%41,8), temiz hava (%15,5) ve yabani yiyecekler (%7,6) olduğunu göstermiştir. Orman ekosistem hizmetlerinde ise atfedilen öneme göre yapılan sıralama ise, düzenleyici hizmetler (%39,2), destekleyici hizmetler (%28,2) ve tedarik hizmetleri (%25,1) ve kültürel hizmetler (%7,5) şeklindedir. Kırsal alanda en çok önem verilen orman ekosistem hizmetleri doğa ve canlılar (%69), temiz hava (%13,8), yabani yiyecekler (%3,5) ve yaşam alanı olması (%3,5) iken kentsel alanlarda ise doğa ve canlılar (%51,3), temiz hava (%20,5) ve rekreasyon-ekoturizm (%10,3)'dir. Orman ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kullanımı ve devamlılığının sağlanması ve geliştirilmesi amacıyla Kastamonu halkın gönüllü ödeme eğiliminin kişi başına ortalama 846 TL (50,7 \$), kırsal alandakilerin kişi başı ortalama ödeme eğilimi 413,8 TL (24,8 \$) ve kent merkezinde yaşayanların ise 1443,3 TL'dir (86,4 \$). Kastamonu geneli için toplam gönüllü ödeme eğilimi ise 318414942 TL'dir (19066762 \$).

Anahtar Kelimeler – Orman, ekosistem hizmetleri, algı, ödeme istekliliği, Kastamonu, Türkiye

¹  beyzanurbaykali@gmail.com

²  gsen@kastamonu.edu.tr

* Corresponding Author/ Sorumlu Yazar

1. Introduction

Natural resources are non-human-made assets that form based on specific conditions in the natural environment. They have utilized various purposes since the beginning of time and are using them today. Forests are among the most crucial of these resources. Forest resource utilization, which comprises approximately one-third of the world's land area (4 billion hectares), has diversified over time. In the past, it was mainly in the form of wood raw material production and food supply. However, it now includes non-wood forest products, recreation, ecotourism, hunting and wildlife, protection of soil and water resources, carbon storage, and air purification.(Siry et al., 2005; Geray et al., 2007). There have been many factors that are effective in this change. Population growth and resulting demand pressure (Şen and Toksoy, 2006) have been significant factors in this change, as well as economic, social, and cultural development and societal change (Korkmaz, 2012)

Over many years, people have reduced and damaged forest ecosystems spatially and structurally through overuse and destruction (Pehlivan, 2023). In order to halt and prevent this damage, it is necessary to have an understanding of these complex structures. The forest ecosystem approach introduces a way to measure these complex relationships (Costanza et al., 2014). This approach aims to improve understanding of the benefits ecosystems provide to people by measuring not only direct benefits but also indirect benefits. Forest ecosystem services (ES) into four categories: provisioning, regulating, supporting, and cultural services. (MEA, 2005).

Understanding the complex structure of forests and the products and services they provide is essential for sustainable forest ecosystem management. To achieve this, management systems should allow stakeholders to influence decision-making processes (Owubah et al., 2001). However, moving towards stakeholder-inclusive decision-making processes can lead to more sustainable forest management. Central authorities have managed forests historically through processes in which they made decisions, and public participation was ignored. However, decision-makers and policy-makers must now create new tools that prioritize local people's and society's benefits to increase sustainable ecosystem utilization (Obonyo et al., 2008; Şen et al., 2019).

Environmental and ecosystem problems have had a lasting impact on human life and will continue to do so (Özer, 2001; Atmış, 2004). Therefore, identifying and solving these problems is becoming increasingly important (Saygi, 2016). Numerous studies have been conducted on these issues since the adoption of the ecosystem services approach and the recognition of the relationship between ecosystem services and society. Approximately 95% of these studies aim to determine the economic value of forest ecosystem services by attributing a monetary value to them. They focus on investigating the economic and/or biophysical aspects of ecosystems. However, it is crucial to investigate the socio-cultural dimension of these systems (Lele et al., 2013).

As human impact on nature has become more destructive, there has been a growing awareness of the need to protect ecosystems and resources. In recent years, environmental awareness has significantly increased due to improved education and social communication tools. In this context, decision and policy makers must understand the society's perspectives on forest ecosystems and their knowledge of ecosystem products and services. For this reason, research on society's preferences and opinions regarding ecosystem services has been increasing (Lin et al., 2021).

However, it is important to note that societies attribute varying meanings and values to ecosystems due to economic, social, and cultural characteristics, as well as geographic conditions. For instance, in Spain, regulatory services are perceived as the most important forest ecosystem services (Martín-López et al., 2012). In the United States of America, cultural services are highly valued, while in Taiwan, protection against soil and water erosion and other regulatory services are prioritised (Lin et al., 2008). Therefore, to ensure sustainable forest management and the maintenance of ecosystem services, it is necessary to gather information

about the individuals who directly or indirectly use these services at a local scale (Lin et al., 2021). Many issues need to be investigated and determined, from people's knowledge of ecosystem services to their perceptions of these systems and the services they provide, as well as their awareness, perspectives, and willingness to protect them. In particular, studies on different societies can provide information about the social dynamics shaped around ecosystem services (López-Santiago et al., 2014).

In recent years, studies have been conducted with various focuses to determine people's perceptions of forest ecosystem services in countries worldwide (Asah et al., 2014; Muhamed et al., 2014; Ranacher et al., 2017; Cuni-Sanchez et al., 2019; Gouwakinnou et al., 2019; Bezák et al., 2020; Rodríguez-Morales et al., 2020; Saha et al., 2021; Hegetschweiler et al., 2022; Hassen et al., 2023; Pour et al., 2023; Purwestri et al., 2023; Anand and Bhattacharya, 2024; Atanga et al., 2024; Balasubramanian and Dwivedi, 2024; Wang et al., 2024). Similarly, in Turkey, there have been a limited number of studies aimed at determining people's perception of forests and forest resources (Pak and Berber, 2011; Birben et al., 2018; Çoban and Yücel, 2018; Birben and Ünal, 2020; Pak et al., 2021; Ünal and Birben, 2021).

Despite the numerous studies conducted in this field around the globe, including in Turkey, the existing research still needs improvement. The characteristics of the population in each settlement are not homogeneous. People's opinions vary across countries, regions, cities and even villages. Furthermore, it is necessary to conduct further studies with different perspectives and in more local areas since each study should be evaluated based on the characteristics of its study area.

This study aimed to elucidate discrepancies in opinions between urban and rural areas about forest and forest ecosystem services. This phenomenon has yet to be previously observed in previous studies. Additionally, the study sought to determine the level of knowledge of people in urban and rural settlements who benefit from forest ecosystem services. Furthermore, the ecosystem services that the population prioritises and their willingness to pay to protect these systems were identified.

The findings of this study will provide valuable insights for local administrations, forest managers, and other stakeholders engaged in participatory planning and related matters. Moreover, the results will contribute to the existing literature on these topics.

2. Materials and Methods

2.1. Study Area

The study area selected for this research is Kastamonu province, located in Turkey's Western Black Sea region (Figure 1). Kastamonu is a mountainous region, with 65% of its land covered by forests. Among these forests, 26.2% (180551 hectares) are classified as sparse closed forests, while 73.8% (695763 hectares) are considered normally closed forests (KFRD, 2023). All of these forests are state-owned and managed by the State Forest Enterprise. The total certified forest area is 295,948.1 hectares (Şen, 2021). Within the study area are two national parks: Küre Mountains National Park and Ilgaz Mountains National Park. Küre Mountains National Park holds the Platinum Wildlife Certificate (Şen and Güngör, 2018; Öztürk and Ayan, 2015). Kastamonu province comprises 20 districts and 1,054 villages, making it the province with the highest number of villages in Turkey. Regarding the total population, Kastamonu has 376,377 inhabitants, with approximately 60% residing in rural areas (TÜİK, 2020). The abundance of villages and the extensive forested areas within the city contribute to significant interactions between people and forest ecosystem services.



Figure 1. Geographical location of Kastamonu (HGM, 2023)

2.2. Research Data

The study's primary data was collected through questionnaires (Table 1) and secondary sources. The aim of questionnaire was to determine the level of awareness among urban and rural residents of Kastamonu province regarding forest ecosystem services, as well as their perceptions and opinions of these services. The questionnaire aimed to determine the participants' demographic characteristics, forest utilization, knowledge of forest and forest ecosystem services, willingness to pay for ecosystem service protection, and perceptions. The questionnaire was administered face-to-face. The face-to-face survey method is widely accepted due to its high response rate, quickness in obtaining answers, and the ability to make observations (Ayyıldız and Toksoy, 2002). The questionnaire was administered in July 2022.

Table 1
Research survey

Q1	Place of survey	<input type="checkbox"/> Urban	<input type="checkbox"/> Rural
Q2	Gender	<input type="checkbox"/> Female	<input type="checkbox"/> Male
Q3	Education	<input type="checkbox"/> Primary school	<input type="checkbox"/> High school
		<input type="checkbox"/> Secondary school	<input type="checkbox"/> University
Q4	Age	<input type="checkbox"/> Master/Dr	
		<input type="checkbox"/> Unemployed	<input type="checkbox"/> Farmer <input type="checkbox"/> Retired
Q5	Profession	<input type="checkbox"/> Civil Servant	<input type="checkbox"/> Housewife <input type="checkbox"/> Trade
		<input type="checkbox"/> Labourer	<input type="checkbox"/> Tradesman
Q6	Monthly Income		
Q7	What are the first three things that come to your mind when you think of forest?	1)	2) 3)
Q8	What are the three most important benefits you derive from forests?	1)	2) 3)
Q9	Do you know the difference between the products and services provided by forests?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No

Table 1

Research survey (continues)

The rest of the questions will be answered after the information on forest ecosystem services is provided.				
Q10	Please indicate the three most important products provided by the forest ecosystem.	1)	2)	3)
Q11	Please indicate the three most important services provided by the forest ecosystem.	1)	2)	3)
Q12	How much would you be willing to pay to maintain or improve your utilisation of forest ecosystem services?			
Q13	Are you afraid to go into the woods? If yes, why?	() Yes	() No	
Q14	Do you think that charging for the services provided by forest ecosystems contributes positively to the conservation and sustainability of forests?	() Yes	() No	
Q15	Do you think the forestry organisation works effectively enough to protect and develop forests? If no, why?	() Yes	() No	
Q16	Do you think the existing laws are sufficient for the protection, development and sustainability of forests? If not, what should be done?	() Yes	() No	

2.3. Method

In the initial phase of the study, the requisite sample size for the survey was established. The survey's sample size was determined based on the population of the study area, which is 376,377 people (TUIK, 2020). The Formula 1 was used to calculate the sample size (Orhunbilge, 2000; Serper, 2000).

$$n = \frac{N * t^2 * P * Q}{(d^2(N-1) + (t^2 * P * Q))} \quad (2.1)$$

Here, n represents the number of people to be surveyed, Z represents the confidence coefficient (95% → 1.96), N represents the main mass subject to sampling (376377), P represents the probability of the presence of the characteristic to be measured in the main mass, Q represents 1-P, and E represents the accepted sampling error (10%). To calculate the maximum number of questionnaires, the Q value was taken as 0.5. The sample size was determined to be 97 individuals. 39 surveys were conducted in the city centre, while 58 surveys were conducted in rural areas, based on the ratio of urban and rural population.

In the study, the responses of the participants were evaluated according to various groups formed. In this context, the respondents were categorised as rural or urban according to their place of residence. The respondents were categorised into five groups according to their level of education: primary school, secondary school, high school, university and postgraduate graduates. In addition, four income groups were formed according to the multiples of the minimum wage (MW): 0-1 MW, 1.1-2 MW, 2.1-4 MW and 4+ MW.

It was analysed whether the respondents' perceptions on forest and forest ecosystem services differed according to the groups. To determine significant differences between groups, the Kruskal-Wallis test (significance level of $p < 0.05$) was employed. In cases where there were significant differences between groups, the Mann-Whitney U (MWU) test was used to determine which groups differed from each other (Orhunbilge, 2000). When comparing three or more groups, the Bonferroni correction method was applied. The significance of the Bonferroni correction method was determined as 3 in the MWU test. Therefore, the adjusted p-value was calculated as $0.05/3 = 0.02$, resulting in a p-value of 0.02 for higher group numbers. The statistical analysis was performed using SPSS 23 software.

3. Results and Discussion

The opinions and perceptions of urban and rural people on forest ecosystem services, as determined by a survey, are presented below under subheadings.

Demographic characteristics of the participants

Tables 2 and 3 present the demographic characteristics of the participants and the survey results, respectively.

Table 2

Matrix of participants' place of residence, gender, and education information

	Rural				Urban				Total	
	Male	%	Female	%	Male	%	Female	%	f	%
Primary school	15	15,5	24	24,7	2	2,1	5	5,2	46	47,4
Middle school	4	4,1	2	2,1	3	3,1	2	2,1	11	11,3
High school	9	9,3	2	2,1	7	7,2	5	5,2	23	23,7
University	-	-	1	1,0	8	8,3	6	6,2	15	15,5
Master's/PhD	-	-	1	1,0	-	-	1	1,0	2	2,1
Total	28	28,9	30	30,9	20	20,6	19	19,6	97	100,0

Table 3

Matrix of participants' place of residence, monthly income, and occupation

	Rural								Urban						Total	
	Monthly income														f	%
	0-1 MW	%	1,1-2 MW	%	2,1-4 MW	%	4,1+ MW	%	0-1 MW	%	1,1-2 MW	%	2,1-4 MW	%		
Employee	-	-	2	2,1	-	-	-	-	4	4,1	3	3,1	3	3,1	12	12,4
Farmer	1	1,0	22	22,7	15	15,5	2	2,1	-	-	-	-	-	-	40	41,2
Officer	-	-	1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2,1	3	3,1
Retired	1	1,0	7	7,2	1	1,0	-	-	2	2,1	4	4,1	1	1,0	16	16,5
Housewife	1	1,0	4	4,1	-	-	-	-	1	1,0	7	7,2	4	4,1	17	17,5
Trader	-	-	-	-	1	1,0	-	-	1	1,0	4	4,1	3	3,1	9	9,3
Total	3	3,1	36	37,1	17	17,5	2	2,1	8	8,3	18	18,6	13	13,4	97	100,0

When analysing Tables 2 and 3, it was found that 59.8% of the participants reside in rural areas, and 50.8% of them are women. The age of the participants ranges from 23 to 87. Specifically, 13.4% (13 people) were in the 23-30 age group, 17.5% (17 people) were in the 31-40 age group, 26.8% (26 people) were in the 41-50 age group, 16.5% (16 people) were in the 51-60 age group, 17.5% (17 people) were in the 61-70 age group, and 8.2% (8 people) were in the 71-87 age group. The participants' income ranged from 3800 TL (253 USD) to 70000 TL (4667 USD). Only 2.1% of the respondents held master's or doctorate degrees, while almost half (47.4%) were primary school graduates. 41.2% of the respondents were farmers, with 55% of these farmers earning between MW 1.1-2 per month and 37.5% earning between MW 2.1-4 per month.

Perceptions and opinions of participants regarding forests.

The information organized based on the responses obtained from participants regarding their initial perceptions of forests before forest ecosystem services are shown in Figure 2.

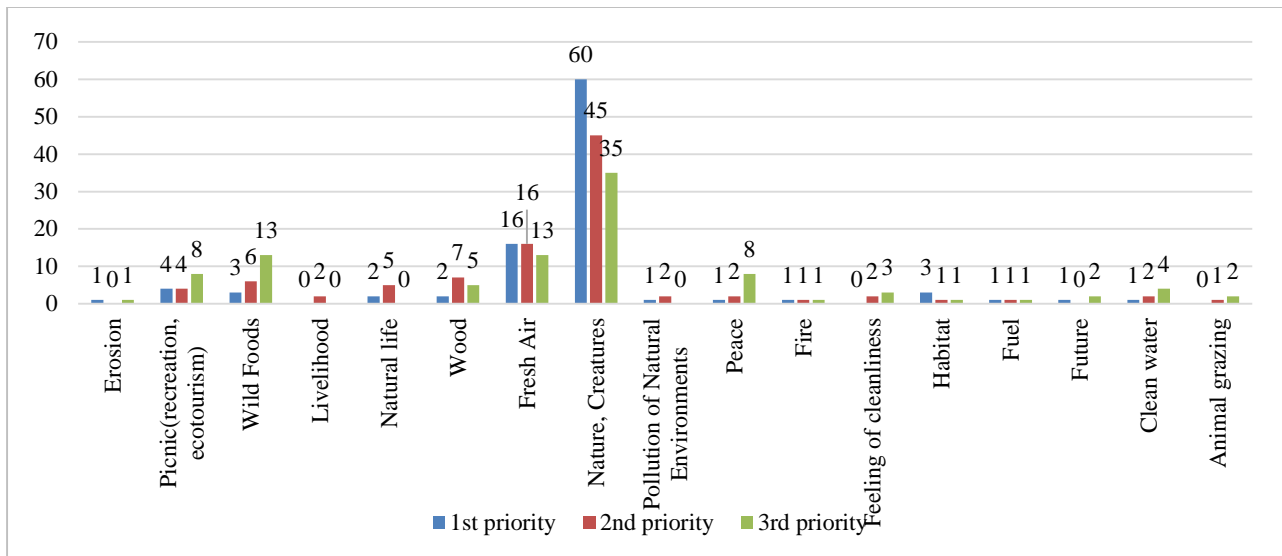


Figure 2. Participants' top three associations with forests

Upon analysing Figure 2, the top three items that come to mind are nature and living creatures, with a rate of 61.9%, fresh air, with a rate of 16.5%, and picnic/recreation/ecotourism, with a rate of 4.1%. It is important to note that these statements are objective evaluations and not subjective opinions. The three most frequently mentioned statements in total were nature and living creatures, with a rate of 48.1%, clean air, with a rate of 15.5%, and wild foods, with a rate of 7.6%.

Approximately 62% of the respondents associate forests with nature and living things, indicating a positive evaluation beyond the mere presence of plants and trees. Furthermore, the mention of seventeen distinct items that come to mind when urban and rural residents of Kastamonu think of forests indicates that these individuals have various forms of interaction with forests. The mention of harmful and damaging phenomena such as erosion, wood sourcing, the feeling of cleanliness, prospects, habitat, and fire indicates the various physical and imaginary connections that people establish with forests. Similarly, in a study conducted in the centre of Çankırı, which borders Kastamonu province, approximately 60% of respondents associated forests with trees and greenery. The second one is a source of fresh air, with a rate of 30.2% (Birben et al., 2018).

Figure 3 displays the survey results regarding the three most significant benefits of forests, as perceived by the respondents.

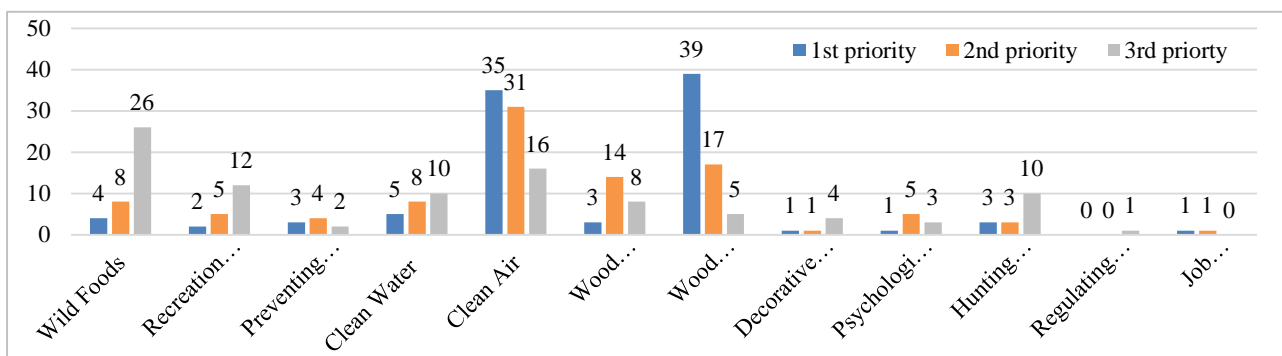


Figure 3. Respondents' top three forest benefits

Figure 3 shows that the participants identified firewood (40.2%), clean air (36.1%), and clean water (5.2%) as the top three benefits from forests. Clean air (28.2%), firewood (21%), and wild food (13.1%) were the most frequently mentioned benefits.

Although local people primarily benefit from forests for wood and fresh air, they also mention grazing, clean water, wild foods, and recreation. In Artvin, people's reasons for visiting the forest, such as picnics, fresh air, and psychological relaxation, are similar to these results. However, a significant proportion of people (18%) state that they visit forests compulsorily due to the lack of other places to go, meaning a lack of social opportunities (İnanç, 2019). Similar benefits of forests are also mentioned in a study conducted in Ankara (Birben and Ünal, 2020).

The study analysed whether participants' views on forests (Q7-1, 2 and 3, Q8-1, 2 and 3, Q13, Q15 and Q16) differed based on settlement, education, and income status using Kruskal-Wallis and MWU tests. Table 4 displays the groups that exhibit statistically significant differences based on the analysis results.

Table 4
Difference analysis of the participants' views on forests according to their settlements

	Residential area	N	Mean Rank	Sum of Ranks	MWU	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Q7-1	Rural	58	53,48	3102,00	871,000	1651,000	-2,196	0,028
	Urban	39	42,33	1651,00				
Q8-1	Rural	58	56,53	3278,50	694,500	1474,500	-3,408	0,001
	Urban	39	37,81	1474,50				

Table 4 shows that participants' opinions differ significantly depending on whether they live in urban or rural areas. Specifically, this relates to their responses to the first thing that comes to mind when they think of forests and the most important benefits they provide. The discrepancy in responses can be attributed to the differing circumstances of those residing in rural and urban areas. Those in rural communities cite factors that impact their daily lives, whereas those in urban settings highlight how they utilize their leisure and entertainment time.

Figure 4 displays the opinions of individuals residing in rural and urban areas regarding this matter. There was no statistically significant difference in opinions between participants regarding forests based on their education and income levels.

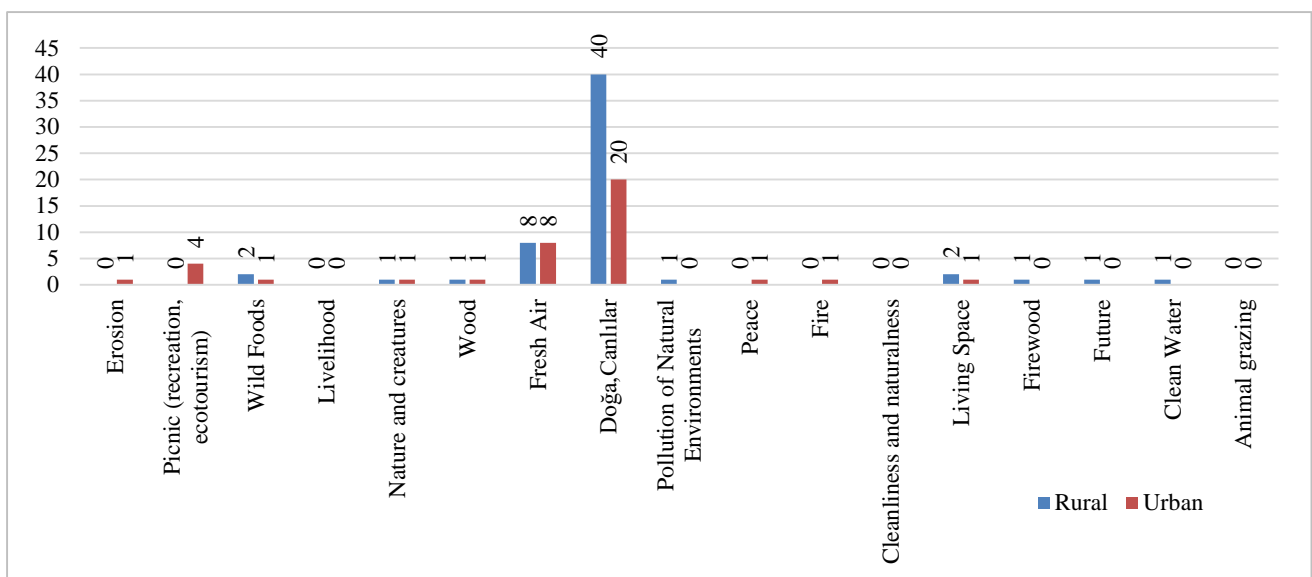


Figure 4. The degree of importance given by participants to forests and their benefits according to their settlements

There was no statistically significant difference in opinions between participants regarding forests based on their education and income levels.

Perceptions and opinions of participants regarding forests ecosystem services.

As part of the study, respondents' knowledge of the difference between forest products and services was analysed. Of the participants, 60.8% (59 people) stated that they knew the difference, while the remaining 39.2% did not. Of the participants, 60.8% (59 people) stated that they knew the difference, while the remaining 39.2% did not.

Figure 5 shows the participants' views on the importance of forest ecosystem services, which they ranked in the top three.

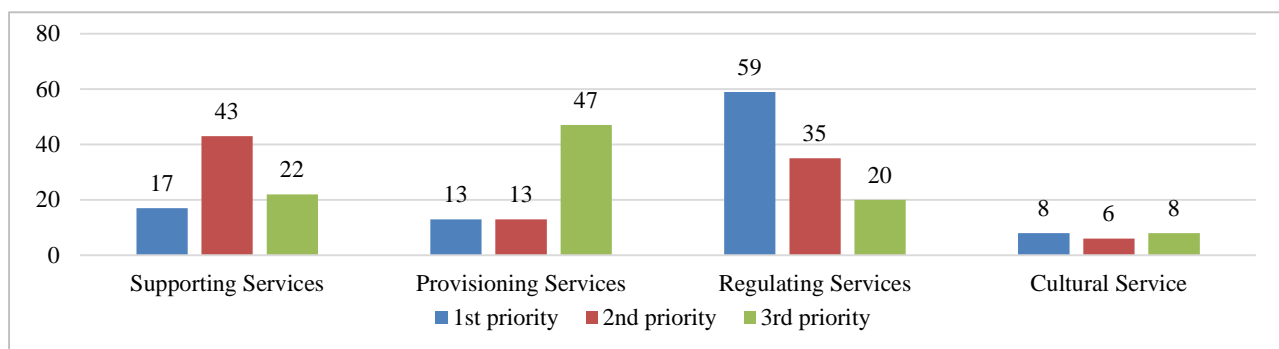


Figure 5. Ecosystem services that participants consider most important

Figure 5 shows the order of importance attributed to forest ecosystems by the respondents: regulatory services (60.8%), supportive services (17.5%), provisioning services (13.4%), and cultural services (8.3%).

Figure 6 displays the respondents' views on the three most significant products and services offered by forest ecosystems, while Figure 6 illustrates the evaluations of urban and rural residents on this matter.

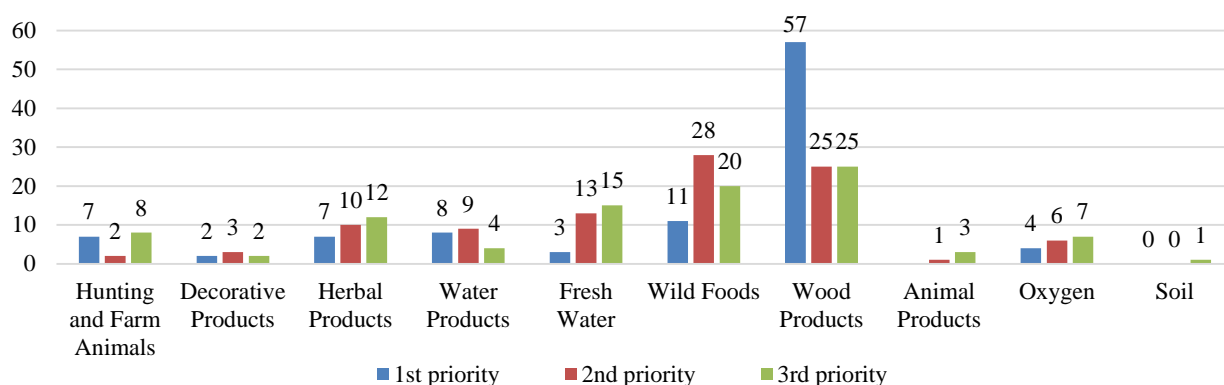


Figure 6. Participants' opinions about the three most important products provided by forest ecosystems

Upon analysing Figure 6, it becomes apparent that the most significant products provided by forest ecosystems are wood products (58.8%), wild foods (11.3%), and aquatic products (8.3%). The top three products mentioned by participants overall were wood products (36.8%), wild foods (20.3%), and freshwater production (10.7%).

Similarly, in a study conducted in Indonesia, local communities identified provisioning services as the most important ecosystem service, followed by regulatory services and subsequently cultural services (Muhamad et al., 2014). In a study across Austria, Germany, Finland, and Slovenia, the most crucial ecosystem services were categorized as follows: regulatory services such as air quality, water quality, and climate change mitigation; supporting services including water cycling and soil health; and provisioning services (such as food and water supply) (Ranacher et al., 2017). A study in the Czech Republic revealed that society places the highest value on provisioning services, followed by regulatory services and cultural services (Purwestri et al., 2023). These findings emphasize the multifaceted nature of ecosystem services and their importance for human well-being and sustainable development.

The forest ecosystem services mentioned by rural Kastamonu residents are tangible and intangible. These include natural life, wild foods, clean air, living creatures, a living space, clean water, and prospects. In contrast, urban residents cited reasons for temporarily leaving the city, such as access to natural environments, clean air, and opportunities for outdoor activities like picnics and recreation. They also mentioned the availability of wild foods, such as mushrooms and blackberries, and the peace of mind that comes with being in a more tranquil setting (Figure 7).

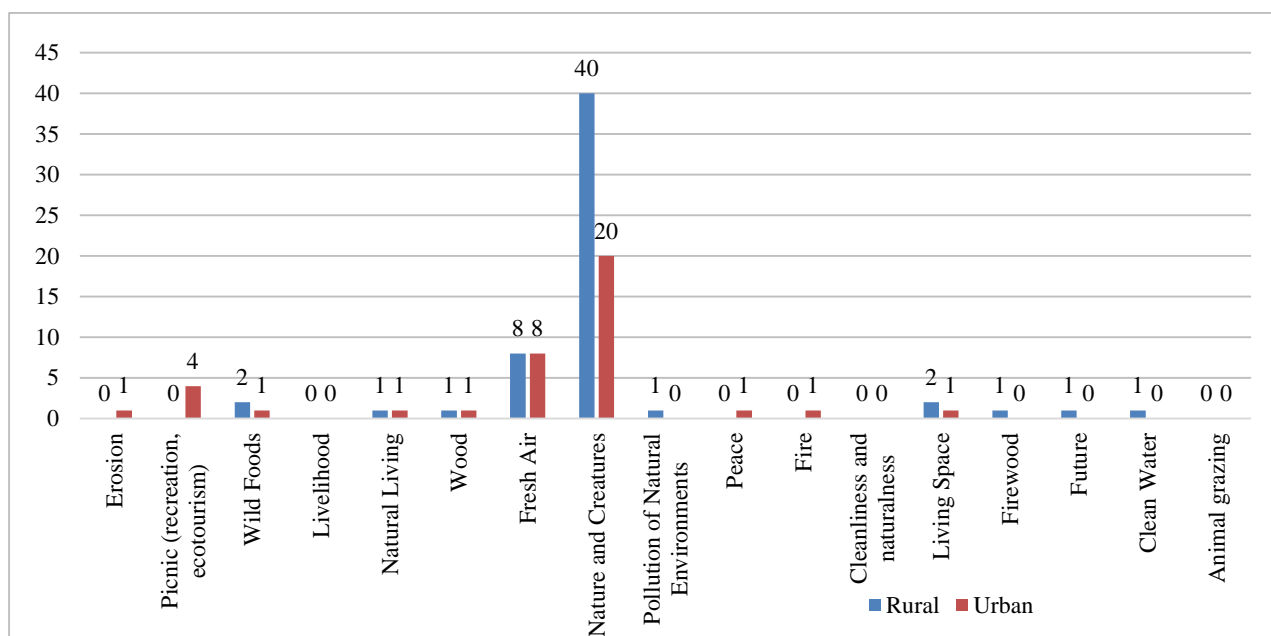


Figure 7. The three most important products and services provided by forest ecosystems according to settlements

The needs and awareness of ecosystem services may vary depending on each region's unique socio-economic and geographical characteristics. Different areas have different preference rankings for ecosystem services. For instance, a study conducted in Northwest Spain found that cognitive, cultural ecosystem services, such as the provision of drinking water, sports, climate regulation, socialisation, mythological features, and sense of place, were the most valued (Rodríguez-Morales et al., 2020). The study conducted in Madhupur Sal (Shorea provisioning) forest, the largest natural Sal forest belt in Bangladesh, revealed that rural people value the control of soil erosion, mental peace, and maintenance of soil fertility as the most critical ecosystem services (Saha et al., 202). A study conducted in Taiwan found that the public ranked 'soil conservation' as one of the top three most important forest ecosystem services due to the belief that forests play a crucial role in stabilising soil and preventing landslides. The second most important service was 'climate regulation', followed by 'carbon sequestration'. In the same study, people stated that the forest ecosystem's least significant services are timber,

non-wood products, and cultural services (Lin et al., 2021). A study conducted in the rural Ateva conservation forest in Africa revealed that rural households widely used timber, firewood and food due to their importance in terms of livelihoods (Atanga et al., 2024). This finding is consistent with the results of our study.

The study analysed whether participants' views on forest ecosystem services (Q9, Q10-1, 2 and 3, Q11-1, 2 and 3, Q12 and Q14) differed based on their settlement, education, and income status using Kruskal-Wallis and MWU tests. Tables 5, 6, and 7 demonstrate statistically significant differences among groups in the analysis results.

Table 5

Difference analysis of participants' opinions on forest ecosystem services according to settlements

		N	Mean Rank	Sum of Ranks	MWU	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Q9	Kırsal	58	36,22	2101,00	390,000	2101,000	-6,448	0,000
	Kent	39	68,00	2652,00				
Q10-1	Kırsal	58	55,97	3246,50	726,500	1506,500	-3,339	0,001
	Kent	39	38,63	1506,50				
Q10-2	Kırsal	58	55,08	3194,50	778,500	1558,500	-2,655	0,008
	Kent	39	39,96	1558,50				
Q10-3	Kırsal	58	53,57	3107,00	866,000	1646,000	-1,982	0,047
	Kent	39	42,21	1646,00				
Q11-1	Kırsal	58	43,76	2538,00	827,000	2538,000	-2,554	0,011
	Kent	39	56,79	2215,00				

As shown in Table 5, there are significant differences between urban and rural settlements in terms of participants' knowledge levels about forest ecosystem services, their opinions on the three most important forest ecosystem service products, and their opinions on the most important forest ecosystem service. Figure 8 illustrates the views of urban and rural residents on this matter.

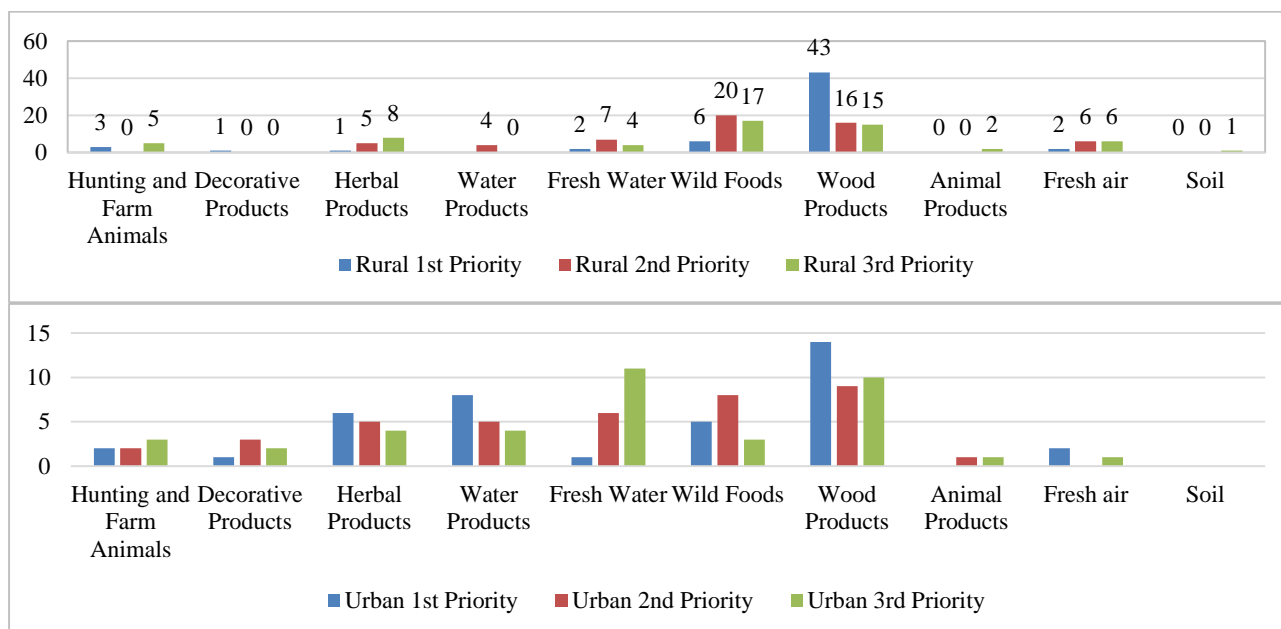


Figure 8. Participants' top opinions on forest ecosystem services and benefits by settlement

Figure 8 shows that in rural areas, the most commonly utilised ecosystem services are wood products, wild foods, clean air (oxygen), and plant products, with fresh drinking water also being frequently mentioned. In urban areas, wood products are the most commonly used ecosystem service. Similar to the findings of the

study, research conducted in Spain also identified disparities in the perceived significance of ecosystem services between urban and rural areas. According to this study conducted in Xalo Mountain, Spain, local people valued drinking water as the most important ecosystem service, while those living in the city valued sports activities the most (Rodríguez-Morales et al., 2020). A study of ecosystem services provided by urban green spaces in India found that urban dwellers perceived the provision of ecosystem services, such as enhancement of aesthetic beauty and improving mental health, to be of greater importance than the improvement of wildlife habitats, the collection of fresh water, the regulation of water flow and runoff, and the collection of firewood, fruit, honey and medicinal plants (Anand and Prodyut, 2024).

The order of importance attributed to forest ecosystem services is an indicator of the utilisation rate of these services. Since both urban and rural residents indicates a product or service with need, the demand for these products and services will also be high. Consequently, it is imperative to exercise greater caution in utilising forest-derived products and services, adhere to the principles of planning, and maintain a balance between conservation and utilisation. Only through this approach can the sustainability of forest ecosystem services be guaranteed.

Table 6
Difference analysis of participants' views on forest ecosystem services according to their education levels

	Education groups	N	Rank Averg.	Chi Square	df	Asymp. Sig.	Groups	MWU	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
Q9	Primary school	46	37,42	24,661	4	,000	İlkokul-Lise	310,500	1391,500	-3,212	0,001
	Middle school	11	50,36					İlkokul-Üni.	127,500	1208,500	-4,211
	High school	23	57,46								
	University	15	68,00								
	Master's/PhD	2	68,00								
Q10-1	Primary school	46	55,53	8,709	4	,069	İlkokul-Lise	244,500	1897,500	-2,733	0,006
	Middle school	11	44,41								
	High school	23	46,72								
	University	15	34,77								
	Master's/PhD	2	57,00								

Table 6 shows a difference in knowledge about forest ecosystem services between primary school graduates and high school/university graduates. Additionally, there are statistically significant differences in opinions about the most essential product provided by forest ecosystem services between primary and high school graduates.

Table 7
Difference analysis of participants' perspectives on forest ecosystem services based on their income levels.

	Income levels	N	Rank Averg.	Chi Square	df	Asymp. Sig.	Groups	MWU	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
S9	0-1 MW	11	68,00	12,685	3	,005	0-1 AÜ-1,1-2 AÜ	187,000	1672,000	-2,407	,016
	1,1-2 MW	54	50,04					0-1 AÜ- 2,1-4 AÜ	77,000	542,000	-3,064
	2,1-4 MW	30	42,13				0-1 AÜ- 4+ AÜ	0,000	3,000	-3,464	,001
	4+ MW	2	19,50								
S10-1	0-1 MW	11	28,86	10,198	3	,017	0-1 AÜ-1,1-2 AÜ	146,500	212,500	-2,920	,003
	1,1-2 MW	54	53,85					0-1 AÜ- 2,1-4 AÜ	102,000	168,000	-2,000
	2,1-4 MW	30	46,58								
	4+ MW	2	65,00								

Upon analysing Table 7, it is evident that the participant's level of knowledge regarding forest ecosystem services varies significantly between those with a monthly income of 0-1MU and others. The opinions of other income groups are similar. There are statistically significant differences between primary and high school graduates regarding the most crucial product provided by forest ecosystem services.

The study of forest ecosystem services relies on human perspectives. Individuals value and protect resources acquired through their efforts (Akgün, 1997). Consequently, to ensure the preservation and long-term viability of forests and their ecosystems, firstly, we must assess the viewpoints and opinions of those who utilize and benefit from these services. Subsequently, conducting studies on this topic can enhance awareness of the importance of these services. Thus, we can motivate people to protect the ecosystems that supply these essential products and services, thus mitigating harm caused by human activities.

Numerous studies indicate that the perception of ecosystems as sources of specific services varies depending on several factors, including formal education, gender, ethnicity, age, cultural traditions, individual needs, access to ecosystem services, land ownership, and household income (Lewan and Söderqvist, 2002, Gunawan et al., 2004, Martín-López et al., 2012, Mathys et al., 2023). The results of this study reveal that, in general, individuals living in urban areas and those with relatively higher education levels possess more knowledge about forest ecosystem services. This is mainly attributed to approximately 70% of urban residents having completed high school or higher education, the widespread availability of communication tools facilitating access to written and visual information, and the influence of social media on increasing awareness levels. A similar positive effect on perceiving ecosystem services was identified in a study conducted in Indonesia (Muhamad et al., 2014). Similarly, Pak and Berber (2011) indicate that the residents of Artvin exhibit a high level of awareness regarding the benefits provided by forest ecosystem services. In contrast, a study conducted in Çankırı suggests that the public has a significantly lower awareness of the products and services offered by forests (Birben et al., 2018). In the West Java region of Indonesia, participants perceive approximately 50% of the specified provisioning services, while they can perceive only 16.72% of other ecosystem services (Muhamad et al., 2014). A study conducted in Iran also found that education level significantly influences the perception of regulating services (Pour et al., 2023). Similarly, a study in Bangladesh revealed that participants with higher education levels, higher annual family income, and more education related to agriculture tend to perceive ecosystem services more comprehensively than others (Saha et al., 2021).

The forest is not an area where everyone can freely go due to its structure. This situation poses a barrier to people interacting more with forests. The responses to the question asked to determine this aspect, which affects participants' relationships with forests, are shown in Table 8.

Table 8
Participants' fear of forests and their reasons

		Frequency	Percent	Valid Percent
State of fear	No	86	88,7	88,7
	Yes	11	11,3	11,3
	Total	97	100,0	100,0
The reason for fear	Wild animals	10	10,3	90,9
	Dark and dense trees	1	1,0	9,1
	Missing	86	88,7	
	Total	97	100,0	

As observed in Table 8, approximately 89% of participants do not fear entering the forest. Among those who express fear, 90.9% fear wild animals, while 9.1% cite the forest's darkness and density as reasons for their fear. Although some of Kastamonu's population admits to being afraid of venturing into the forest, the fact that 89% have close interactions with forests indicates a significantly high rate of benefiting from them. A

study conducted in Eskişehir also reported an approximate 70% rate of utilizing forests in some way (Pak and Berber, 2011), while residents of Artvin city centre mention a minimum monthly visit rate of 56% to the urban forest (İnanç, 2019).

In the study, the participants' opinions regarding the efforts of forestry organizations in forest conservation were obtained. The information is presented in Table 9.

Table 9

Opinions about the adequacy of forest administration in conservation activities

		Frequency	Percent	Valid Percent
Are conservation activities sufficient?	No	10	10,3	10,3
	Yes	87	89,7	89,7
	Total	97	100,0	100,0
If no, why?	Lack of control	10	10,3	90,9
	Failure to comply with the rules of ethics and morality	1	1,0	9,1
	Missing	86	88,7	
	Total	97	100,0	

According to the data obtained from the Table 9, 89.7% of participants approve of the forestry administration's activities aimed at forest conservation. Among those who find these efforts insufficient and ineffective, approximately 91% express that inspections are inadequate, while 9% believe that certain employees have deviated from their professional ethics. The results of a study conducted in Sivas show that the opinions of forest villagers towards the work carried out by the forest organization are generally positive (Alkan and Kılıç, 2018). However, in a study conducted in Artvin in 2008, forest villagers stated that they did not like the forestry activities carried out (Toksoy et al., 2008). We can say that over time, forest villagers and the public have better understood the work carried out by the forestry organization, resulting in a change in negative perceptions in this context.

The information obtained from the question regarding participants' opinions on the adequacy of laws for the sustainable management of forests is presented in Table 10.

Table 10

Opinions about the adequacy of laws for sustainable forest management

		Frequency	Percent	Valid Percent
Are the laws sufficient?	No	13	13,4	13,4
	Yes	84	86,6	86,6
	Total	97	100,0	100,0
What should be done?	The deterrence of laws should be increased	13	13,4	100,0
	Missing	84	86,6	
	Total	97	100,0	

As seen from Table 10, 86.6% of participants believe that the existing laws are sufficient for achieving the preservation, enhancement, and continuity of forests, i.e., sustainable forest management. Among those who consider the laws inadequate, all of them express the need to enhance the deterrent effect of these laws. In a study conducted in the Eastern Black Sea region 2008, it was noted that forest villagers in Trabzon, Giresun, Artvin, and Rize were dissatisfied with the government's forestry policies. Only residents of Gümüşhane expressed satisfaction with the state's forestry policy (Toksoy et al., 2008).

61.9% of participants (60 individuals) believe that fees could be charged to those who benefit from the services provided by forest ecosystems for their conservation and continuity. Furthermore, 77.3% of participants stated their willingness to pay a fee for the sustainability and enhancement of the forest ecosystem services they utilize. The amount they are willing to pay varies between 10 TL (0.6 USD) and 30,000 TL (1794.3 USD), with an average payment preference of 846 TL (50.6 USD) for Kastamonu province. In rural areas, the willingness to pay ranges from 50 TL (3 USD) to 24400 TL (24.4 USD), while in cities it varies between 10 TL (0.6 USD) and 30000 TL (1796.4 USD). The average willingness to pay for those living in rural areas is 413.8 TL (24.8 USD), and 1443.3 TL (86.4 USD) for urban centres. In Kastamonu, this amounts to 318,414,942 TL (19,043,955.9 USD).

Various figures have been determined to conserve and enhance ecosystem services in different regions. For instance, in the European-Mediterranean region, a voluntary payment of 120 Euros per person is requested to sustain ecosystem services such as preventing forest fires, ensuring quality product production, maintaining biodiversity, and preserving cultural landscapes (Bernues et al., 2014). Similarly, a European study found that individuals are willing to pay 38 Euros per person for cultural ecosystem services (Huber and Finger, 2020). In a study conducted in China's Tibetan Plateau, people exhibited a willingness to pay an average of 1080.95 Chinese Yuan per person annually for water conservation, soil retention, carbon fixation, pollution decomposition, biodiversity conservation, and aesthetic existence. Specifically for water production, the average payment tendency was 172.40 Chinese Yuan per person annually. These findings underscore the importance of ecosystem services and highlight the need to invest in these areas for a sustainable future (Liu, 2020). A study conducted in South Korea revealed a strong preference for biodiversity as a primary ecosystem service in both national/public and private forests. Furthermore, the study found that residents would pay an average of 21.80–24.34 USD per household per year to improve this service (Son et al., 2024).

4. Conclusion

The Kastamonu public has sufficiently developed awareness regarding forest ecosystems, as revealed by our study results. Furthermore, both urban and rural populations in Kastamonu value the benefits of ecosystem services and are primarily aware of the distinction between products and services. The most highly prioritized forest ecosystem services are regulatory, and individuals are willing to make voluntary payments to enhance and sustain these services.

Within the forest ecosystem products and services utilized by rural communities are wood, food, clean water supply, clean air, and plant-based products including medicinal and aromatic plants. They particularly use them in their daily lives. In urban centres, wood products, clean water production, decorative items, hunting, plant-based products (including medicinal and aromatic plants), and aquatic products take precedence.

The Kastamonu public generally believes that the efforts of forest management and the existing laws are largely sufficient for the sustainable management of forests. However, they also emphasize the need to enhance the deterrent effect of penalties.

Greater integration into sustainable forest management planning is necessary to enhance forest ecosystem services. Significant additional efforts are required to support the sustainability of these services. This study will provide decision-makers with a reference for increasing awareness and ensuring the sustainability of forest ecosystem services.

Acknowledgment

This study received support from TUBITAK 2209/A - University Students Research Projects Support Programme (Project No: 1919B012106819). A summary of the study was presented at the 3rd International Conference on Scientific and Academic Research.

Author Contributions

Author Beyzanur Baykalı: She collected the data and contributed to the writing of the manuscript.

Author Gökhan Şen: Planned and designed the study, performed statistical analyses and wrote the manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Akgün, M. (1997). Kutadgu Bilig'te İnsan ve Kamil İnsan. Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 3(3), 1-11. Access address: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/114969>
- Alkan, H. and Kılıç, M. (2018). Orman köyleri perspektifinde ormancılık ve salma hayvancılık ilişkileri. 1st International Symposium on Silvopastoral Systems and Nomadic Societies in Mediterranean Countries (pp.14-21). Isparta, Türkiye. Access address: https://www.researchgate.net/publication/335602008_ISNOS-MED-2018-Proceedings#page=26
- Anand, & Bhattacharya, P. (2024). Assessing resident's perception towards ecosystem services of urban green spaces in Delhi, India. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 31(2), 150-162. <https://doi.org/10.1080/13504509.2023.2261013>
- Asah, S.T., Guerry, A.D., Blahna, D.J. and Lawler, J.J. (2014). Perception, acquisition and use of ecosystem services: Human behavior, and ecosystem management and policy implications. Ecosystem services, 10, 180-186. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.08.003>
- Atanga, R. A., Kainyande, A., Tankpa, V., & Osunmadewa, B. (2024). Perceived Status Of Ecosystem Services Emanating From A Forest Reserve: Evidence From Atewa Range Forest Reserve In Ghana. Environmental Management, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s00267-023-01933-7>
- Atmış, E. (2004). Ormanlar üzerindeki kent kökenli baskılar ve kent duyarlılığı, I.Ulusal Kent Ormancılığı Kongresi (pp.401-413). Isparta, Türkiye.
- Ayyıldız, H. and Toksoy, D. (2002). Üniversite öğrencilerinin sosyal-kültürel özellikleri ve gelir-harcama yapısı: Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi örneği. Pazarlama Dünyası, 16(6), 50-57.
- Balasubramanian, K., & Dwivedi, P. (2024). Using mental model approach for ascertaining socio-cultural perceptions of forest-based ecosystem services among female forest landowners in Georgia, United States. Forests, Trees and Livelihoods, 1-23. <https://doi.org/10.1080/14728028.2024.2312880>
- Bernues, A., Rodríguez-Ortega, T., Ripoll-Bosch, R. and Alfnes, F. (2014). Socio-cultural and economic valuation of ecosystem services provided by Mediterranean mountain agroecosystems. PloS one, 9(7), e102479. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102479>
- Bezák, P., Mederly, P., Izakovičová, Z., Moyzeová, M. and Bezáková, M. (2020). Perception of ecosystem services in constituting multi-functional landscapes in Slovakia. Land, 9(6), 195. <https://doi.org/10.3390/land9060195>
- Birben, Ü. and Ünal, H.E. (2020). Kentlinin ormana bakışı: Ankara il merkezi örneği. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22(3), 1037-1052. <https://doi.org/10.24011/barofd.768769>
- Birben, Ü., Ünal, H.E. and Karaca, A. (2018). Orman kaynaklarına ilişkin toplumsal algının incelenmesi (Çankırı kent merkezi örneği). Türkiye Ormancılık Dergisi, 19(1), 76-82. <https://doi.org/10.18182/tjf.394139>
- Çoban, A. and Yücel, M. (2018). Kent planlamasında ekosistem hizmetlerinin rolü. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(2), 444-454. Access address: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/451870>
- Costanza, R., De Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S. and Turner, R.K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. Glob. Environ. Chang., 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- Cuni-Sanchez, A., Imani, G., Bulonvu, F., Batumike, R., Baruka, G., Burgess, N. D. and Marchant, R. (2019). Social perceptions of forest ecosystem services in the Democratic Republic of Congo. Human Ecology, 47, 839-853. <https://doi.org/10.1007/s10745-019-00115-6>
- Geray, U., Şafak, İ., Yılmaz, E., Kiracıoğlu, Ö. and Başar, H. (2007). İzmir ilinde orman kaynaklarına ilişkin

- işlev önceliklerinin belirlenmesi, Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayın No:46, Teknik Bülten No:35, İzmir.
- Gouwakinnou, G.N., Biao, S., Vodouhe, F.G., Tovihessi, M.S., Awessou, B.K. and Biao, H.S. (2019). Local perceptions and factors determining ecosystem services identification around two forest reserves in Northern Benin. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0343-y>
- Gunawan, B., Takeuchi, K., Tsunekawa, A. and Abdoellah, O. S. (2004). Community dependency on forest resources in West Java, Indonesia: the need to re-involve local people in forest management. *Journal of Sustainable Forestry*, 18(4), 29-46. https://doi.org/10.1300/J091v18n04_02
- Harita Genel Müdürlüğü (HGM), 2023. Kastamonu fiziki il haritası. Access address: <https://www.harita.gov.tr/urun/kastamonu-fiziki-il-haritasi/380>
- Hassen, A., Zander, K.K., Manes, S. and Meragiaw, M. (2023). Local People's perception of forest ecosystem services, traditional conservation, and management approaches in North Wollo, Ethiopia. *Journal of Environmental Management*, 330, 117118. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117118>
- Hegetschweiler, K. T., Wartmann, F. M., Dubernet, I., Fischer, C., & Hunziker, M. (2022). Urban forest usage and perception of ecosystem services—A comparison between teenagers and adults. *Urban Forestry & Urban Greening*, 74, 127624. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127624>
- Huber, R. and Finger, R. (2020). A Meta-analysis of the willingness to pay for cultural services from grasslands in Europe. *Journal of Agricultural Economics*, 71(2), 357-383. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12361>
- İnanç, S. (2019). Artvin kent ormanı ve halkın beklentileri. *Turkish Journal of Biodiversity*, 2(2), 57-61. Access address: <http://dergipark.gov.tr/biodiversity>
- Kastamonu Forestry Regional Directorate (KFRD), (2023). State of forest. Access address: https://www.ogm.gov.tr/kastamonuobm/ormanlarimiz/orman-varligi?View={7c5f9d58-8f6c-4b4b-aa76-4d4bedfaf3bf}&SortField=Kapal_x0131__x0020_Normal_x0020_&SortDir=Asc
- Korkmaz, M. (2012). Orman işletmelerinde iktisadilik düzeyinin TOPSIS yöntemi ile analizi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13(1), 14-20. Access address: <https://core.ac.uk/download/pdf/148739778.pdf>
- Lele, S., Springate-Baginski, O., Lakerveld, R., Deb, D. and Dash, P. (2013). Ecosystem services: origins, contributions, pitfalls, and alternatives. *Conserv. Soc.*, 11 (4), 343-358. Access address: <https://www.jstor.org/stable/26393131>
- Lewan, L. and Söderqvist, T. (2002). Knowledge and recognition of ecosystem services among the general public in a drainage basin in Scania, Southern Sweden. *Ecological Economics*, 42(3), 459-467. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00127-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00127-1)
- Lin, J.C., Chiou, C.R., Chan, W.H. and Wu, M.S. (2021). Public perception of forest ecosystem services in Taiwan. *Journal of Forest Research*, 26(5), 344-350. <https://doi.org/10.1080/13416979.2021.1911023>
- Lin, J.C., Wang, P.J., Chen, L.C. and Lin, Y.J. (2008). An analysis of forest ecosystem services cognition by people with different environmental attitudes. *Taiwan J. For. Sci.* 23: 51–62. Access address: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20083309561>
- Liu, Y. (2020). The willingness to pay for ecosystem services on the Tibetan Plateau of China. *Geography and Sustainability*, 1(2), 141-151. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.06.001>
- López-Santiago, C.A., Oteros-Rozas, E., Martín-López, B., Plieninger, T., Martín, E.G. and González, J. (2014). Using visual stimuli to explore the social perceptions of ecosystem services in cultural landscapes: the case of transhumance in Mediterranean Spain. *Ecology and Society*, 19(2). <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06401-190227>
- Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Palomo, I., Casado-Arzuaga, I., Del Amo, D.G. and González, J.A. (2012). Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. *PLoS One*. 7(6): e38970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038970>
- Mathys, A. S., Van Vianen, J., Rowland, D., Narulita, S., Palomo, I., Pascual, U., ... and Sunderland, T. (2023). Participatory mapping of ecosystem services across a gradient of agricultural intensification in West Kalimantan, Indonesia. *Ecosystems and People*, 19(1), 2174685. <https://doi.org/10.1080/26395916.2023.2174685>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well-Being*. Island press, 5-563. Access address:

- https://www.unioviado.es/ranadon/Ricardo_Anadon/docencia/DoctoradoEconomia/Millennium%20Eco%20Assesment%2005%20Oppor%20Business%20Industry.pdf
- Muhamad, D., Okubo, S., Harashina, K., Gunawan, B. and Takeuchi, K. (2014). Living close to forests enhances people's perception of ecosystem services in a forest–agricultural landscape of West Java, Indonesia. *Ecosystem Services*, 8, 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.04.003>
- Obonyo, E., Mogoi, J. and Ongugo, P. (2008). Property rights and forest management: Whose reality counts? A policy brief. Virginia Tech. Sustainable Agriculture and Natural Resource Management (SANREM) Knowledgebase. Access address: <https://vtechworks.lib.vt.edu/server/api/core/bitstreams/898641a0-886e-4c4a-b9d9-f8ad22ff295a/content>
- Orhunbilge, N., 2000. Sampling methods and hypothesis testing (pp. 178–267). Istanbul, Turkey: Avcıol Basım ve Yayın. ISBN: 975-404-511-9.
- Owubah, C.E., Le Master, D.C., Bowker, J.M. and Lee, J.G. (2001). Forest tenure systems and sustainable forest management: the case of Ghana. *Forest Ecology and Management*, 149(1-3), 253-264. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00557-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00557-0)
- Özer, M.A., 2001. Derin Ekoloji. Çağdaş Yerel yönetimler, 10(4): 61-79. Access address: https://www.researchgate.net/profile/Mehmet-Oezer-10/publication/348010287_Derin_Ekoloji/links/5fcede32592851c13fed7d3f2/Derin-Ekoloji.pdf
- Öztürk, S. and Ayan, S. (2015). Management alternatives in national park areas: The case of Ilgaz Mountain National Park. – eco.mont - Journal on Protected Mountain Areas Research, 7: 37-44. Access address: https://www.austriaca.at/buecher/files/eco.mont_%28Journal_on_Protected_Mountain_Areas_Research%29/eco.mont_Vol._7_No._1/ecomont-13-08-%C3%96tzt%C3%BCrk-Ayan.pdf
- Pak, M. and Berber, H. (2011). Orman kaynaklarının işlevlerine ilişkin toplumsal bilinç düzeyinin incelenmesi: Eskişehir ili örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2), 161. Access address: <https://ofd.artvin.edu.tr/en/download/article-file/25761>
- Pak, M., Özkazanç, O. and Okumuş, A. (2021). Ormanların fonksiyonlarına ilişkin toplumsal bilinç düzeyinin incelenmesi (Kahramanmaraş ili örneği). *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 462-477. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.958038>
- Pehlivan, Ş.Y. (2023). Pazarı olmayan orman ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerinin belirlenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 141-148. <https://doi.org/10.53516/ajfr.1265836>
- Pour, M.D., Barati, A.A., Azadi, H., Scheffran, J. and Shirkhani, M. (2023). Analyzing forest residents' perception and knowledge of forest ecosystem services to guide forest management and biodiversity conservation. *Forest Policy and Economics*, 146, 102866. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102866>
- Purwestri, R.C., Palátová, P., Hájek, M., Dudík, R., Jarský, V. and Riedl, M. (2023). Public perception of the performance of Czech forest ecosystem services. *Environmental Sciences Europe*, 35(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00802-8>
- Ranacher, L., Lähtinen, K., Järvinen, E. and Toppinen, A. (2017). Perceptions of the general public on forest sector responsibility: A survey related to ecosystem services and forest sector business impacts in four European countries. *Forest Policy and Economics*, 78, 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.01.016>
- Rodríguez-Morales, B., Roces-Díaz, J. V., and Kelemen, E. (2020). Perception of ecosystem services and disservices on a peri-urban communal forest: are landowners' and visitors' perspectives dissimilar? *Ecosyst Serv*, 43: 101089. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101089>
- Saha, S., Hasan, S.S., Haque, M.E. and Ahamed, T. (2021). Perception based assessment of ecosystem services of Madhupur Sal Forest in Bangladesh. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(1), 39-44. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2021.3.1.194>
- Saygı, S. (2016). Çağdaş sanatta doğa algısı ve ekolojik farkındalık. *Sanat – Tasarım Dergisi*, 7, 7-13. <https://doi.org/10.17490/Sanat.XXX>
- Şen, G. (2021). The Effectiveness of the forest certification process in preventing forest crimes and adapting to climate change. Şen, G and Güngör, E. (Edts). In book: *Conservation of Natural Resources in the Context of Climate Change* (pp.1-7) Publisher: Duvar Publishing.
- Şen, G. and Güngör, E. (2018). Analysis of land use/land cover changes following population movements and agricultural activities: a case study in northern Turkey. *Appl Ecol Env Res*. 16(2):2073–88.

- http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1602_20732088
- Şen, G. and Toksoy, D. (2006). Türkiye’de nüfus orman ilişkisi. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi (pp.108-117). Çankırı, Türkiye. Access address:
https://www.researchgate.net/publication/338745384_Turkiye'de_Nufus_Orman_Iliskisi
- Şen, G., Çelik, M. Y. and Ulusoy, T. (2019). A New financing model for carbon emission reduction projects: the use of carbon emission reduction purchase agreements (ERPA) in the private pension system. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 34(2):111-120. <https://doi.org/10.28955/alinterizbd.664754>
- Serper, Ö., 2000. *Applied statistics II* (4th ed.). Bursa, Turkey: Ezgi Kitabevi.
- Siry, J.P., Cubbage, F.W. and Ahmed, M.R. (2005). Sustainable forest management: global trends and opportunities. *Forest Policy and Economics*, 7, 551- 561. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2003.09.003>
- Son, Y. G., Lee, Y., & Jo, J. H. (2024). Residents’ Willingness to Pay for Forest Ecosystem Services Based on Forest Ownership Classification in South Korea. *Forests*, 15(3), 551.
<https://doi.org/10.3390/f15030551>
- Toksoy, D., Ayaz, H. and Şen, G. (2008). Artvin ili orman köylerinin sosyo-ekonomik özellikleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (1-2): 1-11 Access address:
<https://ofd.artvin.edu.tr/en/download/article-file/25678>
- Toksoy, D., Sen, G., Özden, S. and Ayaz, H. (2008). The forestry organization and its relationship with local people in the Eastern Black Sea Region of Turkey. *New Mediterr*, 4, 47-53. Access address:
https://newmedit.iamb.it/share/img_new_medit_articoli/239_47toksoy.pdf
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Nüfus ve Demografi. 2020. Access address:
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>
- Ünal, H.E. and Birben, Ü. (2021). Public Perception of Forest in Forest Villages: The Case of Hanönü Forest District Directorate in Kastamonu Province. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 95-106.
<https://doi.org/10.53516/ajfr.959223>
- Wang, Y., Sun, J., Liu, C. ve Liu, L. (2024). Çin’in dağlık bir bölgesinde algılanan ekosistem hizmetleri ile kırsal kesimde yaşayanların refahı arasındaki bağlantıyı araştırmak. *Uygulamalı Coğrafya*, 164 , 103215. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2024.103215>

Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Plantasyon Alanlarında Motorlu Testere İle Kesimde Zaman Tüketimi, Verimlilik ve Maliyet Analizi

Tolga Öztürk¹, Batın Mehmet Yer², Muhittin İnan³

^{1,2,3} İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 03.04.2024

Kabul: 10.06.2024

Yayın: 15.08.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Ülkemizde artan nüfus sayısına göre odun hammaddesi ihtiyacı da artış göstermektedir. Oluşan bu talep ve artış nedeniyle odun hammaddesinin kesim süreci verim, maliyet, iş güvenliği ve çevresel zararlar açısından önemli bir hal almıştır. Bu çalışmanın amacı, İstanbul Sarıyer bölgesinde yer alan karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) plantasyonlarında Husqvarna 365 motorlu testere ile yapılan kesim, dal alma, ölçme ve boylama çalışmalarında zaman tüketimi, verimlilik ve maliyeti tespit etmektir. Bu amaçla motorlu testere ile yapılan çalışmalarda zaman etütleri yapılmıştır. Bu zaman etütleri sonucunda ortalama 12.62 m boyunda ve 21.41 cm göğüs yüksekliği çapına sahip karaçam meşcerelerinde kesme verimi 2.825 m³/sa olarak bulunmuştur. Zaman etütleri sonucunda bir ağacın ortalama kesim süreci 5.31 dakika/sefer olarak belirlenmiştir. Bunun yanında, yapılan çalışmada motorlu testere ile kesim çalışmasının maliyeti 5.53 \$/sa ve 1.96 \$/m³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca, motorlu testerenin yakıt tüketimi 1.85 lt/sa olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, motorlu testere verimliliğinin ağaç çapı ve dal alma-boylama ile ilişkili olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler – Husqvarna, maliyet, odun üretimi, verimlilik, zaman ölçümleri

Time Consumption, Productivity and Cost Analysis of the Motor Manual Tree Felling in the Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) Plantation Areas

^{1,2,3} Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Istanbul, Turkey

Article History

Received: 03.04.2024


Accepted: 10.06.2024


Published: 15.08.2024


Research Article

Abstract – The need for wood raw materials also increases with the increasing population in our country. Due to this demand and increase, the cutting process of wood raw material has become important in terms of efficiency, cost, occupational safety, and environmental damage. The aim of this study is to determine the time consumption, productivity, and cost of cutting, branching, measuring, and bucking works carried out with a Husqvarna 365 chainsaw in black pine (*Pinus nigra* Arnold.) plantations located in the Sarıyer region of Istanbul. For this purpose, time studies were carried out with a chainsaw. As a result of these time studies, the productivity of black pine stands with an average height of 13 m and a breast height diameter of 21 cm was found to be 2.825 m³/hour. Additionally, the average cutting process of a tree was found to be a total of 5.31 minutes per session. Furthermore, the cost of cutting with a chainsaw is \$5.53 per hour and \$1.96 per m³. In addition, the fuel consumption of chainsaw calculated as 1.85 L/hour. As a result, the study found that the efficiency was related to tree diameter and the amount of bucking.

Keywords – Husqvarna, cost, wood production, productivity, time measurements

¹  tozturk@iuc.edu.tr

²  batinyer@iuc.edu.tr

³  inan@iuc.edu.tr

* Corresponding Author/ Sorumlu Yazar

1. Giriş

Ülkemizde odun hammaddesi üretimi çok yoğun iş gücünün kullanıldığı çalışmalardır. Bu çalışmalar basit olarak birbirini takip eden iki safhadan oluşmakla birlikte detaya inildiğinde birçok aşamadan meydana geldiği görülmektedir. İlk aşama kesim aşaması olup, kesme, devirme, dal ve tepe alma, ölçme ve boylama işlemlerini içermektedir. Ağaç türü (ibreli) ve istenilen ürün cinsine göre bu aşamalara soyma çalışmaları da eklenir. Üretim çalışmalarında maliyet ve verimlilik haricinde motorlu testerenin kullanımı iş güvenliği açısından önemlidir ve iş kazaları en fazla bu aşamada gözükmetedir (Jourgholami ve Abari, 2017). Taşıma olarak adlandırığımız ikinci aşamada ise kesilerek bölme içerisinde hazırlanan ürünlerin farklı araçlar ve tekniklerle öncelikle bölmeden çıkarılması daha sonra da depolara ve piyasaya ulaştırılmasıdır.

Odun hammaddesinin üretiminde kesme olarak adlandırılan süreçte motorlu testere yoğun olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında harvester ve fellerbuncher gibi özel üretim araçları da kesim çalışmalarını yapabilmektedir. Üretimde mekanizasyon kullanımının artması operasyonel maliyetleri de arttırmaktadır (Conway, 1982). Aynı zamanda, kesim alanında kalan meşcerelerde çevresel zararlar da görülebilmektedir (Wang vd., 2004; Öztürk ve İnan, 2022). Bunun yanında, özel üretim araçları ile yapılan kesme çalışmalarında verim daha yüksektir ve iş güvenliği açısından daha elverişli çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Labelle vd., 2017). Günümüzde dünya üzerinde ormancılık çalışmalarının yapıldığı alanlarda farklı tipte kombine üretim araçları kullanılsa da motorlu testere halen yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde de kesme, devirme, dal ve tepenin alınması, boylama çalışmalarında motorlu testere kullanılmaktadır. Üretim çalışmalarında kullanılan motorlu testere farklı büyüklük ve tipte olabilir. Orta çaplı ağaçların kesiminde orta ağırlıktaki motorlu testere, kalın ağaçların kesiminde ise ağır motorlu testere kullanılmaktadır (Yıldırım, 1989).

Üretim maliyetleri kesme, sürütme, istif, yükleme, taşıma ve boşaltma çalışmalarından oluşmaktadır (Ghaffarian ve Sobhani, 2007). Kesme aşamasında verim ve maliyet; arazinin yapısı, eğim, toprak tipi, meşcere tipi (ibreli, yapraklı, karışık), meşcere çağı, kesim tekniği (seçme, traşlama, bakım), ağaçlar arasındaki mesafe, hektardaki ağaç serveti, ağaç boyutu, dal yapısı, diri örtü, operatör yetkinliği ve hava durumuna göre değişiklik göstermektedir (Sobhani, 1984; Acosta vd., 2018; Ignea vd., 2017; Balimunsi vd., 2012; Wang vd., 2004; Magognotti vd., 2012; Öztürk ve İnan; 2022; Borz ve Ciobanu, 2013; Hartsough vd., 2001; Peterson, 1987).

Ağaçların kesim çalışmalarında operatörlerin deneyimi özellikle çok önemlidir. Operatör ağacın yetiştirme koşullarına göre bölme içerisindeki mevcut durumunu iyi bir şekilde incelemelidir. Ağacın tepe yapısına, eğikliğine, lif kıvrıklığına, çevredeki ağaçların ve fidanların konumu vb. birçok durumu göz önüne aldıktan sonra kesim çalışmasını gerçekleştirmesi gerekir. Bu şekilde dikkatli bir biçimde yapılan çalışmalar neticesinde ürüne zarar gelmemesinin yanında çevresel zararlar da minimuma inecektir. Aynı zamanda bölme içerisinde çalışan işçilerin iş güvenliği maksimum düzeyde sağlanmış olacaktır.

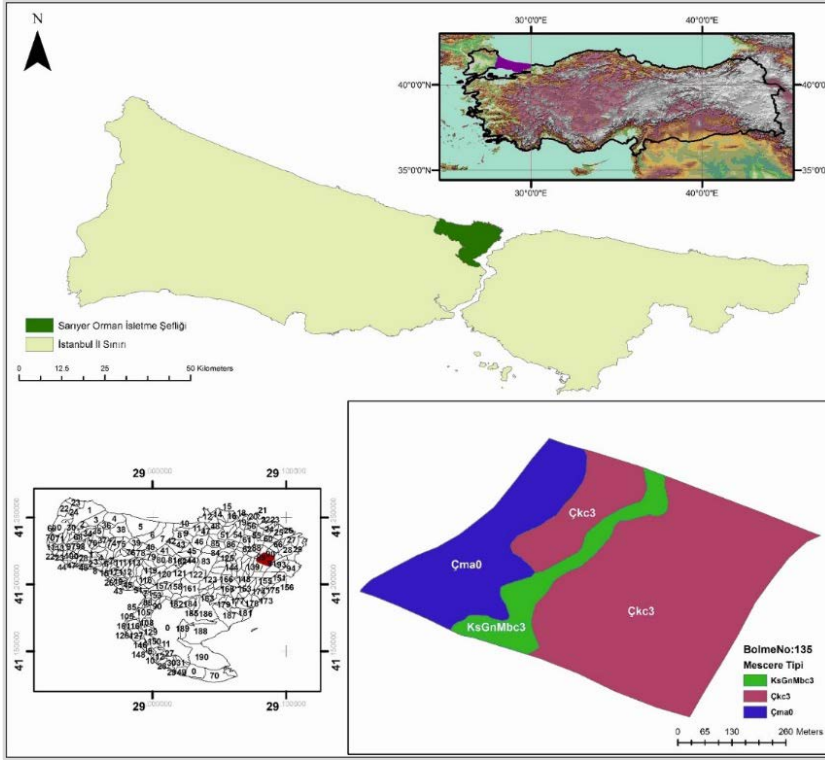
Bu çalışmada karaçam plantasyon sahalarında kullanılan motorlu testerenin kesme, dal alma ve boylama çalışmalarındaki verimliliği incelenmiştir. Motorlu testerenin verimi yanında maliyet analizi, yakıt tüketimi ve zaman tüketimi gibi konular araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma Alanı

Bu çalışma, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Sarıyer Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan 135 nolu bölme içerisinde gerçekleştirilmiştir. Sarıyer Orman İşletme Şefliği 5,214.6 ha ormanlık, 374.5 ha verimsiz (bozuk), 3,962.9 ha açıklık alan ve 991.8 ha Özel Orman olmak üzere toplam 10,543.8 ha alanı kaplamaktadır. Şefliğin kuru ormanı toplam serveti 217.291 m³, baltalık ormanı toplam serveti 65.406 ster'dir.

Plan ünitesinin kuru ormanı toplam artımı 14.194 m³, baltalık ormanı toplam artımı ise 5.812 ster'dir. Bölge 41°08'13" - 41°15'54" kuzey enlemleriyle, 28°56'01" - 29°06'59" doğu boylamları arasında yer almaktadır (OGM, 2023) (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma alanı

Çalışmanın yapıldığı 135 nolu bölmenin büyüklüğü 28.3 ha olup, bölme Çkç3, Çma0 ve KsGnMbc3 çağlı meşcerelerden oluşmaktadır. Bölme içerisinde kesim yapılan alan Çkç3 çağındaki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) plantasyon sahalarıdır. Çalışma Eylül 2022 ve Aralık 2022 tarihleri arasında 3 ay süre ile gerçekleştirilmiştir. Bölme içerisinde kesilen ağaç sayısı 4501 adet olup, mevcut dikili gövde hacmi 1,083.105 m³ olarak belirlenmiştir. Ağaçların kesim çalışmalarında iki adet operatör çalışmıştır. Operatörlerin yaşları 55-60 arasındadır. Operatörler yaklaşık 25-30 yıldır bu işi yapmakta olup, deneyimli işçilerdir. Bölme içerisinde ortalama arazi eğimi %2-10 arasında değişiklik göstermektedir (Düz ve hafif eğimli). Bölme içerisinde yoğun bir diri örtü bulunmaktadır (Şekil 2). Özellikle sarılcı ve dikenli bitkilerin yoğun olması alan içerisinde yürüme zamanını ve kesme çalışmalarını etkilemiştir. Bölme içerisinde üretilen ürünler 1.25 m boyunda sanayi odunu şeklindedir.



Şekil 2. Motorlu testere kullanımı ve bölmedeki yoğun bitki örtüsü

2.2. Verilerin toplanması

Sarıyer bölgesinde 135 nolu bölmede gerçekleştirilen çalışmada 37 karaçam ağacı motorlu testereyle kesilmiş ve ağaç kesimi üzerine zaman etüdü çalışması yapılmıştır. Kesilen her bir ağacın göğüs yüksekliğindeki çapı ($d_{1.30}$) santimetre (cm) ve boyu metre (m) hassasiyetinde ölçülmüştür. Kesilen ağaçların hacmi ise Gülen (1959) tarafından karaçam ağaç türü için geliştirilen hacim denklemi kullanılarak belirlenmiştir. Kesilen ağaçlar arasındaki mesafeler çelik şerit metre ile ölçülmüştür.

Bu çalışmada bir ağacın kesilmesi için arazide harcanan zamana bakıldığında ağaca yürüme zamanı, temizlik zamanı, ağacın kesilmesi, kesilen ağacın dallarının alınması - boylama ve kayıp zaman olmak üzere beş unsur yer almaktadır. Tüm bu aktivitenin başlangıcının ve bitişinin ölçülmesi ve kaydedilebilmesi amacıyla dijital bir kronometre kullanılmıştır. Zaman ölçümleri, sürekli zaman ölçme yöntemi kullanılarak saniye cinsinden ölçülmüştür (Bureau International des Poids et Mesures, 2006). İlk ağaç için mesafe, kesim alanı girişinden itibaren başlanarak belirlenmiştir.

2.2. Verilerin Analiz edilmesi

Akz (Ağaç kesme zamanı) ve Tz_{sn} (Toplam zaman) değerleriyle ağaç özelliklerinin (d (Göğüs çapı), h (Boy), V (Hacim), Ym (Yürüme mesafesi)) normal dağılıma sahip olup olmadıkları Kolmogorov-Smirnov Testi kullanılarak incelenmiştir. Akz ve Tz_{sn} değerleriyle ağaç özellikleri arasındaki ilişkilerin gücü ve yönü belirlenirken normal dağılım gösteren veriler için Pearson korelasyon katsayısı, normal dağılım göstermeyen veriler için ise Spearman korelasyon katsayısı dikkate alınmıştır. Regresyon analiziyle Akz ve Tz_{sn} bağımlı değişken ağaç özelliklerinin ise bağımsız değişkenleri oluşturduğu denklem 2.1 ile gösterildiği şekliyle ileriye doğru seçim yönteminin kullanıldığı çoklu regresyon modelleri geliştirilmiştir. Ayrıca regresyon analizinin varsayımları incelenmiş olup kurulan regresyon modelinin otokorelasyon sorunu Durbin-Watson (DW) değeriyle belirlenmiştir. DW değeri 0-4 arasında değişmekte olup 2'ye yakın olması otokorelasyon probleminin bulunmadığının göstergesidir (Kalaycı, 2006; Webster 2013).

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + \varepsilon \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte; b_1 denklem parametrelerini ve X_1 ağaç özelliklerini ifade etmektedir. Model geliştirmek için ve geliştirilen modelin doğruluğunu test etmek amacıyla veriler ayrılmış ve verilerin %80'iyle (30 tanesi) model geliştirilirken %20'siyle de (7 tane) geliştirilen modelin geçerliliği "Eşlendirilmiş t Testi" yardımıyla test edilmiştir. Zaman tahmin modeli ve diğer istatistik analizler için IBM SPSS Statistics 29 yazılımı kullanılmıştır. Regresyon modellerinin tahmin başarıları sırasıyla denklem 2.2 Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı ($R^2_{düz}$), denklem 2.3 Ortalama Mutlak Hata (OMH) ve denklem 2.4 gösterilen Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (HKOK) yardımıyla belirlenmiştir.

Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı ($R^2_{düz}$):

$$R^2_{düz} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2 (n-p)} \quad (2.2)$$

Ortalama Mutlak Hata (OMH):

$$OMH = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n} \quad (2.3)$$

Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (*HKOK*):

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (2.4)$$

Bu eşitliklerde; Y_i , \hat{Y}_i , \bar{Y}_i sırasıyla zaman etüdüne ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve ortalama değerleri, n gözlem sayısını ve p denklemin parametre sayısını ifade etmektedir.

Gülen (1959) tarafından karaçam ağaç türü için geliştirilen hacim denklemiyle ağaç hacimleri ve bu çalışma ile oluşturulan zaman etüdü denklemleriyle hesaplanan değerler kullanılarak saatlik üretim (m^3/sa) denklem 2.5’de gösterildiği şekilde belirlenmiştir.

$$P = \frac{V \cdot 60}{T_{zsa}} \quad (2.5)$$

Bu eşitliklerde; P , V , T_{zsa} sırasıyla verimlilik, kabuklu gövde hacmi, toplam zamanı (gecikmeli) ifade etmektedir (Mousavi vd., 2011; Borz ve Ciobanu, 2013).

2.3. Maliyet Analizlerinin Yapılması

Bu çalışmada maliyet analizleri Sabit maliyetler (Amortisman, yatırım faizi, sigorta giderleri), Değişken maliyetler (Yakıt, yağ, bakım-onarım giderleri) ve İşçilik maliyeti şeklinde sınıflandırılarak hesap edilmiştir. Birçok çalışmada maliyet analizlerinin bu yöntemle yapılması yanında (Mujetahid vd., 2020; Lotfalian vd., 2016; Eker ve Şefik, 2019), bazı çalışmalarda ise değişken maliyetlere ege ve zincir fiyatları (Jourgholami vd., 2013) ve yardımcı parçalar gibi (Popovici, 2013) eklemelerde yapıldığı görülmüştür.

2.4. Husqvarna 365 Motorlu Testerenin Teknik Özellikleri

Çalışmada Husqvarna 365 motorlu testere kullanılmıştır. Motorlu testerenin teknik özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir (URL-1).

Tablo 1

Husqvarna motorlu testerenin teknik özellikleri

Teknik özellikler	Birim	Teknik özellikler	Birim
Motor tipi	20" HN 3/8" 1.5 C85	Bar uzunluğu (min) (cm)	38
Silindir hacmi (cm ³)	65.1	Bar uzunluğu (maks) (cm)	70
Güç (kW)	3.4	Ağırlık (kg)	6,4
Yakıt deposu (litre)	0.77	Ses basınç seviyesi (dB)	102.5
Yağ deposu (litre)	0.42	Ses gücü seviyesi (dB)	114
Zincir hızı (m/sa)	20.7	Titreşim seviyesi (m/s ²)	5.7
Maks. devir sayısı (dev/dak)	12.500	Denk titreşim seviyesi(m/s ²)	8

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kesim Zamanları ve Verimlilik

Sarıyer Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan 135 nolu karaçam plantasyon meşcerelerinde yapılan bu çalışma sonucunda kesim çalışmaları; Yürüme zamanı, Temizlik zamanı, Kesme zamanı, Dal alma ve boylama zamanı, Kayıp zaman, Toplam zaman olarak safhalara ayrılarak incelenmiştir. Yapılan zaman etütleri sonucunda ortalama olarak 12.62 m boyunda ve 21.41 cm çapında bir ağacın toplam kesim zamanı 5.31 dakika

olarak bulunmuştur. Her bir seferde kesilerek hazırlanan ortalama ağaç hacmi 0.250 m^3 'tür. Kesme çalışmalarında saatlik verim $2.825 \text{ m}^3/\text{sa}$ olarak bulunmuştur. Kesim operatörünün motorlu testerenin deposunu doldurduktan sonra ortalama bir depo benzin ile 5.42 adet ağacı kesip ürün haline getirdiği belirlenmiştir. Kesim esnasında operatör tarafından ağaç kesildikten sonra yere düşen ağacın dalları ve tepesi alınarak ağaç ürün haline getirilmektedir. Her ağacın dal yapısı ve boyu birbirinden farklı olduğu için dal alma ve tepe alma çalışmaları zamansal olarak farklılıklar göstermektedir. Ağaç dal yoğunluğu, dalların kalın olması ve diri örtü yoğunluğunun fazla olması da motorlu testerenin yakıt sarfiyatını etkilemektedir. Yapılan çalışmada motorlu testerenin yakıt sarfiyatı $1.85 \text{ lt}/\text{sa}$ olarak bulunmuştur.

Campu ve Ciubotaru (2017) tarafından Romanya'nın Güney Carpatya bölgesindeki ladin ve göknar meşcerelerinde Husqvarna 365 model motorlu testerenin zaman tüketimini ve verimliliğini incelemiştir. Bu çalışmada verim $10.138 \text{ m}^3/\text{sa}$ ($4.55 \text{ ağaç}/\text{sa}$) ve $11.374 \text{ m}^3/\text{sa}$ ($4.33 \text{ ağaç}/\text{sa}$) olarak bulunmuştur. Verimlilik ağaç yarıçapı ve yürüme mesafesine bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Meşceredeki ağaç çapları 46 cm ve 58 cm olup, ortalama dikili gövde hacmi 2.41 m^3 ve 2.24 m^3 'tür. Bu durum çalışmada verimliliğin yüksek çıkmasına neden olmuştur (Campu ve Ciubotaru, 2017). Osmaniye bölgesindeki kızılçam meşcerelerinde yapılan diğer bir kesim çalışmasında Husqvarna motorlu testerenin ortalama verimi $4.06 \text{ m}^3/\text{sa}$ ve ortalama dikili ağaç hacmi 0.30 m^3 olarak bulunmuştur. Bu alanda ortalama ağaç boyu 13.42 m ve göğüs çapı 25.51 cm'dir. Çalışmanın sonucunda dal alma zamanının en fazla zamanı aldığı ve ağacın devrilme zamanının en az süreyi kapsadığı belirlenmiştir (Gülci vd., 2016). Romanya'da yapılan diğer bir çalışmada ortalama 16 m ağaç boyu, 12 cm göğüs yüksekliği çapı ve 0.096 m^3 dikili gövde hacmine sahip meşcerelerde motorlu testere verimi iki ayrı bölgede 5.68 m^3 ve 8.42 m^3 olarak bulunmuştur. Bu meşcerede ağaçlar arasındaki mesafe ortalama 3.5 m olduğu için yürüme mesafesi düşüktür ve verim yüksek bulunmuştur (Borz ve Ciobanu, 2013). Devrek Orman İşletme Şefliğinde 2005 yılında Tunay ve Melemez tarafından yapılan diğer bir çalışmada iki kişilik ekiple kesme verimliliğini $13.85 \text{ m}^3/\text{sa}$ olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada kesme safhaları içerisinde en fazla zamanı %61.3 ile temizlik zamanı ve %19.7 ile kesme zamanı almıştır (Tunay ve Melemez, 2005). Çalışkan vd., (2006) yılında Artvin Taşlıca Orman İşletme Şefliği ladin ormanlarında yaptıkları çalışmada verim $1.25 \text{ m}^3/\text{sa}$, ortalama hacim $1.07 \text{ m}^3/\text{ağaç}$ olarak bulunmuştur. Çalışmada dal alma zamanı kesme seferleri içerisinde %50 ile en fazla süreyi almıştır (Çalışkan vd., 2006). Yapılan bu çalışmanın sonuçları yukarıda yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında ortalama olarak yaklaşık olarak aynı çap ve boya sahip ağaçların olduğu meşcerelerde kesim verim değerleri biraz daha düşük çıkmıştır. Bu çalışmada %74 olan dal alma ve boylama zamanı diğer çalışmalardan yüksek bulunmuştur. Bu durumun birinci nedeni zaman ölçümlerinde dal alma ve boylama çalışmalarının tek bir değer olarak alınmasıdır. Diğer bir neden ise, ağaçların dal yoğunluklarının fazla olması ve bunun yanında alanda diri örtünün yoğun bulunması nedeniyle kesilen ağacın diri örtü içerisine düşmesinden dolayı dal alma – boylama işlemi sırasında çalışmanın yavaş ilerlemesidir.

Ghaffarian'ın (2021) yılında yapmış olduğu diğer bir çalışmada dünyanın her kıtasında okaliptüs ağaçlarının bulunduğu bölgelerde motorlu testere ile yapılan kesimlerin verim değerleri bölgelere ve ağaç boyutlarına bağlı olarak $0.6 \text{ m}^3 - 48.9 \text{ m}^3$ arasında değişiklik gösterdiği belirtilmiştir (Ghaffarian, 2021). Yine Ghaffarian tarafından İran'ın kuzeyindeki Nowshahr bölgesindeki kayın meşcerelerinde yapılan çalışmada ağaçlar arasındaki mesafenin ortalama 32.79 m olduğu ve üç farklı alanda yapılan çalışmada ağaç çaplarının ortalama 53, 150 ve 20 cm olduğu belirlenmiştir. Bu alanlardaki kesme zamanları ortalama olarak 8.78 dak, 89.89 dak ve 0.55 dak olarak tespit edilmiştir (Ghaffarian, 2021). Febo vd., (1997) yılında Sicilya bölgesinde yaptıkları çalışmada ağaçların dal yapılarının az olduğu durumlarda iş maliyetinin azaldığı ve verimliliğin arttığını belirtmişlerdir (Febo vd., 1997). Koutsianitis ve Tsioras (2017) tarafından Yunanistan'da yapılan çalışma sonucunda kesme verimliliğini ağaç hacmi ve göğüs yüksekliği çapının etkilediği belirtilmiştir (Koutsianitis ve Tsioras, 2017). Yukarıda özetlenen bazı çalışmalarda ağaç boy ve çaplarının yüksek olması (25 m boy / 150 cm göğüs çapı vb.) motorlu testerenin verim değerlerini oldukça yükseltmiştir. Bunun yanında, yürüme zamanlarının verimi etkilemesinin diğer çalışmalarla benzer olduğu görülmüştür. Bu çalışmada yürüme zamanı

diri örtü yoğunluğunun fazla olması nedeniyle de yakından ilişkilidir. Ağaçlar birbirine çok uzak olmasa bile diri örtünün yoğun olması işçilerin bir ağaçtan diğerine gidişini oldukça aksatmıştır. Kayıp zamanın fazla olmasının en büyük etkenlerinden biri olan diri örtü, yürüme zamanında, kesilen ağacın takılma - askıda kalma durumunda ve dal alma – boylama çalışmaları sırasında operatörün kesilen ağacın etrafında dolaşması sırasında zamanı oldukça arttırmıştır.

3.2. İstatiksel Bulgular

Örneklere ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Ağaç özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
d (cm)	12	31	21.41	4.82
h (m)	7	16	12.62	2.11
V (m ³)	0.04	0.57	0.25	0.13
Ym (m)	3	30	12.24	6.07

d : göğüs çapı (cm), h : ağaç boyu (m), V : kabuklu gövde hacmi (m³), Ym : yürüme mesafesi (m)

Kesilen ağaçların göğüs yüksekliğinden çapları 12 ile 31 cm arasında değişmekte iken ortalaması 21.41 cm, boyları 7 ile 16 m arasında değişmekte iken ortalaması 12.62 m, kabuklu gövde hacimleri ise 0.04 ile 0.57 m³ arasında değişmekte iken ortalaması 0.25 m³ olarak hesaplanmıştır. Kesilen ağaçlar arasındaki yürüme mesafesi 3 ile 30 m arasında değişmekte olup ortalaması 12.24 m’dir. Bu çalışmada bir ağacın kesilmesi için geçen süre içerisinde ağaca yürüme zamanı, temizlik zamanı, ağacın kesilmesi, kesilen ağacın dallarının alınması-boylama ve kayıp zaman olmak üzere beş unsur yer almaktadır.

Ölçüm sonuçlarına ilişkin tanımlayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 3’de verilmiştir.

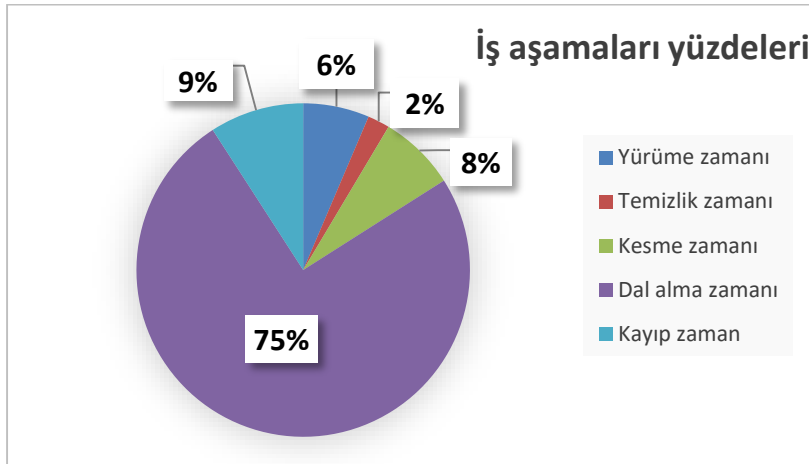
Tablo 3

Ağaç kesme süresi tüketimleri ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Yz (sn)	8.00	45.00	23.05	10.53
T (sn)	0.00	45.00	7.70	11.33
K (sn)	8.00	90.00	26.70	19.18
D (sn)	83.00	540.00	269.08	112.86
Ky (sn)	0.00	572.00	32.78	116.07
Akz (sn)	95.00	630.00	295.78	116.76
Tz_{sn} (sn)	95.00	630.00	296.31	117.03
Tz_{dk} (dk)	1.25	14.36	5.31	2.93
Tz_{sa} (sa)	0.02	0.24	0.09	0.05

Yz : Yürüme zamanı (sn), T : Temizlik zamanı (sn), K : Kesme zamanı (sn), D : Dal alma zamanı (sn), Ky : Kayıp zaman (sn), Akz : Ağaç kesme zamanı (sn)($K+D$), $Tz_{sn;dk;sa}$: Toplam zaman (sn;dk;sa) ($K+D+Ky$)

Çalışma sahası içerisinde geçirilen sürelerin dağılımı incelendiğinde en çok sürenin arazi içerisinde dal alma-boylama süresinin (%75) aldığı bunu sırasıyla kayıp zaman (%9), kesme zamanı (%8), ağaçlar arasındaki yürüme zamanı (%6) ve ağaç etrafında kesime hazırlık için yapılan temizlik zamanı (%2) sürelerine ayrılan zaman olduğu Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Arazide harcanan zamanın dağılımı

Bir ağaca ulaşmak için süre 8 ile 45 saniye (sn) arasında değişmekte iken ortalaması 23.05 sn, ağaç etrafında kesime hazırlık için yapılan temizlik zamanı 0 ile 45 sn arasında değişmekte iken ortalaması 7.70 sn, ağacın kesilmesi için geçen süre 8 ile 90 saniye (sn) arasında değişmekte iken ortalaması 26.70 sn, dal alma için ayrılan zaman 83 ile 540 sn arasında değişmekte iken ortalaması 269.08 sn, kayıp zaman ise 0 ile 572 sn arasında değişmekte iken ortalaması 32.78 sn olarak belirlenmiştir. Ak_z ve $T_{z,sn}$ değerleriyle ağaç özelliklerinin Kolmogorov-Smirnov Testiyle normal dağılıma uygunlukları incelendiğinde d , h ve Ym değerlerinin 0.05 anlamlılık düzeyinde normal dağılımı gösterdikleri ancak V 'nin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. d , h ve Ym için Pearson korelasyon katsayısı normal dağılım göstermeyen V için ise Spearman korelasyon katsayısı dikkate alınmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonucunda Ak_z ve $T_{z,sn}$ değerleriyle d ile V değerleri arasında pozitif yönlü güçlü ilişkiler, h ile ise pozitif orta seviyede ilişkiler gösterirken Ym anlamlı ilişkiler göstermemişlerdir. Ak_z ve $T_{z,sn}$ değerleriyle en yüksek anlamlı ilişkiyi d ($r = 0.686$ ve $r = 0.689$) göstermiştir. Sonuçlar Tablo 4 ve Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4

Ağaç kesme zamanı ve diğer ağaç özellikleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları

	Korelasyon Katsayısı (r)	p
d (cm)	0.686 ^P	< 0.001***
h (m)	0.410 ^P	0.012*
V (m ³)	0.618 ^S	< 0.001***
Ym (m)	0.109 ^P	0.192 ^{ns}

^P Pearson korelasyon katsayısı, ^S Spearman korelasyon katsayısı, ns: $p > 0.05$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Tablo 5

Toplam zaman ve diğer ağaç özellikleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları

	Korelasyon Katsayısı (r)	p
d (cm)	0.689 ^P	< 0.001***
h (m)	0.414 ^P	0.011*
V (m ³)	0.625 ^S	< 0.001***
Ym (m)	0.217 ^P	0.196 ^{ns}

^P Pearson korelasyon katsayısı, ^S Spearman korelasyon katsayısı, ns: $p > 0.05$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Bu çalışmada ileriye doğru regresyon yardımıyla Ak_z ve $T_{z,sn}$ bağımlı ağaç özelliklerinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon modellerinin parametreleri hesaplanarak tahmin başarıları belirlenmiştir. Bu

denklemler için oluşturulan parametre denklemleri ve Durbin-Watson test istatistiği, $R^2_{düz}$, *OMH* ve *HKOK* değerleri ve diğer istatistik ölçütlere ilişkin bilgiler Tablo 6'da sunulmuştur. Tablo 6 incelendiğinde modellerin uyum iyiliği *F* testi, model katsayılarının anlamlılıkları ise *t* testiyle incelenmiş ve modellerin 0.05 önem düzeyinde tüm parametreleri anlamlı bulunmuş olup *Akz* ve *T_{z,sn}* modelleri için sırayla DW test istatistiği değerleri 1.44 ve 1.48, $R^2_{düz}$ değerleri 0.701 ve 0.705, *OMH* değerleri 50.862 ve 50.858, *HKOK* değerleri ise 62.587 ve 62.390 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6

Ağaç kesimi için zaman tahmin modelleri

No	$R^2_{düz}$	<i>OMH</i>	<i>HKOK</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	b_0	b_1	b_2
<u>Ağaç kesme zamanı modeli</u>								
Durbin-Watson = 1.44								
D-1	0.71	50.862	62.587	35.06	0.000	-170.831**	19.151***	4.851*
<u>Toplam zaman modeli</u>								
Durbin-Watson = 1.48								
D-2	0.705	50.858	62.390	35.66	0.000	-172.704**	19.307***	4.784*

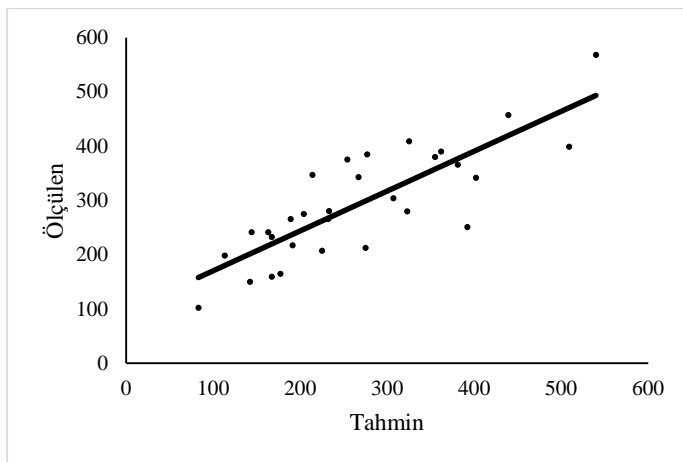
ns: $p>0,05$, *: $p<0,05$, **: $p<0,01$, ***: $p<0,001$

İstatistik ölçütlere göre başarılı bulunan modellerin geçerliliklerinin denetlenmesi amacıyla %20 ayrılarak oluşturulan kontrol verileri yardımıyla eşlendirilmiş örnekler için *t* testi denklemlerden elde edilen veriler ile gerçek değerleri karşılaştırılmış ve 0.05 önem düzeyinde istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır (Tablo 7). Böylece kurulan modellerin 0.05 önem düzeyinde kullanılabilir olduklarına karar verilmiştir. D-1 ve D-2 modelleriyle yapılan tahminler değerleriyle ölçülen değerlere karşılık oluşturulan dağılım grafikleri sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde herhangi bir sistematik hatanın olmadığı ve kurulan modellerin başarısı grafiksel olarak da ortaya konmuştur.

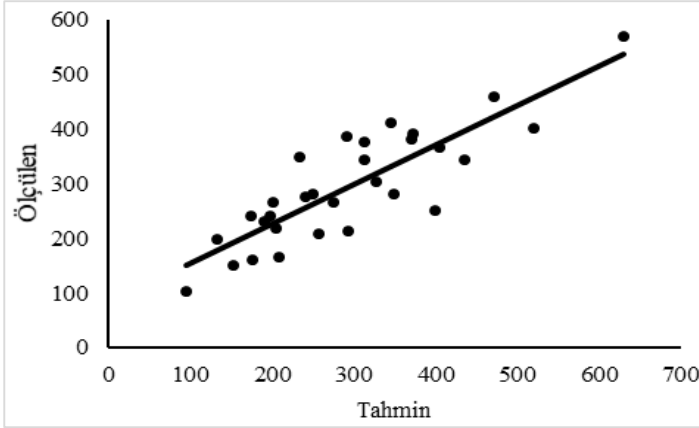
Tablo 7

Denklemlere ilişkin *t* testi sonuçları

No	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	<i>t</i>	<i>p</i>
<u>Ağaç kesme zamanı modeli</u>					
D-1	-14.332	175.023	66.152	-0.215	0.836 ^{ns}
<u>Toplam zaman modeli</u>					
D-2	15.013	175.09	66.158	-0.227	0.828 ^{ns}

ns: $p>0,05$, *: $p<0,05$, **: $p<0,01$, ***: $p<0,001$ 

Şekil 4. D-1 modeline ilişkin 1:1 grafiği



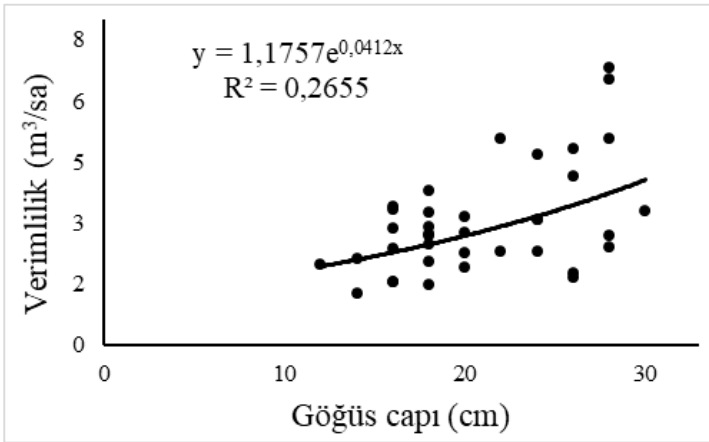
Şekil 5. D-2 modeline ilişkin 1:1 grafiği

Regresyon analizi sonucunda istatistiksel olarak başarılı bulunan D-1 ve D-2 modellerinin kullanılabilir formları aşağıda verilmiştir:

$$Akz = -170.831 + 19.151d + 4.851Ym$$

$$Tz_{sn} = -172.704 + 19.307d + 4.784Ym$$

Çalışmada yapılan zaman etütleri sonucunda kesilen ağaçların göğüs yüksekliği çapının ($d_{1.30}$) artmasına bağlı olarak verimliliğin doğrusal olarak arttığı görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. Göğüs çaplarına göre saatlik verimlilik

Yapılan bu çalışmada motorlu kesimle üretim çalışmasının sonuçlarına göre, göğüs çapının ve dal alma-boy-lama zamanının Akz ve Tz_{sn} süresini etkileyen anlamlı değişkenler olduğunu ortaya koymuştur. Korelasyon analizi sonucunda da göğüs çapının motorlu testere kullanılarak yapılan kesim süresine önemli ölçüde etki yaptığı görülmüştür. Göğüs çapının Akz ve Tz_{sn} süreleriyle pozitif bir ilişkide olması bunun bir göstergesi olup Ghaffarian ve Sobhani'nin (2007) tarafından yapılan çalışma bulgularıyla da bu çalışma sonuçları tutarlıdır.

Göğüs çapı ve ağaçlar arasındaki yürüme süresinin kesme işleminde harcanan zamanı etkilediği görülmüştür. Kesim zamanının tahmininde göğüs çapının en önemli faktör olduğunu, ağaçlar arasındaki mesafenin de önemli olduğunu benzer bir çalışmada Kluender ve Stokes (1996) tarafından gösterilmiştir. Manavakun (2014) tarafından yapılan çalışmada ise dip çap ve ağaçlar arası mesafenin kesme verimliliğini önemli ölçüde etkilediği ifade edilmiştir. Yapılan birçok çalışmada da çalışma süresini doğrusal denklemlerle güçlü ilişki gösterdiği ifade edilirken (Samset, 1990; Ghaffarian ve Sobhani, 2007; Uotila vd., 2014) üstel ve güç fonksiyonlarıyla

göğüs çapının bağımsız değişken olarak kullanıldığı modellerle de kesim zamanı tahmin modelleri oluşturulmuştur (Liepiņš vd., 2015). Ayrıca kesme süresi operatör becerileri, silvikültürel yöntem, ağaç türleri, meşcere kompozisyonu, diri örtü, hava durumu, düşük hava sıcaklığı, motorlu testerelerin yaşı, zincirin durumu ve yamaç eğiminden etkilenebilir (Conway, 1982; Nikooy, 2007; Sarikhani, 2008; Mousavi, 2009). Wang vd. (2004) meşcere yoğunluğunun, Behjou vd., (2009) ve Mousavi vd., (2011) iki ağaç arasındaki eğimin, Ghafarian ve Sobhani (2007) arazi eğiminin Ak_z ve $T_{z,sn}$ süreleri üzerinde etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Kurulan regresyon modellerine göre göğüs çapı değerine benzer şekilde ağaçlar arasındaki mesafenin arttırılmasının kesim süresini arttırarak Ak_z ve $T_{z,sn}$ sürelerini önemli ölçüde etkilediği bu çalışmada da gösterilmiştir. Zaman etütleri sırasında kayıp zaman motorlu testerenin kesim esnasında sıkışması, kesilen ağaçların diğer ağaçlara yaslanması, sarılıcı bitkilerin ağaçların tepelerine kadar çıkmasından dolayı kesilen ağaçların askıda kalması şeklinde meydana gelmiştir.

3.3. Maliyet Analizi

Bu çalışmada motorlu testerenin maliyet analizi yapılmıştır. Bu maliyet analizlerinin hazırlanmasında sabit maliyetler, değişken maliyetler ve işçilik maliyetleri göz önünde bulundurularak toplam maliyet \$/sa ve \$/m³ olarak ayrı ayrı belirlenmiştir (Tablo 7). Maliyet analizleri sonucunda toplam motorlu testere maliyeti 5.53 \$/sa ve 1.96 \$/m³ olarak bulunmuştur.

Tablo 7

Motorlu testerenin toplam maliyetinin belirlenmesi

Maliyetler	\$/sa	\$/m ³
Sabit Maliyetler		
Amortisman	0.12	0.04
Yatırım faizi	0.07	0.02
Sigorta giderleri	0.02	0.01
	0.21	0.08
Değişken Maliyetler		
Yakıt ve yağ gideri	2.76	0.98
Bakım ve onarım gideri	0.06	0.02
	2.82	1.00
İşçilik Maliyeti	2.50	0.89
Toplam Maliyet	5.53	1.96

Barokah vd. (2017) tarafından Endonezya’da yapılan bir çalışmada tik ağacının kesme çalışmalarında motorlu testerenin maliyet analizleri sonucunda toplam sistem maliyetini 2.26 \$/sa olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada, amortisman maliyetleri 0.08 \$/sa, değişken maliyetler 0.90 \$/sa ve makine maliyeti 0.98 \$/sa olarak belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada, Lotfalian vd. (2016) İran’ın Mazandaran bölgesindeki kesme çalışmalarında motorlu testerenin maliyetini sabit maliyetler (0.61 \$/sa), değişken maliyetler (1.45 \$/sa) ve işçi giderleri (3.53 \$/sa) olmak üzere motorlu testerenin toplam maliyetini 5.6 \$/sa olarak belirlemişlerdir (Lotfalian vd., 2016). Popovici (2013) Romanya’da Huş ağacı meşcerelerinde Husqvarna H55 model motorlu testere ile verim ve maliyet çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmada değişken giderler benzin, yağ, karışık yağ, zincir, diğer parçalar ve yardımcı materyaller olarak maliyete dâhil edilmiştir. Çalışmada değişken maliyetler 1.26 \$/m³ olarak hesap edilmiştir (Popovici, 2013). Diğer bir çalışmada Calvo vd. (2013) farklı marka ve tipteki motorlu testerelerin verimlerini ve maliyetlerini incelemişlerdir. Motor güçleri 3.6, 3.4 ve 3.2 kW olan Husqvarna marka üç farklı motorun maliyetleri sırasıyla 0.45 euro/sa (0.49 \$/sa), 0.13 euro/sa (0.14 \$/sa) ve 0.14 euro/sa (0.15 \$/sa) olarak hesaplanmıştır (Calvo vd., 2013). İran’ın Khardali bölgesindeki yapraklı ağaç meşcerelerinde yapılan diğer bir çalışmada motorlu testere maliyeti 31.26 \$/sa olarak bulunmuştur. Çalışmada sabit maliyetler 0.73 \$/sa, değiş-

ken maliyetler 14.53 \$/sa ve işçilik maliyeti 16 \$/sa olarak bulunmuştur (Jourgholami vd., 2013). Endonezya'da Okalipütis ve akasya meşcerelerinde beş farklı bölgede üretim çalışmaları esnasında motorlu testere-
lin toplam maliyetleri 2.07-2.96 \$/sa arasında değişiklik göstermiştir (Mujetahid vd., 2020).

Bu çalışmada bulunan maliyet değerleri diğer çalışmalardaki maliyetler ile karşılaştırıldığında sabit maliyet-
lerin birçok çalışmada birbirine yakın olduğu, değişken maliyetlerin ise diğer çalışmalardan biraz yüksek çık-
tığı görülmüştür. Bunun nedeni, ülkemizde yakıt ve yağ maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Maliyetlerdeki en
büyük farkları oluşturan kalem işçi giderleridir. Farklı ülkelerde yapılan bu çalışmaların ülkelerin ekonomik
durumuna ve işçi ücretlerine göre değişmesi olası bir durumdur. Ülkelerin ekonomik özgürlük ve rahatlığına
göre işçi ücretleri de büyük farklılıklar göstermektedir.

4. Sonuçlar

Sarıyer Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan 135 nolu bölme içerisinde gerçekleştirilen bu çalış-
mada Husqvarna motorlu testere ile yapılan ağaç kesme çalışmaları incelenmiştir. Karaçam (*Pinus nigra* Ar-
nold.) plantasyon sahasında yapılan bu çalışmada motorlu testerenin saatlik verimi, yakıt tüketimi ve saatlik
maliyeti belirlenmiştir.

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği bölme içerisinde yoğun diri ve sarılıcı bitki örtüsünün bulunması alan içeri-
sinde operatörlerin yürümesini oldukça zorlaştırmıştır. Yürüme zamanının yüksek çıkması yanında kesilen
ağaçların sarılıcı bitkiler nedeniyle zemine düşerken de bazı sorunlar ortaya çıkmıştır. Bazı ağaçların tepelerine
kadar sarılıcı bitki gelmesi nedeniyle kesilen ağaçlar devrilirken takılma ve askıda kalma şeklinde zorluklar
olduğu görülmüştür. Bu durumlar zaman kaybı olarak çalışmaya eklenmiştir. Diri örtünün ve sarılıcı bitkilerin
yoğun olduğu alanlarda operatörler tarafından devirme yönünün iyi bir şekilde belirlenmesi gerekir. Bu durum
zaman kayıplarını azalttığı gibi iş kazası riskini de azaltmaktadır. Operatörlerin devirme yönünü ve devirme
oyununun açılması gibi konularda eğitilmiş ve etkin olması önemli bir olgudur. Bu çalışma alanı gibi alanlarda
50 cm'lik bara sahip motorlu testerenin kullanımı operatörlerin rahat çalışması açısından önemlidir. Ağır ve
uzun bir bara sahip motorlu testere-
lerin bölme içerisinde kullanılması yoğun diri örtü ve sarılıcı bitkiler olan
böyle alanlarda hem çok zor hem de iş güvenliği açısından risklidir. Bunun yanında, çalışma alanında bulunan
ekip iki kişiden oluştuğu için kesim çalışmaları zaman almış ve uzun sürmüştür. Operatörlerin tecrübeli olması
yanında ekip olarak az kişiden oluşması işleri yavaşlatmıştır. Bölme içerisinde çalışan ekip sayısının fazla
olması, kesme, sürütme, soyma gibi farklı iş kollarının ayrı kişiler tarafından yapılmasına ve işin daha kısa
sürede bitmesine neden olacaktır. Bu durum kesme verimini pozitif olarak etkilemesi yanında iş kazası riskini
düşürmesi açısından da önemlidir.

Teşekkür

Çalışmanın arazi çalışmalarının gerçekleştirilmesinde yardımcı olan Sezgin ARGUN ve Serdar GEYİKÇİ'ye
teşekkür ederiz.

Yazar Katkıları

Tolga Öztürk: Veri toplama, veri analizi yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Batın Mehmet Yer: Çalışmanın istatistiksel analizlerini yapmış ve makale yazımına yardımcı olmuştur.

Muhittin İnan: Veri toplama ve makale yazımına yardımcı olmuştur.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Acosta, F.C., Oliveira, C., Arruda, M.I., Garcia, R.R. (2018). Operational performance of the selective cutting of trees with chainsaw. *Foresta e Ambiente*, 25(3): 1-9. Erişim adresi: <https://www.scielo.br/j/flo-ram/a/KCJJ9ymJbDtbDJtPG79jxDx/abstract/?lang=en>
- Balimunsi, H., Grigolata, S., Picchio, R., Nyombi, K., Cavalli, R., (2012). Productivity and energy balance of forest plantation harvesting in Uganda. *Forestry Studies in China*, 14(4): 276-282. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/234012766_Productivity_and_energy_balance_of_forest_plantation_harvesting_in_Uganda
- Barokah, S.M., Matangaran, J.R., Santosa, G., (2017). Cost analysis of felling with chainsaw and skidding with farm tractor in KPH Saradan. *International Journal of Sciences:Basic and Applied Research*, 33(1):89-102.Erişim adresi: <https://gssrr.org/index.php/JournalOfBasicAndApplied/article/view/7205/3428>
- Behjou, F. K., Majnounian, B., Dvořák, J., Namiranian, M., Saeed, A. ve Feghhi, J. (2009). Productivity and cost of manual felling with a chainsaw in Caspian forests. *Journal of Forest Science*, 55(2), 96-100. Erişim adresi: <https://doi.org/10.17221/69/2008-jfs>.
- Borz, S. A. ve Ciobanu, V. (2013). Efficiency of motor-manual felling and horse logging in small-scale firewood production. *African Journal of Agricultural Research*, 8 (24), 3126-3135. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/profile/Stelian-Borz/publication/259182012>.
- Bureau International des Poids et Mesures (2006). The International System of Units (SI). 8th edition. 97p.
- Calvo, A., Manzone, M., Spinelli, R., (2013). Long term repair and maintenance cost of some professional chainsaw. *Croat. J. For. Eng.*, 34(2): 265-271. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/288453722_Long_Term_Repair_and_Maintenance_Cost_of_some_Professional_Chainsaws
- Çalışkan, E., Şentürk, N. ve Acar, H.H. (2006). Kesim sürecinde birim zaman tespiti üzerine bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A56(1): 159-167: Erişim adresi: <https://atif.sobiad.com/index.jsp?modul=makale-detay&Alan=fen&Id=6UorengBu-adCBSEend>
- Campu, V.R., ve Ciubotaru, A. (2017). Time consumption and productivity in manual tree felling with a chainsaw – a case study of resinous stands from mountainous areas. *Silva Fennica*, 51(2): 1-19. Erişim adresi: <https://www.silvafennica.fi/article/1657>
- Conway, S. (1982). *Logging Practices. Principles of timber harvesting systems*. Miller Freeman Publication. Inc. Washington. Erişim adresi: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19770641812>.
- Eker, M., Şefik, M., (2019). Motorlu tırpana montajlı kabuk soyma aracının (motosoyar) geliştirilmesi ve denenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 20(4):411-420. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjf/issue/51103/609571>
- Febo, P., Piptone, F., Peri, G. (1997). The preservation of Sicilian forests with poorly mechanized logging processes. *J. Agric. Engng. Res.*, 67: 229-233. Erişim adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021863497901645>
- Hartsough, B.R., Zhang, X., Fight, R. (2001). Harvesting cost model for small trees in natural stands in the Interior Northwest. *Journal of the Forest Products*, 51(4): 54-61. Erişim adresi: <https://www.fs.usda.gov/research/treearch/24621>
- Ghaffarian, M.R. ve Sobhani, H. (2007). Cost production study of motor-manually felling and processing of logs. *Forest Science*, No.3: 69-76. Erişim adresi: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cost-production-study-of-motor-manually-felling-and-Ghaffarian-Sobhani/dc01409c118ccb70175abac0d4e669cea298ef0b>
- Ghaffarian, M.R. (2021). Review of studies on motor-manual felling productivity in eucalypt stands. *Silva Balcanica*, 22(1): 77-87. Erişim adresi: <https://silvabalcanica.pensoft.net/article/58750/>
- Gülci, N., Akay, A.E., Erdaş, O. (2016). Investigation of timber harvesting operations using chainsaw

- considering productivity and residual stand damage: The case of Bahçe forest enterprise chief. *Journal of The Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2):357-368. Erişim adresi: <https://forestist.org/en/investigation-of-timber-harvesting-operations-using-chainsaw-considering-productivity-and-residual-stand-damage-the-case-of-bahce-forest-enterprise-chief-13421>
- Gülen, İ. (1959). Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) hacim tablosu. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 9(1), 97-112. Erişim adresi: <https://doi.org/10.17099/jffiu.58548>.
- Ignea, G.H., Ghaffaryan, M.R., Borz, S.A. (2017). Impact of operational factors on fossil energy inputs in motor –manual tree felling and processing: a results of two case studies. *Annals of Forest Research*, 60(1): 161-172. Erişim adresi: <https://www.afrijournal.org/index.php/afri/article/view/705/640>
- Jourgholami, M, Majnounian, B., Zargham N. (2013). Performance, capability and costs of motor manual tree felling in Hyrcanian hardwood forest. *Croat. J. For. Eng.*, 34(2): 283-293. Erişim adresi: https://crojfe.com/site/assets/files/3963/jourgholami_283-293.pdf
- Jourgholami, M. ve Abari, M.E. (2017). Log damage and value loss following motor-manual tree harvesting in the Hyrcanian forest, Northern Iran. *Eur.J.Forest Eng.* 3(1): 35-43. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ejfe/issue/30014/325110>
- Kalaycı, Ş., 2006, *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*. Asil Yayın Dağıtım, Ankara, 975-9091-14-3.
- Kluender, R. A. ve Stokes, B. (1996). Felling and skidding productivity and harvesting cost in Souttiet pine forests In: CWF/IUFRO Conference, WSI 3423. Erişim adresi: https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_kluender001.pdf
- Koutsianitis, D. ve Tsioras, P.A. (2017). Time consumption and production costs of two small-scale wood harvesting systems in northern Greece. *Small-scale Forestry*, 16: 19-35. Erişim adresi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11842-016-9340-3>
- Labelle, E.R., Bergen, M. Ve Windisch, J. (2017). The effect of quality bucking and automatic bucking on harvesting productivity and product recovery in a pine-dominated stand. *European Journal of Forest Research*, 136(4): 639-652. Erişim adresi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-017-1061-4>
- Liepiņš, K., Lazdiņš, A., Liepiņš, J. ve Prindulis, U. (2015). Productivity and Cost-Effectiveness of Mechanized and Motor-Manual Harvesting of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench): A Case Study in Latvia. *Small-Scale Forestry*, 14(4), 493-506. <https://doi.org/10.1007/s11842-015-9302-1>.
- Lotfalian, M., Abbasi, E., Hosseini, S.A, 2016. Productivity and cost of tree bucking with a chainsaw in Caspian Forests. *Biological Forum – An International Journal*, 8(2): 16-21. Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/publication/287216005_Productivity_and_cost_of_manual_felling_wit h a chainsaw in Caspian forests](https://www.researchgate.net/publication/287216005_Productivity_and_cost_of_manual_felling_with_a_chainsaw_in_Caspian_forests)
- Magognotti, N., Spinelli, R., Acuna, M., Bigot, M., Guerra, S., Hartsough, B., Kanzian, C., Karha, K., Lindroos, O, Roux, S., Talbot, B., Tolosana, E., Zormaier, F. (2012). *Good practice guideline for biomass production studies*. COST Action FP-0902, WG 2 Operations research and measurement methodologies. Italy.
- Manavakun, N. (2014). Harvesting operations in eucalyptus plantations in Thailand. *Dissertationes Forestales*, 2014(177). Erişim adresi: <https://doi.org/10.14214/df.177>.
- Mousavi, R. (2009). Comparison of productivity, cost and environmental impacts of two harvesting methods in Northern Iran: short-log vs. long-log. *Dissertationes Forestales*, 82, 93. Erişim adresi: <https://pdfs.semanticscholar.org/3d00/150e59576b1917bc93a064668e3bd0c4b726.pdf>
- Mousavi, R., Nikouy, M. ve Uusitalo, J. (2011). Time consumption, productivity, and cost analysis of the motor manual tree felling and processing in the Hyrcanian Forest in Iran. *Journal of Forestry Research*, 22(4), 665-669. <https://doi.org/10.1007/s11676-011-0208-2>.

- Mujetahid, A., Gautama, I., Dayla, N., Atik, N.F. (2020). Using a types chainsaw efficiently. *Earth and Environmental Sciences*, 473, 012068: 1-9. Erişim adresi: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/473/1/012068/pdf>
- Nikooy, M. (2007). *Production optimization and reduction impact on forest by preparing harvest planning in Nav, Iran*. PhD, University of Tehran, Tehran.
- OGM, 2023. Sarıyer Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Öztürk, T ve İnan, M. (2022). Odun üretim çalışmalarından sonra meşcerede kalan ağaçlardaki zararların incelenmesi (Belgrad Ormanı örneği). *Anadolu Orman Araştırma Dergisi*, 8(2): 40-45. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ajfr/issue/73964/1177652>
- Peterson, J.T., 1987. *Harvesting economics: Hand falling second-growth timber*. Technical Research Note TN-98. Forest Engineering Research Institute of Canada, Vancouver, Canada.
- Popovici, R., (2013). *Estimating chainsaw operating costs based on fuel, lubricants and spare parts*. Bulletin of the Transilvania University of Braşov Series II, 6(55):63-68. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/286393079_Estimating_chainsaw_operating_costs_based_on_fuel_lubricants_and_spare_parts
- Samset I. (1990). Some observations on time and performance studies in forestry. *Meddelelserfra Norsk Institutt for Skogforskning*, 43(5). 80 p. Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/11250/2979624>.
- Sarikhani, N., 2008: *Forest utilization*. Tehran University Press, Tehran. 728 p. (in Persian).
- Sobhani, H. (1984). *A method data collection fort he evaluation of forest harvesting systems*. PhD. Thesis, Virginia Tech University, USA.
- Tunay, M., Melemez, K. (2005). Motorlu testere ile yapılan üretim çalışmaları üzerine bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B55(2): 31-41: Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jffiu/issue/18712/197347>
- Uotila, K., Saksa, T., Rantala, J. ve Kiljunen, N. (2014). Labour consumption models applied to motor-manual pre-commercial thinning in Finland. *Silva Fennica*, 48(2). <https://doi.org/10.14214/sf.982>.
- Wang, J., Long, C., McNeel, J. ve Baumgrass, J. (2004). Productivity and cost of manual felling and cable skidding in Central Appalachian hardwood forests. *Forest Products Journal*, 54(2): 45-51. Erişim adresi: https://www.fs.usda.gov/ne/newtown_square/publications/other_publications/OCR/ne_2004_wang001.pdf
- Webster, A. (2013). *Introductory regression analysis: with computer application for business and economics*. Routledge, New York. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/331472205>.
- Yıldırım, M., 1989. *Ormanlık İş Bilgisi*. İÜ Orman Fakültesi Yayın No: 404, İstanbul.
- URL-1. <https://www.husqvarna.com/tr/motorlu-testereler/365/> (Erişim tarihi: 29.02.2024)

Ramsay Modeli ile Orman İşletme ve Fidanlıklarının Toplam ve Kısmi Faktör Verimlilikleri: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü Örneği

Güven Kaya^{1,*}, Kenan Ok², Tuncay Porsuk³

^{1,*} Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye

² İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

³ Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 08.04.2024

Kabul: 10.06.2024

Yayın: 15.08.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Türkiye’de devlet orman işletmelerinin verimliliklerinin ölçümüne yönelik birçok araştırma olmasına rağmen, uygulamaya yansımamıştır. Uygulanabilir ve muhasebe verilerine dayanan verimlilik hesaplama yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu makalede İstanbul Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı 10 orman işletme müdürlüğü ve 2 fidanlık müdürlüğünün kısmi verimlilik, çok faktörlü verimlilik ve toplam faktör verimliliği ölçütlerinin Ramsay modeli kullanılarak hesaplanması, bulguların karşılaştırılması ve daha iyi yönetim uygulamalarına yönelik iyileştirme yollarının tartışılması amaçlanmıştır. Analizler işletmelerin ve fidanlıkların 2018-2022 yılları arasındaki döner sermaye hesaplarına dayanmıştır. Her bir kısmi verimlilik ölçüsünde farklı bir yönetim birimi diğerlerinden iyi durumdayken, toplam ve ayrıntılı verimlilik ölçülerinde Demirköy işletmesi öne çıkmıştır. Ayrıca Ramsay modeli bulgularının; işletmelerin sahip olduğu normal, toplam orman alanı veya ağaç serveti düzeylerinden bağımsız değerlendirilemeyeceği görülmüştür. Literatürde yer alan ve orman işletmeleri için daha önce kullanılmış fiziki ve parasal verimlilik ölçütlerine kıyasla Ramsay modelinin; muhasebe verilerine dayanması ve hesaplama kolaylığı açılarından orman işletmeleri ve fidanlıklar için gerekli verimlilik ölçümleri için uygulanabilir ve pratik bir fırsat sunduğu görülmüştür. Bununla birlikte, yapılan fark analizleri, işletme ve fidanlıklar için hesaplanan değerlerin farklı olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak Ramsay modelinin, tüm orman işletmeleri ve fidanlıklarda verimlilik ölçümleri yapmaya uygun olduğu ancak kurumsal yönetim etkinliği ve kurumlar arası başarı sıralaması yaparken, yapısal farklılıkların dikkate alınması gerektiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler – Çok faktörlü verimlilik, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, kısmi verimlilik, Ramsay modeli, toplam verimlilik

Total and Partial Factor Productivity of Forest Enterprises and Nurseries with the Ramsay Model: Example of Istanbul Regional Directorate of Forestry

^{1,*} Directorate of Marmara Forestry Research Institute, İstanbul, Türkiye

² İstanbul University Cerrahpaşa, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, İstanbul, Türkiye

³ Forest Trees and Seeds Breeding Research Institute, Ankara, Türkiye

Article History

Received: 08.04.2024


Accepted: 10.06.2024


Published: 15.08.2024


Research Article

Abstract – Although there have been many studies on measuring the productivity of state forest enterprises in Turkey, it has not been reflected in practice. Productivity calculation methods that are applicable and based on accounting data need to be developed. In this article, it was aimed to calculate the partial productivity, multifactor productivity and total factor productivity measures of 10 forest management directorates and 2 nursery directorates affiliated to İstanbul Regional Directorate of Forestry using the Ramsay model, to compare the findings and to discuss the ways of improvement for better management practices. The analysis was based on the revolving fund accounts of the enterprises and nurseries between 2018 and 2022. In each partial productivity measure, a different management unit outperformed the others, while Demirköy enterprise stood out in total and detailed productivity measures. It was also observed that the findings of the Ramsay model could not be evaluated independently of the levels of normal and total forest area or forest volume owned by the enterprises. Compared to the physical and monetary productivity measures in the literature that have been previously used for forest enterprises, the Ramsay model is based on accounting data and is easy to calculate, making it a viable and practical opportunity for productivity measurements required for forest enterprises and nurseries. However, the difference tests revealed that the values calculated for the enterprise and nurseries were statistically different. As a result, it was seen that the Ramsay model is suitable for productivity measurements in all forest enterprises and nurseries, but structural differences should be taken into account when ranking corporate governance effectiveness and success among institutions.

Keywords – İstanbul Regional Directorate of Forestry, multifactor productivity, partial productivity, Ramsay model, total productivity

¹  guvenkaya@ogm.gov.tr

²  kenanok@iuc.edu.tr

³  tuncayporsuk@ogm.gov.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

İşletmelerin işlevlerini etkin bir biçimde yerine getirebilmesi ve sürekliliğini koruyabilmesi için akılcı davranması, diğer bir ifadeyle, işletme amaçlarıyla anlamlı bir orantıda kullanılmış emek ve gider düzeylerinde çalışması gerekmektedir. Bir akılcılık ilkesi olarak verimlilik; belirli bir dönemde üretim sürecinden elde edilen çıktının, bu çıktının elde edilmesi için harcanan girdi ya da girdiler toplamına oranıdır. Diğer bir deyişle verimlilik, üretim unsurlarının en az kaynak ile en yüksek üretimi sağlayacak biçimde kullanılmasıdır (Türker, 2020). Bu bakımdan verimlilik, üretim miktarının, üretim faktörü miktarına oranı olarak yazılabilmektedir (Daşdemir, 2011). Verimlilik oran değeri yükseldikçe, işletmenin parça başına maliyeti azalarak, kârlılık ve rekabet gücü artmış kabul edilmektedir.

Hesabında kullanılan çıktı ve girdi türlerine göre; kısmi, çoklu, toplam faktör verimliliği, fiziki, parasal verimlilik ve ortalama, marjinal verimlilikten söz edilmektedir (Türker, 2020). Kısmi verimlilik hesabında, kullanılan üretim faktörlerinden sadece biri dikkate alınmakta ve arazi, sermaye, emek veya hammadde verimliliği hesaplanabilmektedir (Daşdemir, 2011). Çok faktörlü verimlilikte ise çıktının birden fazla üretim faktörünün toplamına oranı söz konusu iken, toplam faktör verimliliğinde, adından da anlaşılacağı gibi, çıktıyı oluşturan tüm üretim faktörleri topluca dikkate alınmaktadır. En basit verimlilik çeşitleri olan fiziki verimlilik oranları, özellikle yüksek enflasyonist ortamlarda kullanışlı olmakla birlikte, girdi ve çıktıların toplamının aynı fiziksel birimle ölçülmesinin güçlüğü bu tip verimlilikte bir dezavantaj oluşturmaktadır.

Verimlilik ile birlikte, iktisadilik ve kârlılık ilkeleri, işletmelerin başarılı çalışıp çalışmadığını farklı yönlerden ele alan rasyonellik (akılcılık) ilkeleridir (Türker, 2020). Hatta iktisadilik ölçütünün parasal verimlilik, kârlılık ölçütünün de sermaye verimliliği olarak adlandırılabilirdiği bilinmektedir. Çatı kavram olan rasyonalizasyonu Türk orman işletmeciliğinde öne çıkaran ilk çalışmayı Peker (1973) gerçekleştirmiştir. İlerleyen yıllarda Türkiye’de devlet orman işletmelerinde verimliliği ve diğer rasyonellik ilkelerini ele alan birçok araştırma yayımlanmıştır. Bu araştırmalardan bazıları (Çağlar ve Öncer, 1990; Toksoy, 1992; Türker, 1996; Daşdemir, 1996; Öztürk ve Türker, 2010; Şafak vd., 2012) rasyonellik ilkelerine dayanan birçok ölçütü orman işletmelerinin başarısını, performansını veya etkinliğini ölçmeyi ve karşılaştırmayı hedeflerken, bazıları ise doğrudan orman işletmelerinin verimlilik ve iktisadiliğini (Yazıcı, 1982; Şentürk, 2005; Oktay, 2005; Tuğrul, 2008; Demirdöğen, 2009; Korkmaz, 2011; Korkmaz, 2012; Kara vd., 2013; Yeşilyurt, 2016) ölçmeye odaklanmıştır. Yazıcı (1982), Doğu Karadeniz Bölgesinde 25 orman işletmesinin teknik verimliliklerini hesaplayarak sıralarken, Çağlar (1988) Türkiye’de orman işletmelerinde verimliliği ölçme gerekliliğini ve karşılaşılan sorunları irdelemiştir. Şentürk (2005), İstanbul Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı 8 orman işletme müdürlüğünde sermaye verimliliği, arazi verimliliği, işgücü verimliliği ve iktisadiliği ölçmek için 24 ölçüt kullanırken, Tuğrul (2008), 7 iktisadilik ve 13 verimlilik ölçütü ile Kilis Devlet Orman İşletme Müdürlüğü’nün 2000-2005 dönemi iktisadilik ve verimlilik analizlerini gerçekleştirmiştir. Korkmaz (2011), Akdeniz Bölgesindeki 37 devlet orman işletmesinin kısmi ve toplam üretim faktörü verimliliklerini veri zarflama analizi yöntemiyle belirlerken, bir başka çalışmada (Korkmaz, 2012) ise, Batı Akdeniz Bölgesinde yer alan 19 devlet orman işletmesinde iktisadilik analizini TOPSIS yöntemiyle yapmıştır. Kara vd. (2013), Düzce ilinde faaliyet gösteren dört orman işletmesinin göreceli etkinliklerini, non-parametrik veri zarflama analizi ve Malmquist toplam faktör verimliliği analiziyle araştırmıştır.

Aslında, ormancılıkta verimlilik ilkesine sektörün önemli üst politika belgelerinde de yer verilmiştir. Ulusal Ormancılık Programında (2004-2023), verimlilik/maliyet etkinliği Türkiye Ormancılığı için bir ulusal ormancılık ilkesi olarak kabul edilmiştir. Programda verimlilik/maliyet etkinliği; “Ormancılık faaliyetlerinin, mevcut kısıtlı kaynaklarla amaçlanan sonuçların / çıktıların (ürün, hizmet, fonksiyon) mümkün olan en yüksek düzeylerde (miktar, kalite, değer) elde edilmesini sağlayacak şekilde yürütülmesi, hedeflenen sonuçların / çıktıların minimum ve rekabet edebilir maliyetle elde edilmesi sağlanmalıdır” şeklinde tanımlanmıştır. Ulusal Ormancılık Programında yer alan ve “odun üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve verimliliğin artırılması, ormancılık çalışmalarının verimliliğinin artırılması suretiyle, orman işçiliği ücret ve gelirlerinin artırılması ve orman teşkilatında kurumsal yapı geliştirme, tasarruf tedbirleri ve verimliliği artırma çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile orman işçiliği ücretlerinin artırılması şeklinde ifade edilmiş strateji ve eylemlerde de esasen verimliliğin yükseltilmesi hedeflenmiştir. Orman Genel Müdürlüğü Stratejik Planında (2019-2023); verimliliğin temel ilke, ormanların verimliliğini artırmanın stratejik amaç, oduna dayalı orman ürünlerinde

kalite ve verimlilik artırılması ve maliyetlerin düşürülerek iç ve dış piyasada sürdürülebilir rekabetin sağlanması ise stratejik hedef olarak belirlenmiştir. XI. Kalkınma Planında (2019-2023) da ormancılıkta işgücü verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir.

Daşdemir (2011), mevcut araştırmaları değerlendirirken, ormancılık işletmesinde hesaplama güçlükleri nedeniyle, genellikle kısmi ve fiziki verimlilik olarak arazi ve işgücü verimliliğinin ölçüldüğünü, arazi ve ağaç servet değerinin takdirinde yaşanan güçlükler nedeniyle sabit sermaye verimliliğinin nadiren hesaplandığını, ancak döner sermaye verimliliğinin işletme bilançosundan faydalanarak hesaplanabildiğini açıklamaktadır. Yukarıda belirtilen bu araştırma geçmişi ve deneyimine rağmen, Türker (2020) ise, verimliliğin işletmelerin genel işleyişlerini ve başarı derecelerini ortaya koyan önemli bir gösterge olduğunu, ancak orman işletmelerinde verimlilik hesaplarının hemen hemen hiç yapılmadığını bildirmektedir. Gerçekleştirilen akademik çalışmalarla, yayınlanmış üst politika belgeleriyle ortaya konmuş verimlilik bilincinin, uygulamaya aktarılamaması, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından sürdürülebilir bir yaklaşım olamayacağı açıktır. Üstelik diğer sektörlerde kullanılan, zamanın gereklerini daha iyi yansıtabilen, yeni verimlilik ölçütlerini OGM'nin başarıyla kendi çalışmalarına uyarlayabilen bir kuruma evrilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, verimlilik alanında diğer sektörlerde yaşanan gelişmelerin incelenmesi ve OGM kurumsal yapısı içerisinde yararlanma olanaklarının araştırılması gereklidir.

Kurumsal değerlendirme ve verimlilik literatüründe; Amerikan Verimlilik Derneği (APC) toplam verimlilik ölçüm modeli, Ramsay Verimlilik Modellemesi Sistemi (RAPMODS), Wainai modeli, David J. Sumanth modeli, Alan Lawlor modeli, James R. Giggs modeli şeklinde, çeşitli verimlilik ölçüm modelleri bulunmaktadır. Bu modeller, verimlilik ve bu bağlamda iktisadilik, kârlılık ve katma değer gibi ölçütlerin eş anlamlılarını sağlayabilmektedir. Bu modellerden biri olan ve yaygın adıyla Ramsay modeli olarak tanınan RAPMODS sistemi (RAMSAY Productivity MODelling System, Ramsay Verimlilik Modelleme Sistemi); iktisadilik, kârlılık ölçütlerini de kapsayan bir yaklaşımla, çok faktörlü verimlilik ve toplam faktör verimliliği hesaplama olanağına sahiptir. Ramsay modeli, Uluslararası Çalışma Örgütünde teknik şef olarak çalışan M. R. Ramsay tarafından 1974 yılında geliştirilmiştir (Güntürkün ve Balkan, 2010). Ramsay (2008), modelin işletmelerde verimlilik ölçümü, verimliliğe dayalı mali bütçeleme, izleme ve kontrol konularına dinamik bir yaklaşım olduğunu bildirmektedir.

Ramsay modelinde işletme tarafından tüketilen girdiler ve işletmenin çıktılarını parasal olarak ifade edilir. Girdi ve çıktılarının parasal ifadesiyle, toplam verimliliğe daha kolay ulaşılabilmektedir. Geçmişte toplanan verilere bakarak işletmenin durumunu analiz etmek için daha anlaşılır sayısal veriler ortaya koymayı hedefleyen Ramsay modeli, bir dizi basit kural ortaya koyarak, değerlendiricileri faktör verimliliği ile toplam faktör verimliliğine götürmektedir (Böcü, 2009). Ramsay modeli, verimlilik hedeflerini birleştiren ve işletme yöneticilerine;

- İşletmenin verimlilik hedeflerinin belirlenmesi ve bu hedefler çerçevesinde etkili ve somut planlar geliştirilmesi,
- Tüm girdi kaynaklarını dikkate alarak, verimlilik artırmak üzere bütüncül bir bakış sağlaması,
- Karar verme sürecinde çeşitli eylem planları, seçenekler geliştirmek üzere kârlılığın, sermaye kullanımının etkililiğinin ve yatırımın getirisinin saptanması,
- İşletmenin çeşitli çıktı düzeyleri için yatırımın getirisinin değerlendirilmesi, girdi kaynakları, sermaye ve toplam verimlilik için gerçekleştirilebilir düzeylerin belirlenmesi,
- Verimliliği izlemek amacıyla normlar tanımlayarak verimlilik artışının teşvik edilmesi,
- İşletmeler arası karşılaştırmalar yapılması ve
- Bir işletmedeki çeşitli faaliyetlere göre verimlilik ölçülerinin geliştirilmesi konularında destek sağlayan bir sistemdir (Balkan, 2019a).

Ramsay modelinin avantajları şu şekilde sıralanmaktadır (Demirtaş ve Tokat, 2012):

- Sistemde muhasebe verileri kullanılmaktadır. Yasal gerekçelerle tutulmakta olan verilerin kullanılması, veri oluşturmada fazladan emek ve zaman harcanmasını gerektirmemektedir.
- Modelin kullandığı değişkenler, hesaplanan göstergeler ve göstergeler arasındaki ilişkiler, oldukça sade ve anlaşılır bir şekilde sunulmaktadır. Bu bilgiler bir kez edinildiğinde, oldukça basit düzeyde bilgisayar kullanımıyla, tüm göstergeler çok kısa sürede hesaplanabilmektedir.

- Özel veri ihtiyacının bulunmaması ve sistemin basitliği, dışarıdan destek gereksinimini ortadan kaldırdığı gibi, bu faaliyet için özel eğitilmiş kimselerin işlendirilme gereğini de ortadan kaldırmaktadır.

Ramsay modeli iki aşamadan oluşur. Birinci aşama modelin “işletme genel düzeyine” uygulanmasını kapsar. İkinci aşama ise “işletme içi verimlilik” çalışmalarını içinde barındırmaktadır. İlk aşamada verimlilik ölçü ve indeksleri belirlenir. Genellikle cari yıl ya da bir önceki yılı temel alan referans dönemi seçilir ve veriler toplanır. İkinci aşamada RAPMODS Modelinin “Düğümsel Piramit Matrisi” analiziyle, işletmenin bölümleri itibariyle işaret ettiği iyileştirmeler, yönetimin verimlilik adına çok daha rahat ve isabetli kararlar almasının önünü açmaktadır (Ramsay, 2008; Balkan, 2019a; Balkan ve Belgin, 2019).

Ramsay modeli, Dünya’da her ölçekte, küçük, orta veya büyük işletmelerde uygulanabildiği gibi, zincir oluşturmuş işletmelerde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Ramsay, 2008). Bu bağlamda OGM’ye bağlı orman işletmelerinde tek tek ve zincir halinde modelin uygulanabilirliğini sorgulamak gereklidir. Ancak yapılan literatür taramasında Ramsay modelinin dünyada ve Türkiye’de orman işletmelerinin verimlilik hesaplamalarında kullanımına yönelik bir araştırma bulunamamıştır. Bununla birlikte, modelin Türkiye’de imalat sanayinde (Balkan ve Belgin, 2019), KOBİ’lerde (Demirtaş ve Tokat, 2012), bir tekstil işletmesinde (Balkan, 2019b), bir meşrubat işletmesinde (Böcü, 2009), teknoloji geliştirme bölgesinde yer alan bir firmada (Şahin, 2022) verimliliğinin ölçümüne yönelik kullanıldığı görülmektedir. Bu bağlamda ormancılık dışı sektörlerde muhasebe verilerine dayalı olarak çok boyutlu verimlilik ölçümü ve yönetimine yarayan Ramsay modelinin ülke orman işletmeciliği için de bir fırsat sağlayıp sağlamadığının incelenmesi yararlı bulunmuştur.

Bu nedenle makale amacı; çalışma alanındaki orman işletmeleri ile orman fidanlık müdürlüklerinin başarılarının ölçümünde kullanılacak kısmi verimlilik, çok faktörlü verimlilik ve toplam faktör verimliliği ölçütlerini Ramsay modelini kullanarak hesaplamak, belirlenen ölçütler yardımıyla yönetim birimlerini karşılaştırmak, farklılıklarını belirlemek ve daha iyi yönetim uygulamalarına yönelik iyileştirme yollarını tartışmak şeklinde belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Araştırmanın çalışma alanı İstanbul Orman Bölge Müdürlüğüne (OBM) bağlı 10 orman işletme müdürlüğü (OİM) ve 2 orman fidanlık müdürlüğüdür (OFM). Bir başka ifadeyle, orman işletmesi ve fidanlık müdürlüğü şeklinde, kuruluş amacı ve faaliyet yapıları farklı iki ayrı tip yönetim biriminden oluşan bir araştırma alanında (Şekil 1) çalışma yürütülmüştür.



Şekil 1. İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü ve İşletmeleri

Orman işletmeciliğinde verimlilik ve başarı üzerinde kısa dönem analizlerde etkili bir değişken olan orman varlığı ve ağaç servetinin işletmelere göre dağılımı Tablo 1’de verilmiştir. En fazla ağaç servetine Demirköy ve Kırklareli OİM’leri sahipken, birim alanda ağaç serveti bakımından Demirköy ve Bahçeköy işletmeleri ilk iki sırayı almaktadır.

Tablo 1

Çalışma alanı orman işletmelerinin orman varlığı ve ağaç servetleri

İşletmeler	Orman Varlığı (ha)			Ağaç Serveti	
	Normal kapalı	Boşluklu kapalı	Toplam	Toplam (m ³)	Birim Alanda (m ³ /ha)
Bahçeköy	10.766	399	11.165	2.067.378	185
Çatalca	101.649	3.570	105.219	3.683.583	35
Demirköy	74.581	1.657	76.238	17.148.331	225
Edirne	28.791	15.614	44.405	892.511	20
İstanbul	19.757	2.166	21.923	1.356.951	62
Kanlıca	41.380	1.191	42.571	2.706.612	64
Kırklareli	79.772	26.130	105.902	12.311.812	116
Şile	51.861	7.949	59.810	885.309	15
Tekirdağ	92.439	8.735	101.174	3.195.745	32
Vize	68.979	3.005	71.984	5.194.488	72

Diğer yandan, İstanbul OBM’ye bağlı İstanbul ve Lüleburgaz (Kırklareli) Orman Fidanlık Müdürlükleri bulunmaktadır. Fidanlıkların muhasebe hesaplarında yer alan ve yatırım niteliğindeki harcamalarının yoğunluğu dolayısıyla, Ramsay modelinin orman işletmelerinden farklı bir ormancılık yönetim birimindeki yansımalarını değerlendirmeye katkıları olabileceği düşünülerek, bu iki orman fidanlık müdürlüğü çalışma kapsamına alınmıştır. Çalışma alanındaki işletme ve fidanlıkların 2018-2022 dönemi için verimlilik ölçütleri hesaplanırken, döner sermaye gelir tablolarını, bilançolarını ve mizan cetvellerini, üretim cetvellerini, satış miktarları cetvelleri ve faaliyet raporlarını araştırma materyali olarak kullanmak gerekmiştir. Araştırma alanındaki OİM ve OFM’lere ait parasal veriler Eylül, 2023 reel fiyatlarıyla analiz edilmiştir. Araştırma kapsamına giren yönetim birimlerinin dönem içi kâr zarar durumları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Araştırma alanındaki OİM ve OFM’lerin dönem reel net kâr ve zararları (TL)

OİM/OFM	2018	2019	2020	2021	2022	Ortalama
Bahçeköy OİM	43.058.766	27.813.186	21.620.156	30.913.728	31.437.368	30.968.641
Çatalca OİM	33.677.410	34.099.490	48.163.399	52.993.997	55.404.421	44.867.743
Demirköy OİM	169.968.538	243.898.566	175.778.501	227.880.595	254.200.319	214.345.304
Edirne OİM	-7.464.939	-7.270.491	-202.569	71.134.441	-6.751.404	9.889.008
İstanbul OFM	-25.619.340	-17.527.359	-11.979.007	-8.658.664	-14.218.169	-15.600.508
İstanbul OİM	-210.036.337	-146.266.191	-118.207.619	-76.300.312	-234.102.457	-156.982.583
Kanlıca OİM	44.042.224	53.778.386	58.713.191	69.854.571	4.523.967	46.182.468
Kırklareli OİM	32.994.246	77.667.368	67.815.154	107.410.767	166.169.711	90.411.449
Lüleburgaz OFM	-12.466.707	-6.632.010	-7.078.549	4.498.204	-8.063.282	-5.948.469
Şile OİM	-483.345	24.521.077	21.061.972	20.515.650	15.801.422	16.283.355
Tekirdağ OİM	-1.681.447	11.434.063	4.348.789	23.833.157	21.625.710	11.912.054
Vize OİM	30.461.781	56.578.112	86.136.197	82.769.221	48.380.375	60.865.137
Ortalama	8.037.571	29.341.183	28.847.468	50.570.446	27.867.332	28.932.800

2.2. Ramsay Modeli Hesap Süreci

Bu araştırmada izlenen Ramsay modeli hesaplama yaklaşımı, farklı kaynaklardan (Ramsay, 2008; Balkan 2019a; Balkan, 2019b; Demirtaş ve Tokat 2012; Böcü,2009; Güntürkün ve Balkan 2010; Balkan ve Belgin 2019) yararlanarak aşağıda açıklanmıştır. Ramsay modelinde sistem girdileri, ilk madde ve malzemeler, dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetler, amortisman ve tükenme payları, toplam ücret ve maaşlar ve diğer girdilerden oluşmaktadır. Bunlar:

- Ücretler Girdisi (Ü): Direkt işçilik ve endirekt işçiliği kapsar.
- Maaşlar Girdisi (M): İşletmede çalışan yönetici, teknik eleman, büro elemanı vb. personelin toplam giderleridir.
- Amortisman Girdisi (A): Üretimle ilgili maddi, maddi olmayan duran varlıklarla, özel tükenmeye tabi varlıklar için ayrılan yıllık amortisman ve tükenme paylarını kapsar.
- İlk Madde ve Malzeme Girdisi (İMM): Mamul ürünü üretimde kullanılan direkt, endirekt ve diğer her türlü malzeme gideridir.
- Dışarıdan Sağlanan Fayda ve Hizmetler (FH): İşletme dışındaki kişi ve kurumlardan sağlanan elektrik, su, doğalgaz, bakım-onarım, danışmanlık, haberleşme, nakliye vb. hizmetlere ait giderlerdir.
- Diğer Girdiler (D): Yukarıdaki giderler dışında kalan giderlerdir.

Bu araştırmada Ramsay modeli girdileri olarak; direkt ilk madde ve malzeme, direkt işçilik, genel üretim giderleri, genel yönetim giderleri, Ar-ge giderleri ve pazarlama giderleri esas alınmıştır. Ancak literatüre bağlı kalmak için gider çeşitleri esasına göre açıklamalar verilmiştir. Tek düzen hesap planındaki karşılıkları ayrıca sunulmuştur.

Ramsay modelinde toplam girdi maliyeti (TGM) Denklem 2.1 ile hesaplanmaktadır. Denklem 2.1’de yer alan sembollerin anlamı, girdileri açıklarken yukarıda belirtildiği gibidir.

$$TGM = \ddot{U} + M + A + İMM + FH + D \quad (2.1)$$

Bu çalışmada sistem girdileri yerine kullanılan, tek düzen hesap planı hesap kodları ve adları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3
Tek düzen hesap planındaki giderlerin çeşit esasına göre dönüşümü

Girdiler	Hesaplar		Alt hesaplar	
Ücretler	770.01	Personel Giderleri	770.01.02	Sözleşmeli Personel
	770.01	Personel Giderleri	770.01.03	İşçiler
	770.01	Personel Giderleri	770.01.04	Geçici Personel
	770.02	Sosyal Güvenlik Kurumlarına Devlet Primi Giderleri	770.02.02	Sözleşmeli Personel
	770.02	Sosyal Güvenlik Kurumlarına Devlet Primi Giderleri	770.02.03	İşçiler
	770.02	Sosyal Güvenlik Kurumlarına Devlet Primi Giderleri	770.02.04	Geçici Personel
Maaşlar	770.01	Personel Giderleri	770.01.01	Memurlar
	770.02	Sosyal Güvenlik Kurumlarına Devlet Primi Giderleri	770.02.01	Memurlar
Amortismanlar	770.25	Maddi Duran Varlıklar Amortismanları	Tüm hesaplar	
	770.26	Maddi Olmayan Duran Varlıklar Amortismanı	Tüm hesaplar	
İlk Madde ve Malzeme	710	Direkt İlk Madde ve Malzeme Giderleri	Tüm hesaplar	
	730	Genel Üretim Giderleri	Tüm hesaplar	
	760.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri	760.03.02	Üretim ve Tüketime Yönelik Mal ve Malzeme Alımları
	770.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri	770.03.02	Üretim ve Tüketime Yönelik Mal ve Malzeme Alımları

Tablo 3
Devam ediyor.

Girdiler	Hesaplar	Alt hesaplar
Dışarıdan Sağlanan Fayda ve Hizmetler	760.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri
	770.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri
Diğer Girdiler	750.70	Orman Araştırma ve Geliştirme Giderleri
	760.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri
	770.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri
	760.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri
	770.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri
	770.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri
	770.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri
	770.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri
	770.03	Mal ve Hizmet Alım Giderleri
	770.70	Orman Diğer Yönetim Gideri

Ramsay modelinde kısmi verimlilik çıktıya ve katma değere göre hesaplanabilmektedir. Ramsay modelinde çıktı, bir işletmenin belirli bir zaman aralığında ürettiği mal ve hizmetlerin bütününden oluşur ve sistem çıktısı net satış değeri hesaplanarak parasal değerlerle verilir (Balkan, 2019a). Bu doğrultuda, Denklem 2.2 ile hesaplanan çıktılar (Ç); üretimden net satışlar (ÜNS), mamul stok değişimi (MD, dönem başı ve dönem sonu stoklar) ve yarı mamul stok değişiminden (YMD, dönem başı ve dönem sonu yarı mamul stoklar) oluşur. Türkiye’de orman işletmelerinde döner sermaye hesap planında 151 Yarı Mamuller hesabı kullanılmadığından, bu unsur hesaplarda kullanılmamıştır.

$$\text{Ç} = \text{ÜNS} + \text{MD} + \text{YMD} \quad (2.2)$$

Denklem 2.3’deki üretimden net satışlar (ÜNS) ise, net satışlardan (NS) ticari mal ve hizmet satışlarının (TMHS) eksilmesiyle hesaplanmaktadır.

$$\text{ÜNS} = \text{NS} - \text{TMHS} \quad (2.3)$$

Analizlerde dönem başı ve dönem sonu stoklar için, 15 Stoklar hesap grubu ve net satışlar için gelir tablosu kullanılmıştır. Ticari mal ve hizmet satışları bulunmamaktadır.

Katma değer (KD) ise işletmenin çıktı üzerinde bizzat yarattığı değerdir ve işletmenin satışlarından ilk madde malzeme ve dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetlerin çıkarılması ile (Denklem 2.4) elde edilir (Balkan, 2019a). Denklem 2.4’de yer alan Ç, İMM ve FH değişkenleri daha önce açıklanan çıktı, ilk madde ve malzeme girdisi ve dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetlerle aynı anlamdadır.

$$\text{KD} = \text{Ç} - \text{İMM} - \text{FH} \quad (2.4)$$

Çıktı ve katma değer hesaplarında Bilanço, Mizan ve Gelir Tablosundan faydalanılmıştır.

İleriki hesaplarda ayrıntılı verimlilik ölçüsünü hesaplayabilmek için, sistem dönüştürme maliyetinin de bu aşamada hesaplanması gerekmektedir. İşletmenin kontrolünde olan faaliyetlere ilişkin maliyetleri içeren Sistem Dönüştürme Maliyeti (SDM), Denklem 2.5’den görüldüğü gibi, hammadde ve malzemeler ile dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetlerin yararlı çıktı haline dönüştürülmesi aşamasına kadarki harcamaları kapsamaktadır.

$$\text{SDM} = \text{TGM} - \text{İMM} - \text{FH} \quad (2.5)$$

Modelde önce kısmi verimlilik ölçümleri her bir üretim faktörü için ayrı ayrı yapılır. Buna göre çıktıya dayalı kısmi verimlilik ölçümleri Denklem 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 ve 2.11 yardımıyla ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$\text{Ücretlerin verimliliği} = v_{\bar{u}}^{\zeta} = \zeta/\bar{U} \quad (2.6)$$

$$\text{Maaşların verimliliği} = v_m^{\zeta} = \zeta/M \quad (2.7)$$

$$\text{Amortisman verimliliği} = v_a^{\zeta} = \zeta/A \quad (2.8)$$

$$\text{İlk madde ve malzemelerin verimliliği} = v_{imm}^{\zeta} = \zeta/\text{İMM} \quad (2.9)$$

$$\text{Dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetlerin verimliliği} = v_{fh}^{\zeta} = \zeta/FH \quad (2.10)$$

$$\text{Diğer girdilerin verimliliği} = v_d^{\zeta} = \zeta/D \quad (2.11)$$

Katma değere dayalı kısmi verimlilik ölçüleri ise Denklem 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16 ve 2.17 kullanılarak hesap edilmiştir.

$$\text{Ücretlerin katma değer verimliliği} = v_{\bar{u}}^{kd} = KD/\bar{U} \quad (2.12)$$

$$\text{Maaşların katma değer verimliliği} = v_m^{kd} = KD/M \quad (2.13)$$

$$\text{Amortisman katma değer verimliliği} = v_a^{kd} = KD/A \quad (2.14)$$

$$\text{İlk madde ve malzemelerin katma değer verimliliği} = v_{imm}^{kd} = KD/\text{İMM} \quad (2.15)$$

$$\text{Dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetlerin katma değer verimliliği} = v_{fh}^{kd} = KD/FH \quad (2.16)$$

$$\text{Diğer girdilerin katma değer verimliliği} = v_d^{kd} = KD/D \quad (2.17)$$

Toplam faktör verimliliği ölçüsü (TFV), çıktının (ζ), tüm gider kalemlerinin toplanmasıyla elde edilen Toplam Girdi Maliyetine (TGM) bölünmesiyle elde edilmiştir. Toplam faktör verimliliği, çıktıya dayalı olarak hesaplanabileceği gibi (Denklem 2.18), katma değere dayalı olarak da (Denklem 2.19) hesaplanabilmektedir.

$$TFV^{\zeta} = \zeta/TGM \quad (2.18)$$

$$TFV^{kd} = KD/TGM \quad (2.19)$$

Toplam Faktör Verimliliğinin kısmi verimliliklerle ilişkili olarak ifade edilmesi; ‘‘RAPMODS Birinci Yasası’’ veya ‘‘Ramsay’in Birinci Yasası’’ olarak adlandırılmaktadır (Ramsay, 2008). Ramsay modeline göre, toplam faktör verimliliği ve kısmi verimlilik ölçüleri arasında Denklem 2.20 ve 2.21’de gösterilen ilişkiler kurulabilmektedir.

$$\frac{1}{TFV^{\zeta}} = \frac{1}{v_{\bar{u}}^{\zeta}} + \frac{1}{v_m^{\zeta}} + \frac{1}{v_a^{\zeta}} + \frac{1}{v_{imm}^{\zeta}} + \frac{1}{v_{fh}^{\zeta}} + \frac{1}{v_d^{\zeta}} \quad (2.20)$$

$$\frac{1}{TFV^{kd}} = \frac{1}{v_{\bar{u}}^{kd}} + \frac{1}{v_m^{kd}} + \frac{1}{v_a^{kd}} + \frac{1}{v_{imm}^{kd}} + \frac{1}{v_{fh}^{kd}} + \frac{1}{v_d^{kd}} \quad (2.21)$$

Ramsay modelinde katma değere dayalı verimlilik ve çıktıya dayalı verimlilik arasındaki ilişki ise Denklem 2.22’de eşitliklerde görülebilmektedir.

$$TFV^{kd} = \frac{KD}{TGM} = \frac{\zeta - \text{İMM} - FH}{TGM} = TFV^{\zeta} - \frac{(\text{İMM} + FH)}{TGM} \quad (2.22)$$

Buna göre katma değer verimliliğine, toplam faktör verimliliğinden ilk madde ve malzeme ile dışarıdan sağlanan fayda ve hizmet girdilerinin toplamının, toplam girdi maliyetleri içindeki payının çıkarılmasıyla ulaşılabilir.

Toplam faktör verimliliği ve kısmi verimlilik ölçüleri yanında, sistem dönüştürme maliyeti kullanılarak, Ramsay modelinde ayrıntılı verimlilik ölçüsü (AVÖ) olarak adlandırılan ölçü de elde edilmiştir. Ayrıntılı verimlilik ölçüsü, sistem dönüştürme maliyetinin ve katma değer tanımıyla anlaşılacağı üzere, ölçülere dışarıdan gelen etkinin kapsam dışında bırakılması ve işletme içindeki katma değer yaratma sürecine ilişkin daha arındırılmış bir gösterge oluşturulması amacını taşımaktadır. AVÖ’nün çıktı (Denklem 2.23) ve katma değere (Denklem 2.24) göre hesaplama biçimleri ayrı ayrı gösterilmiştir.

$$AVÖ^{\zeta} = \frac{\zeta}{SDM} \quad (2.23)$$

$$AVÖ^{kd} = \frac{KD}{SDM} \quad (2.24)$$

Bu noktada Ramsay modelinde, toplam faktör verimliliği ile kâr/zarar ve çıktı arasında ilişki kurulmaktadır. Bu ilişki ile model, çıktı ya da toplam faktör verimliliğindeki değişimlerin işletme kârını ne derece etkilediği konusuna da bir yaklaşım getirmektedir. İşletmenin kârlılığını (K) toplam faktör verimliliğine dayalı olarak yükseltmesinin, uzun dönemde faaliyetine devam edebilmeyi sağlamak yanında, rekabet gücünü de artıracığı düşünülmektedir. İşletme kârlılığı (K) Denklem 2.25 ile hesaplanırken, dönem kâr düzeyi Denklem 2.26 ile bulunmuştur.

$$K = \frac{Kar}{\zeta} = \frac{\zeta - TGM}{\zeta} = 1 - \frac{TGM}{\zeta} = 1 - \frac{1}{TFV} \quad (2.25)$$

$$Kar = \zeta \times \left(1 - \frac{1}{TFV}\right) \quad (2.26)$$

Ramsay modelinde, üretim sürecinin temel faktörlerinden sermaye verimliliği (SV) ayrıca hesaplanmaktadır. Bir işletmede kullanılan makine, ekipmanlar, fiziksel araçlar, bina ve tesislerin tümünü içeren sermaye faktörünün de verimliliğinin analiz edilmesi önemlidir. Bu kapsamda, sermaye verimliliği “kullanılan birim sermaye başına üretilen çıktı” olarak tanımlanmaktadır. ζ , çıktı; KTS, kullanılan toplam sermaye olmak üzere, sermaye verimliliği Denklem 2.27’deki gibi hesaplanmıştır.

$$SV = \frac{\zeta}{KTS} \quad (2.27)$$

Kullanılan toplam sermaye (KTS) ise, Denklem 2.28’de gösterildiği şekilde belirlenmiştir.

$$KTS = MDV + DV - Y \quad (2.28)$$

Denklem 2.28’de yer alan MDV, maddi duran varlıklar ortalamasını; DV, dönen varlıklar ortalamasını; Y ise, cari yıl yapılmakta olan yatırımlar ortalamasını göstermektedir. Denklem 2.28’deki bir varlığın ortalama değeri, dönem başı ve dönem sonu değerlerinin ortalamasını alarak hesaplanmıştır.

Bir işletmede yapılan yatırımların etkili olup olmadığına ilişkin kullanılacak bir performans ölçütü de yatırımın getirisidir. Yatırımın geri dönüşü (YG), yatırımın kârlılığı gibi çeşitli şekillerde de ifade edilmektedir. Temel olarak bir firmanın sahip olduğu kaynakları etkin kullanıp kullanmadığını belirten bir toplam verimlilik ölçüsü ve sermaye verimliliğinin bir fonksiyonu olan yatırımın getirisi, diğer bir deyişle kârlılığı Denklem 2.29 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$YG = \frac{Kâr}{KTS} \times 100 = \frac{Kâr}{\zeta} \times \frac{\zeta}{KTS} \times 100 = \frac{Kâr}{\zeta} \times SV \times 100 \quad (2.29)$$

Kısmi, çoklu ve toplam faktör verimlilikleri hem çıktıya hem de katma değere dayalı olarak hesaplanmış, işletme kârı/zararı toplam faktör verimliliği ile ilişkilendirilmiş, sermayenin verimliliği ve yatırımın getirisine model çerçevesinde ulaşılmıştır.

Buraya kadar yapılan açıklamalar Ramsay modelinin birinci aşaması olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada Ramsay modelinin sadece ilk aşamasıyla ilgilenilmiş, ikinci ve üçüncü yasaları kapsamındaki işlem ve analizler araştırma kapsamı dışında bırakılmıştır.

2.3. Veri Toplama ve Analizi

Hesaplamaların gerektirdiği mali tablo verileri orman işletme ve fidanlık müdürlüklerinden temin edilmiştir.

Ramsay modelinin nihai tasarımının gerektirdiği hesaplar için, işletme düzeyinde MS Excel’de hazırlanan altlıklar ve hesap sayfaları kullanılmıştır. Ölçüt değerleri, çalışma yılları için mutlak büyüklük ve yüzde değişim olarak, alternatifli hesaplanmıştır. Analizlerde TÜİK’in 2003 = 100 bazlı ÜFE endeksi ile Eylül, 2023 reel değerlerine dönüştürülmüş veriler temel alınmıştır.

Orman işletmelerinin Ramsay modeli ile hesaplanan kısmi, çoklu ve toplam faktör verimlilikleri, ayrıntılı verim ölçüleri, sermaye verimliliği ve yatırımın getirisi ölçütleri kullanılarak yıllık, ortalama ve yüzde değişim bazında karşılaştırılmıştır. Bu ölçütler kullanılarak değişkenler tasarlanmıştır. Sonra farkları analiz etmek üzere istatistik yöntem seçimi için, verilerin normallik testleri yapılmıştır. Türetilen değişkenlerin büyük bölümünün çarpıklık ve basıklık katsayılarının beklenen aralığın (-1,5 – 1,5) dışında olduğu, Kolmogorov-Smirnov testinde neredeyse tamamının %95 güven aralığında anlamlı fark olduğundan ($p < 0,05$) normal dağılmadıkları belirlenmiştir. Bu nedenle ilk aşama fark testinde Kruskal-Wallis testi, farkların hangi işletmeler arasında olduğunun belirlenmesi için post-hoc testi olarak Tamhane testi kullanılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Ramsay Modeli Verimlilik Değerleri

İstanbul OBM işletme ve fidanlıklarının beş yıllık araştırma dönemi için hesaplanan Ramsay modeli çıktıya dayalı kısmi verimlilik ölçülerinin ortalama değerleri, Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4
Ramsay modeli çıktıya dayalı kısmi verimlilik ölçüleri değerleri

İşletme / Fidanlık	Ücret	Maaş	Amortisman	İlk madde ve malzeme	Dışarıdan sağlanan fayda ve hizmet	Diğer girdi
	$v_{ü}^c$	v_m^c	v_a^c	v_{imm}^c	v_{fh}^c	v_d^c
Bahçeköy OİM	23,09	16,30	248,78	4,32	70,31	9,85
Çatalca OİM	11,56	15,47	799,83	4,32	143,66	9,36
Demirköy OİM	14,58	107,33	419,87	4,41	235,50	19,92
Edirne OİM	6,78	19,08	351,05	2,57	108,11	8,80
İstanbul OFM	1,94	4,26	26,48	7,13	30,16	1,07
İstanbul OİM	1,47	1,57	19,68	2,01	6,42	2,69
Kanlıca OİM	5,29	10,42	346,81	4,64	67,03	17,38
Kırklareli OİM	8,32	33,82	258,10	4,48	149,44	18,70
Lüleburgaz OFM	3,20	5,80	23,05	14,61	55,86	1,38
Şile OİM	8,48	9,33	687,89	3,08	158,14	14,96
Tekirdağ OİM	5,64	12,16	332,89	3,13	98,01	10,09
Vize OİM	9,87	27,23	700,90	6,23	223,59	16,55
Ortalama	8,35	21,90	351,28	5,08	112,19	10,90

Ücret girdisi açısından en verimli işletmeler Bahçeköy, Demirköy ve Çatalca OİM'leri olurken, maaşlar girdisi açısından Demirköy OİM en verimli işletmedir. Amortisman verimliliğinde Çatalca, Vize ve Şile OİM'leri en verimli işletmelerken, ilk madde ve malzeme giderlerinde Lüleburgaz OFM belirgin şekilde üstündür. Dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetler açısından Demirköy ve Vize işletmeleri, diğer girdiler açısından ise Demirköy ve Kırklareli işletmeleri diğer işletmelere göre verimlidir. İstanbul OİM, genel olarak düşük kısmi verimliliklere sahiptir; sadece diğer girdilere göre verimlilikte fidanlıklardan daha verimlidir.

Çalışma alanındaki işletme ve fidanlıkların incelenen beş yıllık dönemde Ramsay modeli katma değere dayalı kısmi verimlilik ölçülerinin ortalama değerleri, Tablo 5'te verilmiştir. Katma değere dayalı kısmi verimlilik değerleri, çıktıya dayalı kısmi verimlilik değerlerinden düşük gerçekleşmiştir.

Tablo 5

Ramsay modeli katma değere dayalı kısmi verimlilik ölçüleri değerleri

İşletme / Fidanlık	Ücret	Maaş	Amortisman	İlk madde ve malzeme	Dışarıdan sağlanan fayda ve hizmet	Diğer girdi
	V_u^{kd}	V_m^{kd}	V_a^{kd}	V_{imm}^{kd}	V_{fh}^{kd}	V_d^{kd}
Bahçeköy OİM	16,50	12,20	183,93	3,26	52,98	7,33
Çatalca OİM	8,77	11,71	601,67	3,28	108,48	7,11
Demirköy OİM	11,14	81,02	315,48	3,39	181,59	15,21
Edirne OİM	4,19	12,12	215,85	1,52	69,24	5,41
İstanbul OFM	1,60	3,51	22,08	5,84	25,09	0,88
İstanbul OİM	0,26	0,27	2,16	0,14	1,95	0,56
Kanlıca OİM	4,03	7,99	264,81	3,56	51,69	13,33
Kırklareli OİM	5,93	25,34	188,86	3,45	102,97	13,57
Lüleburgaz OFM	2,89	5,27	20,63	13,28	51,19	1,26
Şile OİM	5,66	6,24	444,65	2,06	104,56	9,99
Tekirdağ OİM	3,77	8,25	226,03	2,09	66,21	6,81
Vize OİM	8,10	22,52	574,81	5,18	183,97	13,82
Ortalama	6,07	16,37	255,08	3,92	83,33	7,94

OİM/OFM'lerde Ramsay modeli toplam ve ayrıntılı verimlilik ölçülerinin ortalama değerleri ise Tablo 6'da verilmiştir. Çıktıya ve katma değere dayalı toplam faktör verimliliklerinde Demirköy ve Vize işletmeleri en verimli işletmelerken, aralarındaki sıralama katma değere dayalı ölçütte değişmektedir. Ayrıntılı verimlilik ölçüsünde Demirköy, Kırklareli Vize işletmeleri; Kâr/ Çıktı oranında Demirköy ve Vize işletmeleri; sermaye verimliliğinde Edirne, Tekirdağ ve Bahçeköy işletmeleri ve yatırımın getirisinde Bahçeköy, Vize ve Demirköy işletmeleri en verimli işletmelerdir. Buna karşın bu Ramsay verimlilik ölçülerinin büyük bölümünde de İstanbul OİM ve fidanlık müdürlükleri en zayıf verimliliğe sahiptir. Tablo 6'da yer alan negatif değerle, ilgili işletmelerde araştırma döneminde döner sermaye bilançosunda dönem net zararına işaret etmektedir.

Tablo 6

Ramsay modeli toplam ve ayrıntılı verimlilik ölçüleri değerleri

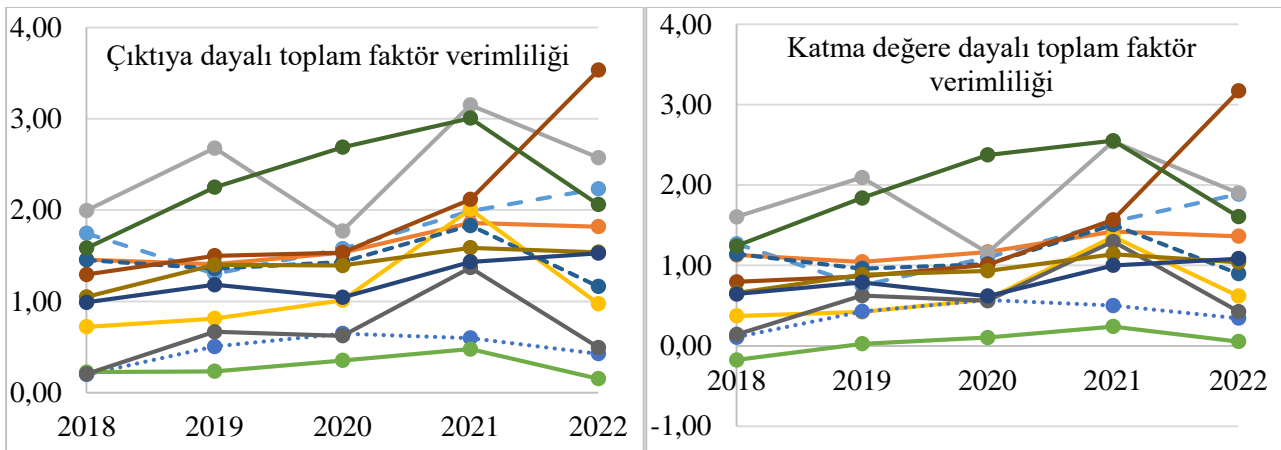
İşletme / Fidanlık	Çıktıya dayalı toplam faktör verimliliği	Katma değere dayalı toplam faktör verimliliği	Çıktıya dayalı ayrıntılı verimlilik ölçüsü	Katma değere dayalı ayrıntılı verimlilik ölçüsü	Kâr/ Çıktı	Sermaye verimliliği	Yatırımın getirisini
	TFV $^{\xi}$	TFV kd	AVÖ $^{\xi}$	AVÖ kd	K $^{\xi}$	SV	YG
Bahçeköy OİM	1,77	1,31	3,25	2,37	0,49	4,70	176,13
Çatalca OİM	1,62	1,23	2,69	2,04	0,48	2,39	78,54
Demirköy OİM	2,43	1,86	6,06	4,61	0,59	2,19	131,43
Edirne OİM	1,10	0,67	2,29	1,42	0,11	6,92	33,23
İstanbul OFM	0,47	0,39	0,52	0,43	-1,31	2,81	-323,52
İstanbul OİM	0,29	0,05	0,39	0,05	-1,84	0,73	-206,10
Kanlıca OİM	1,45	1,10	2,22	1,69	0,40	0,48	14,49
Kırklareli OİM	2,00	1,48	4,03	2,90	0,47	2,47	93,14
Lüleburgaz OFM	0,67	0,61	0,72	0,65	-0,99	3,38	-302,30
Şile OİM	1,39	0,93	2,62	1,75	0,34	4,13	93,62
Tekirdağ OİM	1,23	0,83	2,10	1,41	0,26	4,78	70,66
Vize OİM	2,32	1,92	3,89	3,22	0,58	3,11	151,45
Ortalama	1,40	1,03	2,56	1,88	-0,04	3,17	0,90

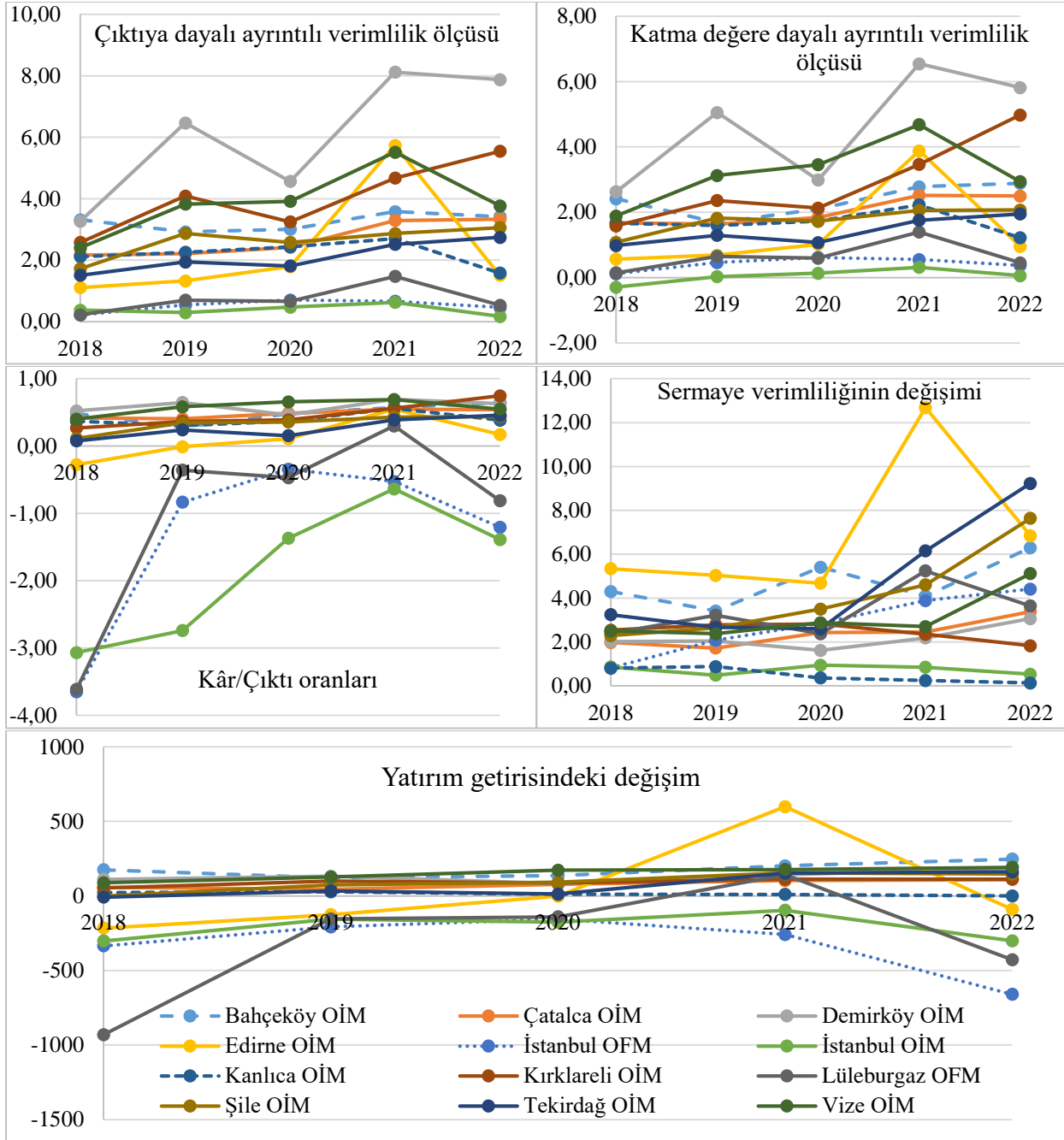
3.2. Ramsay Modeli Verimlilik Değerlerinin Değişimi

İstanbul OBM işletmelerinin ve fidanlıklarının Ramsay verimlilik ölçülerinin değerlerinde 2018-2022 yılları arasında meydana gelen değişim Şekil 2’de verilmiştir. Genel olarak toplam faktör verimliliğinde Demirköy OİM’nin üst, İstanbul OİM’nin ise alt sınırı oluşturan işletme olarak dikkat çektiği görülmektedir. Katma değere dayalı toplam faktör verimliliğindeki beş yıllık değişim incelendiğinde ise, İstanbul işletmesinin alt sınırı temsil etme özelliğini değiştirmemekle birlikte, Vize OİM’nin çıktıya dayalı hesaba göre Demirköy OİM’nden daha az değer kaybının olduğu görülmektedir. OİM ve OFM’lerin çıktıya dayalı ayrıntılı verimlilik ölçüsü değerlerinde genel sıralamanın değişmediği, yine Demirköy ve İstanbul OİM’nin alt ve üst sınırları oluşturduğu anlaşılmaktadır. Ayrıntılı verimlilik ölçüsü açısından katma değere dayalı verimlilik değerlerinin çıktıya dayalı verimlilik değerlerinden daha düşük olduğu ve OİM sıralamalarının bazı yıllarda değişebildiği görülmektedir. Toplam faktör verimliliği ile bağlantı kurulan kâr/çıktı oranları incelendiğinde, işletmelerin büyük bölümünün -0,28 ile 0,75 oranları arasında yığıldığı, iki orman fidanlığı ve İstanbul OİM’nin genel olarak negatif bölgede değişim gösterdiği görülmektedir. Araştırma döneminde orman işletmeleri ve fidanlıkların sermaye verimliliğinde saptanan değişimler, Tekirdağ, Şile ve Edirne OİM’lerin sermaye verimlilik değişimi açısından performanslarının daha yüksek olduğunu, Kanlıca OİM’nin İstanbul OİM’ye eşlik ederek 1’in altında değerler aldığını göstermektedir. Ramsay modelinde yer alan yatırım getirisi açısından 2018 - 2022 yılları arasında Bahçeköy, Vize ve Demirköy OİM’lerin ön planda olduğu, iki OFM ve İstanbul OİM’nin en düşük değerlere sahipken, diğer OİM’lerin ise yatırım getirilerinin pozitif sonuç verdiği bölgede olduğu belirlenmiştir.

3.3. Birim Alan ve Servet İçin Ramsay Verimlilik Bulguları

Orman fidanlıklarının sorumlu oldukları orman alanı veya ağaç serveti olmadığı için sadece işletmelerin birim başına Ramsay verimlilik ölçülerindeki değişim incelenmiş ve aşağıda verilmiştir. Ramsay verimlilik ölçülerinin normal kapalı 10.000 ha orman başına hesaplanmış değerleri Tablo 7’de, toplam orman alanı için elde edilen bulgular ise Tablo 8’de verilmiştir. Hem işletmenin sahip olduğu normal kapalı hem de toplam orman alanına göre yapılan hesaplamalarda, Bahçeköy işletmesinin Çıktıya dayalı toplam faktör verimliliği (TFVç), Katma değere dayalı toplam faktör verimliliği (TFVkd), Çıktıya dayalı ayrıntılı verimlilik ölçüsü (AVÖç), Katma değere dayalı ayrıntılı verimlilik ölçüsü (AVÖkd), Kâr/Çıktı oranı (Kç), Sermaye verimliliği (SV) ve yatırım getirisi oranı (YG) değerlerinin diğer işletmeleri geride bıraktığı bulunmuştur.





Şekil 2. Ramsay verimlilik değerlerindeki değişim

Tablo 7

Normal kapalı orman alanı için Ramsay verimlilik değerleri (TL/10.000 ha)

İşletme ve Bölge	TFV ^s	TFV ^{kd}	AVÖ ^s	AVÖ ^{kd}	K ^s	SV	YG
Bahçeköy	1,644	1,217	3,019	2,201	0,455	4,366	163,598
Çatalca	0,159	0,121	0,265	0,201	0,047	0,235	7,727
Demirköy	0,326	0,249	0,813	0,618	0,079	0,294	17,622
Edirne	0,382	0,233	0,795	0,493	0,038	2,404	11,542
İstanbul	0,147	0,025	0,197	0,025	-0,931	0,369	-104,317
Kanlıca	0,350	0,266	0,536	0,408	0,097	0,116	3,502
Kırklareli	0,251	0,186	0,505	0,364	0,059	0,310	11,676
Şile	0,268	0,179	0,505	0,337	0,066	0,796	18,052
Tekirdağ	0,133	0,090	0,227	0,153	0,028	0,517	7,644
Vize	0,336	0,278	0,564	0,467	0,084	0,451	21,956
Orman Bölge Müdürlüğü	0,027	0,020	0,052	0,038	0,003	0,056	1,117

Gerek Tablo 7, gerek Tablo 8’de yer alan ve orman alanı başına hesaplanmış verimlilik ölçülerinin değerinde Bahçeköy OİM’nin diğer işletmelerden ayrıştığı görülmektedir.

Tablo 8

Tüm Orman alanı için Ramsay verimlilik değerleri

İşletme ve Bölge	TFV ^ç	TFV ^{kd}	AVÖ ^ç	AVÖ ^{kd}	K ^ç	SV	YG
Bahçeköy	1,585	1,173	2,911	2,123	0,439	4,210	157,752
Çatalca	0,154	0,117	0,256	0,194	0,046	0,227	7,464
Demirköy	0,319	0,244	0,795	0,605	0,077	0,287	17,239
Edirne	0,248	0,151	0,516	0,320	0,025	1,558	7,483
İstanbul	0,132	0,023	0,178	0,023	-0,839	0,333	-94,011
Kanlıca	0,341	0,258	0,521	0,397	0,094	0,113	3,404
Kırklareli	0,189	0,140	0,381	0,274	0,044	0,233	8,795
Şile	0,232	0,155	0,438	0,293	0,057	0,691	15,653
Tekirdağ	0,122	0,082	0,208	0,139	0,026	0,472	6,984
Vize	0,322	0,267	0,540	0,447	0,081	0,432	21,039
Orman Bölge Müdürlüğü	0,024	0,018	0,046	0,034	0,003	0,050	0,994

Ramsay verimlilik ölçüleri bir defa da ağaç servetini baz alarak hesaplanmış ve Tablo 9’da verilmiştir. Birim alan başına bulunmuş değerlerde öne çıkan Bahçeköy işletmesinin yerini bu defa, Şile işletmesinin aldığı görülmektedir. Şile işletmesi, 1 m³ ağaç serveti başına dönem net kârı (DNKm³), çıktıya dayalı toplam faktör verimliliği (TFVçm³) ve 1 milyon m³ başına çıktıya dayalı ayrıntılı verimlilik ölçüsü (AVÖçm³), Kâr/Çıktı oranı (Kçm³), sermaye verimliliği (Svm³), ve yatırımın getirisi oranı (Ygm³) verimliliklerinin tamamında, tüm işletmeleri geride bırakmış ve en iyi işletme halini almıştır.

Tablo 9

Birim ağaç serveti başına dönem net kârı ve verimlilik değerleri

İşletme ve Bölge	DNKm ³	TFVçm ³	AVÖçm ³	Kçm ³	Svm ³	Ygm ³
	TL/m ³	TL/10 ⁶ m ³	TL/10 ⁶ m ³	TL/10 ⁶ m ³	TL/10 ⁶ m ³	TL/10 ⁶ m ³
Bahçeköy	14,98	0,856	1,571	0,238	2,275	85,197
Çatalca	12,18	0,438	0,729	0,130	0,649	21,322
Demirköy	12,50	0,142	0,353	0,034	0,127	7,664
Edirne	11,08	1,238	2,570	0,122	7,749	37,231
İstanbul	-115,69	0,212	0,284	-1,356	0,541	-151,883
Kanlıca	17,06	0,535	0,820	0,147	0,179	5,355
Kırklareli	7,34	0,162	0,327	0,038	0,200	7,565
Şile	18,39	1,574	2,960	0,381	4,670	105,748
Tekirdağ	3,73	0,386	0,659	0,082	1,495	22,110
Vize	11,72	0,446	0,748	0,111	0,599	29,156
Orman Bölge Müdürlüğü Ort.	7,46	0,283	0,518	-0,008	0,641	0,182

3.4. İşletme ve fidanlıklar arası fark analizi bulguları

Kruskal – Wallis testi sonuçları N = 60 ve p = 0,000 düzeyinde işletmeler arasında Ramsay’in tüm kısmi ve faktör verimlilikleri ile ayrıntılı verimlilik ölçüsü, kâr/çıktı oranı, sermaye verimliliği ile yatırımın getirisi ölçüleri açısından fark olduğunu göstermektedir. Aralarındaki farkın hangi yönetim birimleri ve değişkenlerde ortaya çıktığını saptamak üzere yapılan Tamhane testi bulgularından p = 0,001 ve daha üst düzey anlamlılar Tablo 10’da gösterilmiştir. Tablo 10’dan görüldüğü gibi, Ücretlerin verimliliği (vüç) açısından Çatalca işletmesi hem İstanbul fidanlığında hem İstanbul işletmesinden farklı bir yönetim birimi olarak ortaya çıkmıştır.

Ücretlerin katma değer verimliliği (vükd), Katma değere dayalı toplam faktör verimliliği (TFVkd), Çıktıya dayalı ayrıntılı verimlilik ölçüsü (AVÖç), Dönem reel net kârı (DNKReel) ve Çıktıya dayalı toplam faktör verimliliği (TFVç) değişkenlerine göre farklılık gösteren yönetim birimleri ise Tablo 10'da gösterildiği gibidir.

Tablo 10

Tamhane test sonuçlarına göre anlamlı farklar

Değişken	Farklılık Saptanan Yönetim Birimleri	
vüç	Çatalca OİM	İstanbul OFM
vüç	Çatalca OİM	İstanbul OİM
vüç	İstanbul OFM	Çatalca OİM
vüç	İstanbul OİM	Çatalca OİM
vükd	Çatalca OİM	İstanbul OFM
vükd	Çatalca OİM	İstanbul OİM
vükd	İstanbul OFM	Çatalca OİM
vükd	İstanbul OİM	Çatalca OİM
TFVkd	Çatalca OİM	İstanbul OİM
TFVkd	İstanbul OİM	Çatalca OİM
AVÖç	Bahçeköy OİM	İstanbul OFM
AVÖç	Bahçeköy OİM	İstanbul OİM
AVÖç	İstanbul OFM	Bahçeköy OİM
AVÖç	İstanbul OİM	Bahçeköy OİM
DNK _{Reel}	Bahçeköy OİM	İstanbul OFM
DNK _{Reel}	Çatalca OİM	İstanbul OFM
DNK _{Reel}	Demirköy OİM	İstanbul OİM
DNK _{Reel}	İstanbul OFM	Bahçeköy OİM
DNK _{Reel}	İstanbul OFM	Çatalca OİM
DNK _{Reel}	İstanbul OİM	Demirköy OİM
TFVç	Çatalca OİM	İstanbul OFM
TFVç	Çatalca OİM	İstanbul OİM
TFVç	İstanbul OFM	Çatalca OİM
TFVç	İstanbul OİM	Çatalca OİM

4. Tartışma

Kısmi verimlilik ölçülerinin neredeyse her birinde farklı bir yönetim birimi öne çıkmıştır. Çıktıya dayalı kısmi verimlilik ölçülerinde, maaş, dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetler ile diğer girdi kısmi verimliliklerinde Demirköy işletmesi ilk sırayı alırken, ücretlerin verimliliğinde Bahçeköy, amortismanların verimliliğinde Çatalca OİM, üretim giderlerini de içeren ilk madde ve malzeme giderlerinde Lüleburgaz fidanlığı, en üstün yönetim birimi olmuştur. Bu durum, yönetim birimlerinin, fidanlık örneğinde olduğu gibi, yapısı gereği çok yoğun veya az kullanması gereken veya sahip olduğu demirbaşların, personelin fiili durumunun diğer yönetim birimlerine göre dönemlik gösterdiği farklılığın bir sonucu olması büyük olasılıktır.

Çıktıya dayalı kısmi verimliliklerde ortaya çıkan bulgular, katma değere dayalı verimliliklerde de benzer bir yapı ortaya koymaktadır. Demirköy işletmesi bu defa sadece iki kısmi verimlilikte (maaş, diğer girdi) ilk sırayı alabilmiştir. Katma değer temelli bir hesaplama yapılsa da Bahçeköy ücretlerde, Çatalca amortismanında, Lüleburgaz fidanlığı ilk madde ve malzeme girdilerinde ilk sırayı koruduğu görülmüştür. Ancak, çıktıya dayalı hesaplamada dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetlerde en iyi verimliliği sağlayan Demirköy'ün bu konumunu katma değere dayalı bir hesaplamada Vize işletmesine kaptırdığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, çıktıya dayalı bulguların, bazı girdilerin düşülmesiyle elde edilen katma değere dayalı bulgularla tamamen paralel sonuçlar üreteceğini düşünmemek gerekmektedir.

Ramsay modeli çıktıya veya katma değere dayalı toplam faktör verimlilikleri, ayrıntılı verimlilik ölçüleri ve kâr/çıktı oranında Demirköy işletmesi en verimli işletme konumunu alarak, yine öne çıkmaktadır. Ancak, Demirköy bu konumunu sermaye verimliliğinde Edirne, yatırımın getirisinde ise Bahçeköy işletmelerine bırakmak zorunda kalmaktadır. Her ne kadar bu araştırmada kabul edilen sermayenin bir orman işletmesinin gerçek sermayesini temsil etmekteki yeterliliği tartışmaya açık olsa da Edirne gibi, diğer işletmelere göre orman varlığı az, kuruluşu daha yeni ve birikmiş demirbaşları az bir işletmede en yüksek sermaye verimliliğinin elde edilmiş olması dikkate alınmalıdır. Diğer yandan, Bahçeköy gibi, eski ve köklü bir işletmede en yüksek yatırım getirisinin elde edilmiş olması da bu kısmi verimlilik ölçütünün ormancılık yönetim birimleri açısından hangi üstünlük veya zayıflıkla ilgili olarak, böylesi bir sonuç ürettiği incelenmelidir.

Bu kapsamda, formül gereği nispi olarak varlıkları düşük olan işletmelerin, bu örneklerde olduğu gibi, sermaye verimliliğinin yüksek olması doğaldır. Devam eden yatırımların büyüklüğü de etkinin şiddetini artırmaktadır. Ancak buradaki sermaye verimliliğinin ormancılık işletmelerinin gerçek sermaye verimliliğinden uzak olduğunu hatırlatmakta fayda bulunmaktadır. Orman değeri ölçümlerine dayanmayan, idari kararlarla belirlenen sermaye miktarını doğrudan veya dolaylı olarak içeren hesaplara temkinli yaklaşılmalıdır. Ağaç serveti – artım – eta ilişkisinin sürdürülebilirliğinin sağlandığından emin olunması halinde, yıllık envanteri yapılamayan ağaç servetinin de yapılan yatırımlar veya katlanılan diğer giderlerle zamanla arttığı, dolayısıyla sermaye artışının katlanılan giderler aracılığıyla analizlere dâhil edildiği de düşünülebilir. Ancak, böyle bir düşüncenin kabul edilebilirliğinin, ağaç serveti – artım – eta ve boşluklu orman – normal orman açılarından, sürdürülebilir bir gidişat altında kabul edilebilirliği yeniden belirtilmelidir.

Araştırma kapsamına giren 2018-2022 yılları arası beş yıllık dönemdeki değişimler incelendiğinde, toplam faktör verimliliği ve ayrıntılı verimlilik ölçüleri açısından Demirköy OİM'nin üst, İstanbul OİM'nin de alt sınırı oluşturduğu görülmüştür. Son yıllarda bu ölçüler açısından Demirköy'den sonra ikinci sırada orman alanına sahip Kırklareli OİM'nin de üst sınıra yakın olduğu görülmektedir. 2018-2022 dönemi araştırma kapsamına giren yönetim birimleri açısından ekstrem yıllar içermemektedir. Bu nedenle elde edilen bulguların sonraki yıllarda da benzer sonuçlar üretmesi büyük olasılıktır. Ancak, yönetim birimlerinin sorumlu olduğu ormanlık alanların değişmesi, büyük yatırımlarla desteklenmesi gibi, Ramsay modeline giren her bir kısmi verimlilik alanını etkileyecek değişimlerin tek bir yönetim biriminde gerçekleşmesi, sıralamaları da değiştirebilecek müdahaleler olarak yorumlanmalıdır.

Araştırma dönemini oluşturan yıllar içerisinde gerek dönem net kârı değerleri gerekse Ramsay'in verimlilik ölçülerinin değer serilerinde, bazı işletmelerde istikrarlı bir yönelim gözlenirken, bazılarında ortaya çıkan dalgalanmalar dikkat çekicidir. Zaman içerisinde yapısal bir değişim gösterebilen işletme üretim planlarıyla veya süresi biten ve yenilenen amenajman planlarıyla ilişkili olabilecek bu dalgalanmaların olası diğer nedenleri, araştırma kapsamı dikkate alınarak ortaya konamamıştır.

Çalışma alanında orman işletmelerinin sermaye, arazi ve işgücü verimliliğini ve iktisadiliğini araştıran ve kısmen karşılaştırma olanağı olan bir araştırma (Şentürk, 2005) bulunmaktadır. Tekirdağ işletmesinin Kırklareli işletmesine bağlandığı yılları da kapsayan ve 2001-2003 dönemi için yapılan Şentürk'ün (2005) araştırmasında, sermaye verimliliğinde sırasıyla Vize, Şile, Çatalca ve Demirköy işletmeleri verimliyken, en verimsiz işletmenin İstanbul OİM olduğu, Demirköy işletmesinin kârlılığını sürekli artırdığı belirlenmiştir. Arazi verimliliğinde Şile, Demirköy ve Bahçeköy işletmeleri öndeyken, Demirköy OİM'nin 2003 yılında en yüksek verimliliğe sahip işletme olduğu, İstanbul OİM'nin ise en verimsiz işletme olarak belirlendiği görülmüştür. İşgücü verimliliğinde ise Çatalca, Demirköy, Şile ve Vize işletmeleri en verimli işletmelerken, İstanbul işletmesi en verimsiz işletmedir. Bu ölçü açısından da Demirköy işletmesinin araştırma döneminin son yılında en verimli işletme olduğu tespit edilmiştir. İktisadilik açısından Çatalca, Demirköy ve Şile işletmeleri öne çıkmaktadır. 24 ölçü açısından genel değerlendirmede de farklı yıllarda farklı işletmeler (Çatalca, Şile, Demirköy) en verimli ve iktisadi işletmeler olurken, İstanbul işletmesi en verimsiz ve iktisadi olmayan işletme (Şentürk, 2005) şeklinde adlandırılmıştır. Farklı kısmi verimlilik ölçülerinde, farklı işletmelerin önde olması ve yıllara göre değişkenlik göstermesi açısından, Şentürk'ün (2005) bulguları ile bu araştırmanın tespitleri benzerdir. Bununla birlikte, Ramsay verimlilik ölçüleri dikkate alındığında, geçen 15 yılda Demirköy OİM'nin verimlilik açısından çok daha fazla geliştiği anlaşılmaktadır. Şentürk (2005) çalışmasında arazi verimliliğinde ilk üçe girebilen Bahçeköy işletmesinin, bu çalışmada birim alana dayalı

ölçülerde lider işletme olması, bu işletmenin de gelişme gösterdiğine işarettir. Bununla birlikte, bu araştırma ile Şentürk'ün (2005) araştırması arasındaki en önemli fark, bu çalışmada fiziksel veriler yerine sadece muhasebe verileriyle hareket edilmesidir. Bu araştırma ile Şentürk (2005) arasında en benzerlik taşıyan yön ise, İstanbul OİM'nin verimlilik ve iktisadilik açısından durumudur. İstanbul işletmesi gibi merkez işletme işlevi gören işletmelerin; misafirhaneler, araçlar, çalıştırılan personel, amortismanlar, harici görevlendirme yolluklarının ödenmesi, vb. açılardan hem diğer işletmeler hem de bölge müdürlüğü merkez birimleri lehine, pek çok gidere katlandığı bilinen bir gerçektir. Nitekim bu durum Ramsay'in tüm kısmi verimlilik ölçülerine yansımıştır. Ücretlerin verimliliğinde, Bahçeköy işletmesi İstanbul merkez işletmesinin 16 katı bir verimlilik ölçüsüne sahiptir. İstanbul OİM, maaşların verimliliğinde ise Bahçeköy'den 10, Demirköy işletmesinden ise 68 kat verimsizdir. İstanbul OİM, amortismanların verimliliğinde Çatalca işletmesinden 41, ilk madde ve malzeme verimliliğinde Vize OİM'den 3, dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetlerde Demirköy işletmesinden 37, diğer girdilerde ise yine Demirköy işletmesinden 7 kat verimsizdir. Bu bulgu, merkez orman işletmelerinin, özellikle memurların ve demirbaşların verimliliğinde diğer işletmelerden ayrı değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Buna ek olarak merkez işletmelerdeki bu girdiler için ayrı tedbirlerin alınmasının gerekliliğini de tartışmak yararlı olabilir.

İşletmelerin sahip olduğu normal kapalı veya toplam orman alanı ile toplam ağaç serveti bulguları, genellikle en verimli işletme olarak tanımlanan Demirköy işletmesinin bu konumunun değişebildiğini ortaya koymuştur. Normal kapalı ve tüm orman alanı başına elde edilen verimlilikler Bahçeköy İşletmesini ilk sıraya taşıırken, birim ağaç serveti başına elde edilen verimlilikte, daha önce hiç ilk sırayı alamayan Şile işletmesi birinci olabilmektedir. Bu nedenle yönettiği ormanın alan ve niteliğini, ağaç servetinin düzeyini dikkate almadan yapılacak verimlilik sıralamalarının güvenilirliğini sorgulamak gereklidir.

Yapılan fark analizleri, araştırma kapsamına alınan işletmeler ile fidanlıkların Ramsay modeli verimlilik ölçüleri bakımından benzer kabul edilemeyeceğini göstermiştir. Araştırma dönemi veya alanı değişse de, elde edilen bulguların benzer olacağı, diğer işletme veya fidanlıkların, bu araştırma kapsamından farklı bir bulgu üretmeyeceği düşünülmektedir

5. Sonuç

Bulgular göstermektedir ki, çıktıya ve katma değere dayalı kısmi verimlilikler yönetim birimlerinin işletme veya fidanlık şeklinde değişmesinden etkilendiği gibi, kısmi verimliliğin hesaplandığı değişkenden de etkilenmektedir. Bu nedenle, tek bir kısmi verimlilik ölçüsünün temel alınarak bir yönetim birimi değerlendirmesinden kaçınılması, veri toplama, zaman veya bütçe gibi çeşitli kısıtlamalar nedeniyle, az sayıda değişkene dayalı bir değerlendirme yapmak zorunda kalınması halinde ise, tercih edilen verimlilik ölçüsünün ilgili kurumun durumuna uygunluğuna dikkat edilmesi gereklidir.

Elde edilen Ramsay modeli toplam ve ayrıntılı verimlilik ölçülerinde de Demirköy işletmesi en iyi işletme olarak ortaya çıkmıştır. Bu defa dört ayrı ölçü bakımından Demirköy en iyi işletme olarak nitelenirken, daha önce hiçbir kısmi verimlilikte ilk sırayı alamamış Edirne işletmesinin en yüksek sermaye verimliliğine sahip işletme olarak ortaya çıkması, bu alanda yapılacak değerlendirmelerde, genel kabullerden kaçınılması gerektiğini göstermektedir. Yatırımın getirisinde ilk sırayı alan Bahçeköy işletmesi örneğiyle de desteklenen bu durum, genel bir verimlilik değerlendirmesinde Ramsay modelinin çıktıya veya katma değere dayalı toplam faktör veya ayrıntılı verimlilik ölçülerine bakılabileceğini fakat bir işletmeyi diğer işletmelerden, yapısal farklılıkları dikkate alarak değerlendirme noktasında, bu ölçülerin yeterli olamayacağı görülmektedir.

Araştırma bulguları, Ramsay modeli bulgularının işletmelerin sahip olduğu normal, toplam orman alanından veya ağaç serveti düzeyinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, kurulacak modellerin mutlaka sahip olunan orman alan ve ağaç servetiyle ilişkilendirilmesi gerekmektedir.

Ramsay modeli, literatürde orman işletmeleri için kullanılan fiziki ve parasal verimlilik ölçütlerine kıyasla, bu verimlilik ölçülerinin muhasebe verilerine dayanması ve hesaplama kolaylığı sağlama olanağı, orman işletmelerinde bugüne kadar üzerine düşülmeyen, verimlilik ölçümlerinin yaygınlaşmasına katkı sağlayabilecek kadar açıklayıcı olduğunu göstermektedir. Ancak, fark analizleriyle de ortaya konduğu gibi, bir orman işletmesi ile orman fidanlığını veya geniş alanlara yayılmış, birim alanda düşük ağaç servetine sahip işletmeler ile küçük alanlarda fakat birim alandaki ağaç serveti yüksek işletmelerin farklı verimlilikler

ürettiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, Ramsay modeliyle tüm orman işletmelerine yönelik verimlilik ölçümleri yapmak yararlı görülse de yapılacak sıralamaların, işletme veya kurumsal yönetim etkinliğini açıklama yeterliliğini sorgulamadan, bu model çıktılarının bir ödüllendirme aracı haline getirilmesi düşünülmemelidir.

Teşekkür

Bu makale Orman Genel Müdürlüğü'nün bir ARGE birimi olan, Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsünde sonuçlanan 10.5307/2021-2022-2023 numaralı, "Orman İşletmelerinde İşletme Katma Değeri, Kârlılık, İktisadilik ve Verimlilik İlişkileri" başlıklı proje sonuç raporundan üretilmiştir.

Yazar Katkıları

Güven Kaya: Çalışmanın tasarımı, veri toplama, veri analizi ve makale yazımı.

Kenan Ok: Çalışmanın tasarımı, veri analizi ve makale yazımı.

Tuncay Porsuk: Çalışmanın tasarımı, makalenin gözden geçirilmesi.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Akal, Z. (2011). İşletmelerde performans ölçüm ve denetimi: Çok yönlü performans göstergeleri. (7. Basım). Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Balkan, D. (2019a). RAPMODs Verimlilik modelleme sistemi. In S. Sönmez, E. Özçoban, D. Balkan ve H. Karakuş (Eds.), Sosyal, beşerî ve idari bilimler-2 alanında yeni ufuklar. Ankara: Gece Kitaplığı.
- Balkan, D. (2019b). Tekstil sektöründe verimlilik ölçümü ve bir uygulama. *Tekstil ve Mühendis*, 26(113), 79-85. <https://doi.org/10.7216/1300759920192611309>
- Balkan, D. ve Belgin, Ö. (2019). Measuring total productivity of Turkish manufacturing industry based on accounting data. *İşletme Fakültesi Dergisi*, 20(2), 431-447. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/909175>
- Böcü, T. (2009). KKTC'de bir endüstri işletmesinde verimlilik analizi uygulaması (Yüksek lisans tezi). Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Çağlar, Y. (1988). Verimlilik ve orman işletmelerinde verimlilik düzeyinin ölçümü. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 38(2), 107-119. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/175197>
- Çağlar, Y. ve Öncer, M. (1990). Devlet Orman İşletmelerinde Başarı Düzeylerinin Belirlenmesi. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Daşdemir, İ. (1996). Orman işletmelerinin başarı düzeylerinin belirlenmesi (Kuzeydoğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesi örneği). *Teknik Bülten, Doğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Erzurum*.
- Daşdemir, İ. (2011). Ormancılık işletme ekonomisi. Bartın: Bartın Üniversitesi Yayınları, Bartın.
- Demirdöğen, C. (2009). Araç ve Bartın orman işletmelerinde verimlilik ve iktisadilik analizi (Bitirme tezi). Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bartın.
- Demirtaş, U. ve Tokat, E. (2012). Verimlilik yönetiminde ölçme ve teşhis: Bir KOBİ uygulaması. *Verimlilik Dergisi*, 2012(3), 7-38. <https://verimlilikkutuphanesi.sanayi.gov.tr/Library/ShowPDF/1249>
- Güntürkün, F. ve Balkan, D. (2010). Verimlilik ölçme ve değerlendirme eğitimi. http://www.dso.org.tr/userFiles/File/Verimlilik_olcme_izl.2.pdf Accessed 01.11. 20.
- Kara, O., Kayacan, B. ve Eratilla, M. (2013). Düzce İli devlet orman işletme müdürlüklerinin parametrik olmayan yöntemlerle etkinliğinin analizi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 97-123. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/69287>
- Korkmaz, M. (2011). Measuring the productive efficiency of forest enterprises in Mediterranean Region of Turkey using data envelopment analysis. *African Journal of Agricultural Research*, 6(19), 4522-4532. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1002>
- Korkmaz, M. (2012). Orman işletmelerinde iktisadilik düzeyinin TOPSIS yöntemi ile analizi. *SDÜ Orman*

- Fakültesi Dergisi*, 13, 14-20. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/195802>
- Öztürk, A. ve Türker, M. F. (2010). Devlet orman işletmelerinin gruplandırılmasında çok değişkenli istatistiksel analizlerin kullanımı. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (2):20-29. <https://ofd.artvin.edu.tr/tr/download/article-file/25718>
- Oktay, M. (2005). Edremit ve Dursunbey orman işletmelerinde verimlilik ve iktisadilik analizi (Bitirme tezi). Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bartın.
- Ramsay, M. R. (2008). İşletme verimliliği ölçümü ve uluslararası işgücü verimliliği elkitabı. (Çev. Yavuz, İ.). Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Peker, H. (1973). Türkiye’de orman işletmeciliği ve işletme ekonomisi bakımından rasyonalizasyonu. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, Çağlayan Basımevi.
- Şafak, İ., Gül, A. U., Akkaş, M. E., Gediklili, M., Portakal, S. Ü. ve Kanat, Ş. M. (2012). Orman işletmelerinin etkinliğinin bulanık veri zarflama yöntemi ile belirlenmesi (Denizli, İzmir ve Muğla Orman Bölge Müdürlüğü Örneği). TÜBİTAK Proje Sonuç Raporu, Proje No: 110O126.
- Şahin, B. (2022). Türkiye’de araştırma ve geliştirme faaliyetlerine sağlanan teşviklerin firma performansına etkisi ve teknoloji geliştirme bölgelerinde yer alan firmalara ilişkin bir uygulama (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- Şentürk, G. (2005). Devlet orman işletmelerinde verimlilik ve iktisadilik analizi (İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü örneği) (Yüksek lisans tezi). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Toksoy, D. (1992). Devlet orman işletmelerinde ekonomik analiz (Yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tuğrul, G. (2008). Devlet orman işletme müdürlüklerinde iktisadilik analizleri ve işletmecilik açısından çıkarımlar [Kilis Devlet Orman İşletme Müdürlüğü örneği (2000-2005)] (Yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Türker, M. F. (2020). Ormancılık işletme ekonomisi. (Genişletilmiş 3. Baskı). Trabzon: Ormancılık ve Tabiatı Koruma Vakfı Yayınları.
- Türker, M. F. (1996). Doğu Karadeniz Bölgesi 25 devlet orman işletmesinin ve bu işletmelere ait bazı sosyal, ekonomik ve fiziksel değişken gruplarının ana bileşenler yardımıyla belirlenmesi. KTÜ Orman Fakültesi Seminerleri, Trabzon.
- Yazıcı, K. (1982) Orman işletmesinin ekonomik büyüklüğüne ilişkin araştırmalar (Doğu Karadeniz Bölgesi örneği). Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Trabzon.
- Yeşilyurt, E. N. (2016). Orman Genel Müdürlüğü ve bağlı taşra kuruluşlarının ekonometrik yöntemler yardımıyla iktisadi çözümlemesi (Yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Seasonal Vegetation Trends in Biomes of Türkiye: A Decade-Long (2014-2023) Analysis Using NDVI Time Series

Emre Aktürk¹

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

Article History

Received: 14.04.2024

Accepted: 16.07.2024

Published: 15.08.2024

Research Article



Abstract – This study analyzes Türkiye's biomes' seasonal vegetation trend from 2014 to 2023 using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Google Earth Engine (GEE). Focusing on Mediterranean Forests, Woodlands & Scrub; Temperate Broadleaf & Mixed Forests; Temperate Grasslands, Savannas & Shrublands; and Temperate Coniferous Forests biomes, it aims to illuminate vegetative trends and inform conservation strategies in line with the European Green Deal. Using Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) satellite imagery and GEE's computational capabilities, the study efficiently processes large datasets, revealing distinctive vegetative responses to climatic conditions across biomes. Key findings include the resilience of Mediterranean vegetation to drought, stable growth in temperate broadleaf and mixed forests, dynamic seasonal shifts in grasslands, and consistent photosynthetic activity in coniferous forests. The study highlights the importance of continuous monitoring and suggests future research integrating remote sensing and ground observations for ecosystem management under climate change.

Keywords – NDVI, biomes, Türkiye, vegetation trend, google earth engine

Türkiye Biyomlarında Mevsimsel Bitki Örtüsü Trendleri: NDVI Zaman Serileri ile Son On Yılın (2014-2023) Analizi

¹ Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

Article History

Gönderim: 14.04.2024


Kabul: 16.07.2024

Yayın: 15.08.2024

Araştırma Makalesi

Öz – Bu çalışma, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ve Google Earth Engine (GEE) kullanarak 2014-2023 yılları arasında Türkiye biyomlarının mevsimsel bitki örtüsü eğilimini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışma, Akdeniz Ormanları, Ağaçlık ve Çalılıklar; Ilıman Geniş Yapraklı ve Karışık Ormanlar; Ilıman Otlaklar, Savanlar ve Çalılıklar; ve Ilıman İğne Yapraklı Ormanlara ait biyomlara odaklanmaktadır. Biyomlar içerisinde bitkisel eğilimlerin incelenmesi ve Avrupa Yeşil Mutabakatı doğrultusunda koruma stratejilerinin incelenmesi temel hedeflerdendir. Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) uydu görüntülerini ve GEE'nin veri işleme yeteneklerini kullanan bu çalışma, büyük veri kümelerini analitik bir şekilde işleyerek biyomlar boyunca iklim koşullarına verilen farklı bitkisel tepkileri ortaya çıkarmaktadır. Çalışmanın temel bulgular arasında Akdeniz bitki örtüsünün kuraklığa karşı dayanıklılığı, ılıman geniş yapraklı ve karışık ormanlarda istikrarlı büyüme, otlaklarda dinamik mevsimsel değişimler ve iğne yapraklı ormanlarda tutarlı fotosentetik aktivitelerden söz edilebilir. Çalışma, ekolojik açıdan oldukça önemli bu alanların sürekli izlenmesinin önemini vurgulamakta ve iklim değişikliği altında ekosistem yönetimi için uzaktan algılama ve yer gözlemlerini entegre eden gelecekteki araştırmaları önermektedir.

Anahtar Kelimeler – NDVI, biyom, Türkiye, vejetasyon trendi, google earth engine

¹  eakturk@kastamonu.edu.tr

* Corresponding Author/ Sorumlu Yazar

1. Introduction

The study of the Earth's vegetative cover, which is central to understanding the complex interactions within the biosphere, has been revolutionized by the advent of Earth observation technologies. These technologies allow comprehensive monitoring of vegetation dynamics over time, from local to global scales. Central to this advancement is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which has been established as an essential metric for assessing vegetation health and productivity due to its effective use of red and near-infrared spectral data (Tucker, 1979). The robustness and simplicity of NDVI have made it a cornerstone for analyzing vegetation trends, allowing researchers to detect both subtle and significant changes within ecosystems, ranging from gradual shifts to sudden declines caused by environmental stressors (Eastman et al., 2013; Meneses-Tovar, 2011).

Biomes, representing large ecosystems with distinct climates and unique species adaptations, are critical to Earth's biodiversity and ecological integrity (Woodward, 2008). Originating in the work of ecologists such as Frederic E. Clements and Victor Shelford, the concept of a biome encompasses a variety of life forms shaped by climatic conditions and is distinct from more localized habitats and ecosystems (Clements & Shelford, 1939). The critical role of biomes in regulating climate, particularly forest biomes with their diverse species and carbon buffering capacity, underscores the importance of their conservation amidst threats from human-induced degradation such as logging, agriculture, and urbanization (Atangana et al., 2014; Hunter et al., 2021). As biomes face unprecedented challenges, preserving their unique ecological dynamics and biodiversity is critical to maintaining global environmental health and climate stability, underscoring the need for sustainable management and concerted conservation efforts.

The study of NDVI changes over various temporal scales has been the focus of numerous remote sensing and environmental monitoring studies. Research has predominantly focused on monthly, seasonal, or annual variations over extended periods to capture the dynamics of vegetation health and productivity. Much of this research relies on Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) NDVI datasets (Beck et al., 2006; Funk et al., 2009; Kouadio et al., 2014; Eisfelder et al., 2023), although other satellite platforms such as Landsat (Panuju & Trisasongko, 2012; Guha & Govil, 2021) and Sentinel (Filgueiras et al., 2019; Karlsen et al., 2021) have also provided valuable insights. Despite the commonality in methodological approaches, the novelty of these studies often lies in their geographic focus, ranging from local to global scales and delving into specific ecological units such as biomes (Soudani et al., 2012; Hmimina et al., 2013; Bao et al., 2015). The literature reveals a notable gap in the context of Türkiye, a region of considerable botanical diversity and home to multiple terrestrial biomes. Although a wealth of NDVI-based research exists, most of these studies are limited to local scales, with only one national-scale study using MODIS data identified (Evrendilek & Gulbeyaz, 2008). This lack of comprehensive, large-scale analyses within Türkiye's borders is striking, given the ecological importance of the country and the potential insights such studies could provide into vegetation dynamics across its diverse biomes.

Motivated by the need to fill the gap in existing research, this study aims to conduct a seasonal (spring, summer, fall, and growing season covering all seasons) NDVI trend analysis from 2014 to 2023 across the different biomes of Türkiye, a country known for its significant biodiversity within Europe. Specifically, the objectives of this research are:

- Examination of Türkiye's seasonal NDVI values and trends in the last ten years (2014-2023),
- Evaluation of seasonal NDVI values and trends within the country at the biome subscale, and
- Assessment of the suitability of the GEE platform for use in large-scale vegetation studies.

This research utilizes medium-high resolution Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) satellite imagery and the computational power of the Google Earth Engine (GEE) cloud platform to generate NDVI data sets. The

study focuses on four major biomes: Mediterranean Forests, Woodlands & Scrub; Temperate Broadleaf & Mixed Forests; Temperate Grasslands, Savannas & Shrublands; and Temperate Coniferous Forests. Through this comprehensive analysis, we aim to contribute to the understanding of vegetation trends in these areas and demonstrate the utility and efficiency of the Google Earth Engine in supporting environmental studies and policy-making processes.

2. Material and Methods

2.1. Study Area

The administrative boundaries of Türkiye define the study area and cover approximately 780.000 square kilometers in the northern hemisphere, specifically between 36° to 42° north latitude and 26° to 45° east longitude (Figure 1). This geographic location, closer to the equator than the North Pole, places the country within the temperate climate zone, fostering a rich ecological habitat conducive to a diverse range of flora and fauna. Türkiye boasts a remarkable biodiversity, with approximately 11.000 indigenous plant species, 35% endemic, highlighting the country's unique botanical importance (Aksoy et al., 2014). Remarkably, the floristic diversity within Türkiye's borders rivals that of the entire European continent, underscoring its ecological and conservation significance (Gemici et al., 1992). This diverse ecological backdrop serves as the foundation for our study, providing a unique opportunity to examine NDVI trends across its diverse biomes.

Türkiye is home to four terrestrial biomes, each with a unique blend of ecological characteristics and rich biodiversity. The boundaries of all these biomes were digitized and mapped in Figure 1 from Ecoregions 2017 data prepared by Resolve (Dinerstein et al., 2017). The Mediterranean Forest, Woodland & Scrub biome is at the forefront, recognized by the World Wide Fund for Nature (WWF) as the most widespread terrestrial biome in the country. This biome thrives in a climate of dry summers and wet winters, although certain areas may experience more evenly distributed rainfall throughout the year (URL-1). It is essential for its rich biodiversity, contributing to 10% of the world's plant species, and boasts diverse vegetation types such as forests, woodlands, shrublands, and grasslands. The varied landscape often forms a "mosaic habitat," a complex tapestry of different vegetation types woven together by the influences of soil type, topography, exposure to the elements, and fire history (Cody, 1986). Next, the Temperate Broadleaf & Mixed Forests biome represents a crucial ecological domain within Türkiye, characterized by the WWF as a temperate zone rich in broadleaf and coniferous trees. This biome is characterized by a variety of plant species, each of which is uniquely adapted to temperate conditions (URL-2). The Temperate Grasslands, Savannas, and Shrublands biome presents a landscape dominated by grasses and shrubs. Its climate ranges from semi-arid to semi-humid, and it differs from tropical grasslands in its distinct annual temperature patterns and species diversity (URL-3). Finally, the Temperate Coniferous Forest biome, characterized by warm summers and cool winters, has a variable plant composition. Some regions are dense with deciduous trees, while others are rich in evergreen deciduous trees or host a mixture of both, reflecting Türkiye's vast ecological diversity (URL-4).

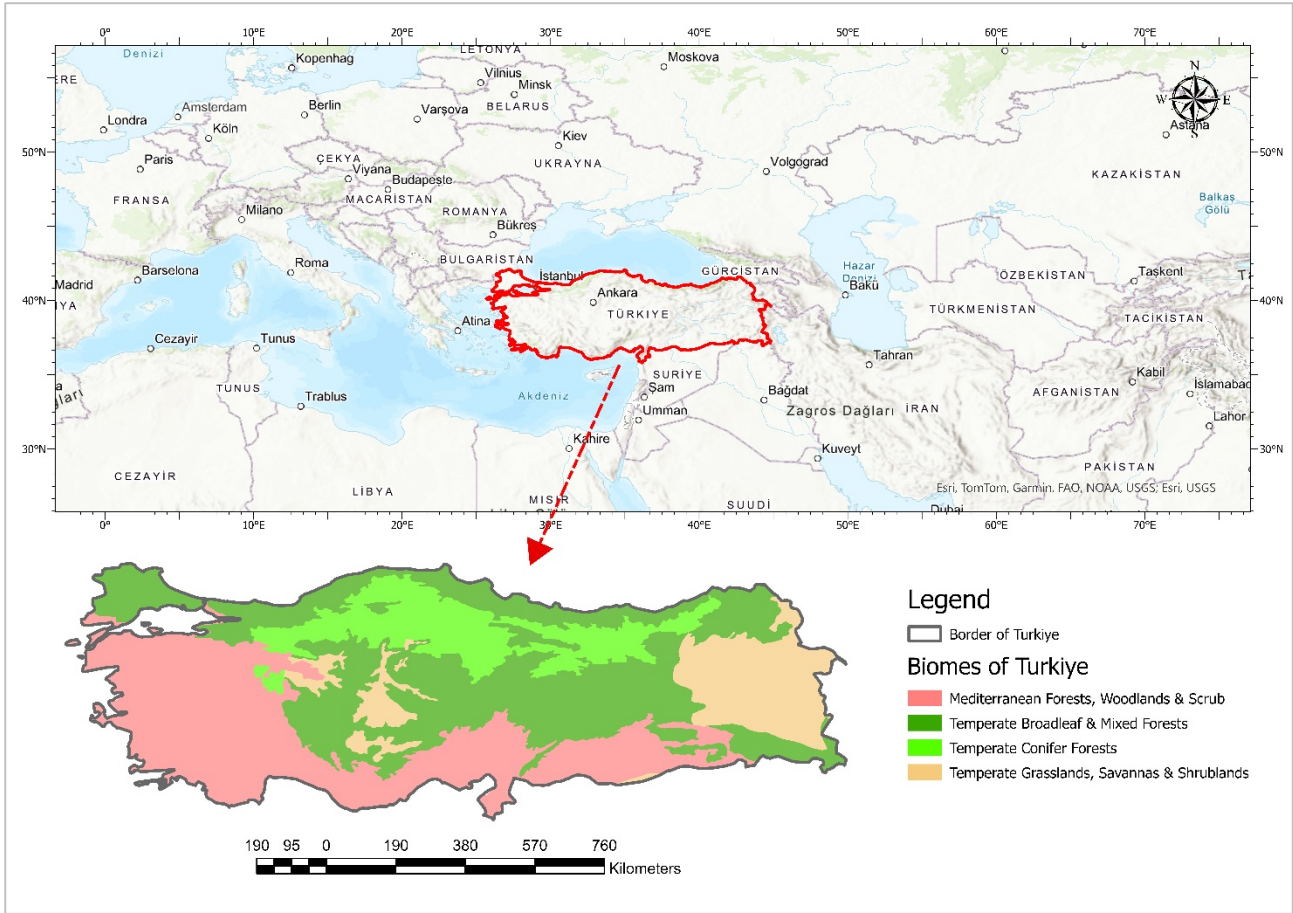


Figure 1. Study area and its biomes derived from Ecoregions 2017 Resolve dataset (Dinerstein et al., 2017)

2.2. Temporal NDVI Production Stages in Google Earth Engine

The analytical component of this research was conducted using GEE, a state-of-the-art cloud- and web-based geographic information system platform. The choice of GEE was strategic, primarily because of its versatility and ability to adapt the model developed in this study for analogous research endeavors with minimal adjustments and the ability to share the model as needed (Amani et al., 2020; Aktürk, 2023; Akturk et al., 2023). GEE is unique because it provides various datasets in various formats, including raster, vector, and tabular, accessible through its extensive libraries. This accessibility allows researchers to quickly acquire large datasets, bypassing the limitations traditionally associated with hardware and software by leveraging Google's robust server infrastructure for data analysis. While the procedural steps taken in this study mirror those typically used to generate standard NDVI products, the methodology was tailored to take advantage of the unique capabilities of the GEE platform, resulting in a customized NDVI analysis specifically designed for the objectives of this study (Figure 2).

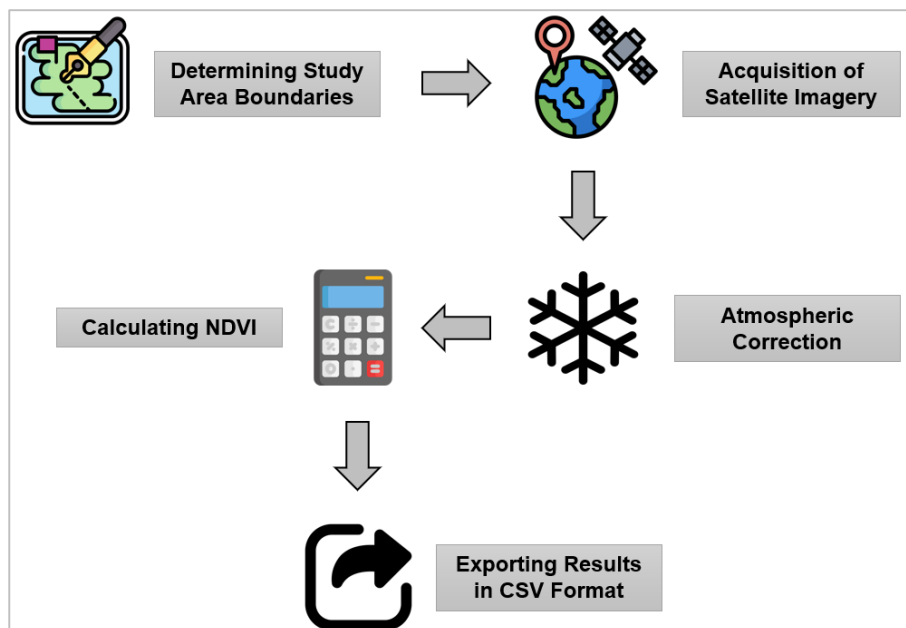


Figure 2. Procedural steps to generate NDVI with GEE in this study

The initial phase of NDVI production involves defining the study area, a critical step that significantly affects the efficiency of subsequent analysis in GEE. Defining the study area boundaries at the outset is essential to streamline the analysis process, as performing analysis on an undefined or overly broad area can unnecessarily increase processing time. To this end, the study used the Global Administrative Unit Layers (GAUL) 2015, a dataset provided by the Food and Agriculture Organization (FAO) that contains detailed administrative boundaries at the country, province, or district level and is accessible through the GEE library (URL-5). However, given the specific focus of this study on the biomes within Türkiye, the boundaries for the RESOLVE Ecoregions 2017 product (Dinerstein et al., 2017), also available in the GEE library, were used. This choice ensures that the analysis accurately targets the ecological boundaries of interest, thereby optimizing the efficiency and relevance of the NDVI production process.

After defining the study area, the next step is to select the appropriate satellite imagery provider. GEE provides access to an extensive library, including the Landsat and Sentinel series. While the Sentinel series has a higher spatial resolution of 10 meters, providing finer detail, the Landsat series is often chosen for its extensive temporal coverage. For this study, the Landsat 8 Collection 2 Tier 1 and Real-Time data imagery, with a spatial resolution of 30 meters, was selected to cover the study period from 2014 to 2023 with only one satellite. The decision was influenced by the availability of high-quality Landsat datasets that benefit from radiometric calibration in the Tier 1 images, ensuring the data's reliability. All available images within approximately 90-day intervals during the spring (March-May), summer (June-August), and fall (September-November) seasons were used for each year within the study period to capture the dynamic changes in vegetation.

Following the selection of Landsat 8 Collection 2 Tier 1 and Real-Time imagery for its superior radiometric quality, the study addresses the challenge of atmospheric distortions, such as clouds and fog, that can obscure the actual reflectance values captured by satellite imagery. Atmospheric correction is critical to mitigate the effects of atmospheric scattering and absorption on reflectance data obtained from satellite or airborne sensors (Pacifi et al., 2014). This study uses the 'Landsat Simple Composite' algorithm within GEE to counteract these atmospheric effects and derive the most accurate NDVI values. This algorithm creates a composite from a collection of Landsat scenes by selecting pixels with minimal cloud cover and computing percentile values for each band from the selected pixels. This approach reduces atmospheric clutter, improving the reliability of NDVI calculations and providing a clearer picture of vegetation health and dynamics (Qiu et al., 2023).

After defining the study area, selecting the appropriate satellite imagery, and making the necessary atmospheric corrections, the process moves on to calculating the NDVI. This calculation is critical in assessing vegetation health and involves the analysis of images from the near-infrared (NIR) and red spectral bands. Based on the selection of satellite images, spectral band numbers can vary to calculate NDVI. It can be calculated with the following Equation (1) for Landsat 8:

$$NDVI = \frac{NIR (Band 5) - Red (Band 4)}{NIR (Band 5) + Red (Band 4)} \quad (1)$$

After the NDVI is calculated using the specified formula for Landsat 8, the resulting data is formatted as a raster in GEE. This data can then be exported to various platforms, including Google Drive, the cloud, or directly within GEE, depending on the needs of the study. Since this research focuses on analyzing NDVI trends over time across Türkiye's biomes, it is essential to extract more granular information beyond the raster images. In order to achieve this, the study calculates the average NDVI values for each biome and disaggregates the data by year and season. This process allows for a detailed temporal analysis of vegetation health and dynamics. These averaged NDVI values are then exported from GEE in .csv format to analyze trends across biomes.

3. Results

This section of this study presented the seasonal average NDVI values for different biomes within Türkiye over a decade, providing a nuanced understanding of vegetation dynamics in these ecologically diverse areas. The data are presented in Table 1, and the trend graph in Figure 3, where each biome is analyzed to reveal NDVI trends and patterns that may have implications for environmental monitoring and ecological management.

Table 1. Seasonal mean NDVI values of biomes over the years. In the table, the Mediterranean Forests, Woodlands & Scrub biome is abbreviated as Bio1 (Blue), the Temperate Broadleaf & Mixed Forests biome is abbreviated as Bio2 (Red), the Temperate Grasslands, Savannas & Shrublands biome is abbreviated as Bio3 (Grey), and the Temperate Coniferous Forests biome is abbreviated as Bio4 (Green). The 'Growth Season' values are obtained by averaging all seasons.

Year	Spring Season				Summer Season				Fall Season				Growth Season			
	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4
2014	0,396	0,340	0,219	0,338	0,359	0,368	0,264	0,423	0,327	0,301	0,190	0,350	0,365	0,358	0,256	0,398
2015	0,423	0,384	0,213	0,375	0,377	0,385	0,280	0,451	0,339	0,310	0,210	0,362	0,379	0,375	0,267	0,421
2016	0,410	0,352	0,217	0,378	0,359	0,379	0,312	0,443	0,326	0,284	0,180	0,331	0,360	0,359	0,277	0,412
2017	0,386	0,318	0,170	0,304	0,375	0,387	0,281	0,444	0,334	0,299	0,188	0,340	0,364	0,360	0,252	0,400
2018	0,427	0,400	0,306	0,401	0,375	0,389	0,309	0,444	0,331	0,300	0,205	0,337	0,375	0,380	0,284	0,421
2019	0,401	0,367	0,202	0,363	0,382	0,386	0,273	0,457	0,343	0,305	0,195	0,349	0,375	0,365	0,251	0,416
2020	0,414	0,357	0,183	0,371	0,374	0,387	0,296	0,441	0,330	0,301	0,202	0,338	0,371	0,362	0,263	0,405
2021	0,417	0,371	0,285	0,374	0,364	0,371	0,248	0,427	0,323	0,292	0,184	0,342	0,368	0,361	0,240	0,405
2022	0,376	0,325	0,198	0,330	0,366	0,383	0,277	0,454	0,339	0,303	0,196	0,353	0,363	0,371	0,252	0,429
2023	0,412	0,351	0,263	0,348	0,382	0,399	0,292	0,458	0,349	0,319	0,210	0,363	0,383	0,380	0,274	0,432

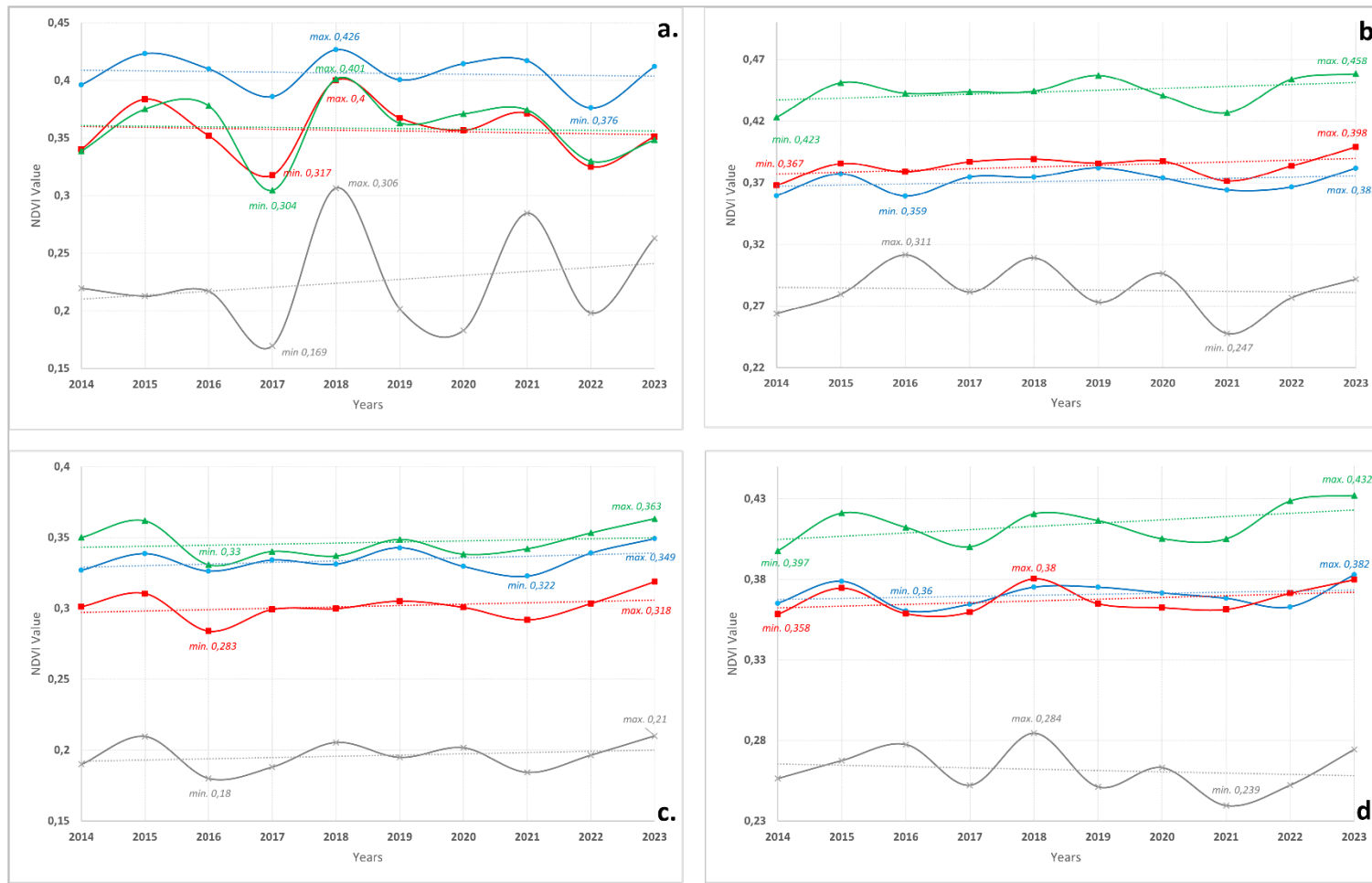


Figure 3. Seasonal mean NDVI trend graph of biomes over the years. Seasons are numbered in the graphic as Spring (a), Summer (b), Fall (c), and Growth Season (d). The Mediterranean Forests, Woodlands & Scrub biome (Blue), the Temperate Broadleaf & Mixed Forests biome (Red), the Temperate Grasslands, Savannas & Shrublands biome (Grey), and the Temperate Coniferous Forests biome (Green)

The data presented in Table 1 and Figure 3 shows that the Mediterranean Forests, Woodlands, & Scrub biome (Bio1) reached their peak NDVI value of 0.426 during spring. Subsequently, there was a significant decrease in the average NDVI values during the summer and spring seasons. Throughout the growing season, the average NDVI values for Bio1 were lower than those observed for the Temperate Coniferous Forests biome (Bio4) but comparable to the Temperate Broadleaf & Mixed Forests biome (Bio2). Specifically, the years 2016, 2021, and 2022 recorded the lowest NDVI values for this biome, while the highest values were recorded in 2018 and 2023.

In this study, the Mann-Kendall trend analysis was used to assess the presence and direction of NDVI and related vegetation trends within this biome and others that exhibit non-linear patterns. This nonparametric test, commonly used in environmental studies, helps to identify trends within time series data (McLeod, 2005). The heat map in Figure 4 shows the p-values for the Mann-Kendall trend analysis across all biomes and seasons, indicating no statistically significant trend for Bio1 in any season. However, when evaluating the general averages, there are slight increases in seasons rather than spring.

Results for the Temperate Broadleaf & Mixed Forests biome (Bio2) indicate that the peak in NDVI values occurs during the summer season, while the lowest values are typically recorded in the fall. Throughout the growth season, Bio2 exhibits NDVI values that are not only similar to those of Bio1 but also slightly higher, indicating a consistent trend in vegetative vigor. Despite these observations, the NDVI trend for Bio2 does not show a statistically significant change, mirroring the trend observed in Bio1. However, a numerical increase in NDVI values is evident over the decade under study.

The Temperate Grasslands, Savannas, & Shrublands biome (Bio3) results are notably distinct, consistently exhibiting the lowest average NDVI values among the studied biomes. The NDVI values of this biome reach their peak during the summer months while exhibiting markedly lower averages during the spring and fall seasons. Notably, the spring season of 2017 showed the lowest NDVI value of 0.169 for Bio3, representing the minimum recorded across all biomes and seasons within the scope of this study. Like other biomes, the longitudinal NDVI trends for Bio3 do not demonstrate statistically significant changes. However, the biome exhibits the highest degree of variability in NDVI values over the years, highlighting its dynamic response to seasonal climatic fluctuations.

The Temperate Coniferous Forests biome (Bio4) shows the highest average NDVI values during the growth season, which illustrates its robust vegetative health. The biome reached a peak NDVI average of 0.458 in the summer of 2023, representing the highest recorded value among all evaluated seasons and biomes. While Bio4 exhibits NDVI averages in the spring that are comparable to those of Bio2 and in the fall similar to Bio1, its summer values are distinctively higher than those of all other biomes. This pronounced differentiation highlights the unique ecological robustness of Bio4 during the warmer months. As with other biomes, no discernible statistical trend in NDVI values is evident for Bio4 throughout the study period. Nevertheless, a comprehensive examination of the data indicates that, except for the spring season, there has been a discernible upward trajectory in the mean NDVI values across the remaining seasons.

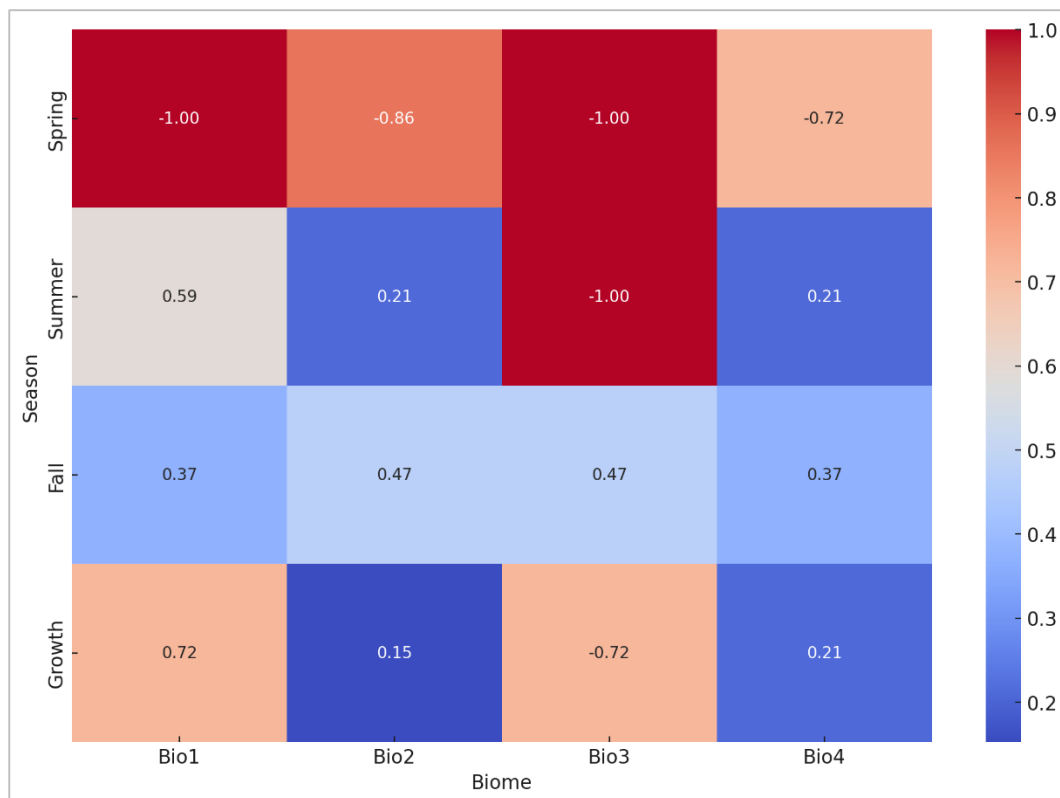


Figure 4. p-values for the Mann-Kendall trend analysis across all biomes and seasons

4. Conclusion

4.1. Mediterranean Forests, Woodlands & Scrub Biome (Bio1)

The Mediterranean Forests, Woodlands, & Scrub biome (Bio1), characteristic of the Mediterranean climate with its hot, dry summers and mild, wet winters, have exhibited varying NDVI values over the past decade, reflecting its distinct seasonal patterns and vegetation types. The biome is typically dominated by sclerophyllous vegetation - plants with stiff leaves adapted to dry conditions. Due to their evolutionary traits to conserve water, these species may not exhibit as robust a spring NDVI response as species in more temperate biomes. Nevertheless, the spring period showed the highest NDVI values, indicating the active growth phase following winter precipitation. However, variability during this period, highlighted by declines in spring NDVI in 2017 and 2022, underscores the sensitivity of vegetation in this biome to interannual climate variability, potentially exacerbated by phenomena such as late frosts or reduced precipitation. 2018 stands out with the highest recorded spring NDVI value of 0.427, indicating a solid growth season this year, possibly due to optimal rainfall and temperature conditions that supported the photosynthetic activity of the biome's flora.

In contrast to the spring, the summer and fall seasons show slight increases in NDVI trends, contributing to a stable and slightly increasing trend in the overall 'Growth Season.' This could be attributed to the biome's adaptive strategies, where plants use deep water reserves despite the summer drought or show delayed growth that continues into the fall, taking advantage of the mild conditions before winter.

Observations over the past decade reveal a biome that, while showing variability in the spring, shows overall stability and even slight increases in vegetative health and productivity in later seasons. This resilience and adaptability are likely due to the intrinsic drought tolerance mechanisms of sclerophyllous plants and the seasonality of the Mediterranean climate, which provides a regenerative rainy season to offset the stresses of the dry summer period.

Scientifically, these results highlight the importance of seasonal and interannual analyses in assessing the health of Mediterranean-type ecosystems. The capacity of these systems to recover, despite fluctuations, indicates the robustness of their vegetation and the critical need for their conservation, given their role in supporting biodiversity and sequestering carbon in a climate subject to increasing variability and change.

4.2. Temperate Broadleaf & Mixed Forests Biome (Bio2)

The Temperate Broadleaf & Mixed Forests biome (Bio2) exhibits NDVI values indicative of the seasonal dynamics and vegetative health inherent in this ecologically diverse biome. Throughout the ten-year study, the spring and summer seasons consistently exhibited higher NDVI values than the fall, indicating robust growth during the warmer months. This biome, composed of a mix of deciduous and evergreen trees, exhibits higher variability in NDVI during the spring, reflecting the sensitive response of deciduous trees to the onset of the growing season. This is evidenced by the notable decline in spring NDVI from 2016 to 2017, suggesting a possible delay in the onset of spring growth or a response to atypical climatic events during this period. However, this decline was followed by a significant rebound in spring 2018. NDVI peaked at 0.4, indicating an exceptional growing season, likely due to favorable weather conditions that increased photosynthetic activity and overall forest health. While spring NDVI has shown a slight decreasing trend over the past decade, summer and fall NDVI have increased. These contrasting seasonal trends may reflect the different growth and senescence cycles of the biome's mixed vegetation. The vigorous spring growth of deciduous trees may be more susceptible to annual climate variability. At the same time, the sustained photosynthetic activity of evergreens contributes to increased NDVI values in summer and stability in fall. The overall 'growing season' NDVI trend shows a slight increase, suggesting an overall improvement in the vegetative vigor of the biome. This could indicate a biome experiencing positive changes, such as an extended growing season or successful forest management practices that improve growing conditions.

In addition, the spring NDVI values in this biome are very similar to those observed in the Temperate Grasslands, Savannas & Shrublands biome, possibly due to similar climatic conditions affecting the onset of growth in these biomes. The summer data also show similar characteristics to the first biome, further emphasizing the interrelated nature of these ecosystems. In summary, NDVI trends within the Temperate Broadleaf & Mixed Forests biome over the study period illustrate the sensitivity and subsequent resilience of the vegetation of this biome. The data reflect a capacity for recovery and adaptation, underscoring the importance of understanding the temporal and spatial patterns of NDVI values to inform conservation and management strategies for these temperate forest ecosystems.

4.3. Temperate Grasslands, Savannas & Shrublands Biome (Bio3)

The Temperate Grasslands, Savannas & Shrublands biome (Bio3) inherently differs from the other biomes regarding vegetation structure and response to climatic conditions. Over the ten years, Bio3 was characterized by significantly lower NDVI values, characteristic of the biome's open landscapes and grass-dominated vegetation, less dense than the tree-dominated biomes. A notable observation from the decade-long NDVI data is the significant increase trend during springs. This trend contrasts with the other biomes and likely reflects the rapid vegetative growth typical of grassland regions after winter dormancy. Favorable spring conditions, including increased moisture and light, stimulate the growth of grasses and forbs, resulting in higher NDVI values. There is also a tendency for a minor increase in the fall, possibly due to the biome's grasses and forbs taking advantage of the cooler yet still growth-supporting conditions often found in the transition period before winter. This increase is less pronounced than in the spring but suggests that fall remains a productive season for the biome's vegetation. Conversely, the summer seasons show a decreasing trend in NDVI, contrary to observations in the other biomes. This decrease could be attributed to the typical stressors affecting grasslands in summer, such as heat waves and drought conditions, which can reduce vegetative vigor and cover. This decline during the summers has affected the overall growing season trend, contributing to a downward trajectory over the ten years.

The fluctuating NDVI values in the spring and summer seasons indicate the high interannual sensitivity of the biome, while the fall season shows more stability. This pattern may be due to the inherent adaptability of grassland vegetation to changing conditions and biome management, including grazing and land use practices, which can significantly affect vegetation cover from year to year. In 2018, the biome reached its highest spring NDVI value of 0.306, reflecting a year of peak productivity across all biomes. This peak may indicate optimal conditions that year, favoring vegetative growth across different ecosystem types. The NDVI data for Bio3 over this period highlight the importance of understanding grassland ecosystems' unique responses and adaptations. The observed trends and peaks, particularly in 2018, underscore the need for adaptive management to ensure the conservation and resilience of these biomes, which are critical for biodiversity, soil stabilization, and their role in the carbon cycle under the stressors of climate change.

4.4. Temperate Coniferous Forests Biome (Bio4)

The Temperate Coniferous Forests biome (Bio4) is characterized by the highest average NDVI values within the nine-month growing season period each year, except for the winter months. This persistent NDVI performance is primarily attributed to the biome's composition of coniferous trees, which retain their needles throughout the year, maintaining a constant level of photosynthetic activity even in the absence of winter foliage. In the spring season, Bio4 has slightly lower NDVI values than the Mediterranean Forests, Woodlands & Scrub biome, which experience more active photosynthesis during regrowth and renewal. Outside of spring, however, Temperate Coniferous Forests have shown an upward trend in NDVI over the past decade throughout the other seasons. This trend has contributed to a significant increase in the overall growing season, indicating the stable and robust nature of the vegetation in this biome throughout the year.

The continuity of high NDVI values reflects the adaptation of conifers to the temperate biome's climate, where they remain evergreen and functionally active, in contrast to deciduous trees that undergo seasonal leaf loss. The notable exceptions to this stable trend occurred in the spring of 2017 and the summer of 2021, where a decrease in NDVI values was observed. These anomalies may be related to specific climatic events or disturbances that temporarily affect the photosynthetic efficiency of the forest canopy. While season by season Bio4 shows similar trends to other biomes, it has a distinctive overall character. It maintains high NDVI values, indicating its resilience and ecological stability. The increase in NDVI values over the years suggests that the Temperate Coniferous Forests may be experiencing favorable climatic conditions or that management practices within these forests effectively maintain and improve forest health.

The sustained photosynthetic capacity of temperate coniferous forests throughout the year is critical for carbon sequestration and habitat stability. The data from this study highlight the importance of these forests in maintaining biodiversity and providing ecosystem services. The observed upward trend in NDVI underscores the resilience of these forests in the face of environmental change and the need for continued monitoring and adaptation of management practices to conserve these critical ecosystems in Türkiye.

4.5. Utilization of GEE for NDVI Analysis

The use of GEE in this study underscored its critical role in facilitating comprehensive NDVI analysis. GEE's extensive libraries, especially satellite image libraries, were instrumental in streamlining the data acquisition and manipulation process, allowing for an efficient examination of vegetation indices across Türkiye's diverse biomes. With GEE's robust computational capabilities hosted on Google's servers, the study benefited from the rapid processing of large datasets. This feature is particularly advantageous for monitoring large areas such as Türkiye. In addition, GEE's user-friendly interface and scripting environment have enabled the customization of analyses to meet specific research needs, with the flexibility to adapt and reuse code with minimal modifications. This adaptability ensures that the methods developed in this study are not only reproducible but can be easily adapted by other researchers for further NDVI investigations. GEE has thus contributed to the advancement of remote sensing research, providing a powerful tool for environmental monitoring and contributing to a collaborative scientific community.

5. Conclusion

This study has provided an in-depth analysis of NDVI trends in four different biomes in Türkiye from 2014 to 2023, providing valuable insights into changes in vegetative health and productivity over time. By carefully examining the seasonal NDVI values, it has been shown that each biome; Mediterranean Forests, Woodlands & Scrub; Temperate Broadleaf & Mixed Forests; Temperate Grasslands, Savannas & Shrublands; and Temperate Coniferous Forests shows unique vegetative responses to climatic variations and disturbances. The resilience of the Mediterranean Forests, Woodlands & Scrub biome to drought, the steady vegetative growth of the Temperate Broadleaf & Mixed Forests, the dynamic seasonal changes of the Temperate Grasslands, Savannas & Shrublands, and the consistent photosynthetic activity of the Temperate Coniferous Forests highlight the complex interplay between climate, vegetative cover, and ecosystem health.

Using GEE was instrumental in achieving the study's goals, demonstrating its effectiveness in processing and analyzing large amounts of remotely sensed data. GEE's extensive libraries and computational power facili-

tated a streamlined approach to NDVI analysis across Türkiye's vast and varied landscapes. This study highlights the utility of GEE in environmental monitoring. It sets a precedent for its application in large-scale vegetation studies, providing a reproducible and adaptable methodology for future research efforts.

Looking forward, the results of this study underscore the need for continued and improved monitoring of vegetation trends to inform conservation and management strategies in the face of global environmental change. It highlights the potential for further integrating remote sensing data with ground-based observations to refine our understanding of ecosystem dynamics. Future studies could extend this work by incorporating additional biophysical parameters, exploring the effects of climatic anomalies, and applying predictive models to anticipate changes in vegetation health and productivity. Such holistic approaches are essential for the sustainable management of natural resources and conservation of biodiversity, in line with global initiatives such as the European Green Deal to address the pressing challenges of climate change and environmental degradation.

Conflict of Interest

The author(s) declare that they have received no funds and there is no conflict of interest.

References

- Akman, Y., & Ketenoglu, O. (1987). *Vejetasyon ekolojisi*. Ankara Üniversitesi Yayinlari, Ankara-Türkiye.
- Aksoy, N., Tuğ, N. G., & Eminağaoğlu, Ö. (2014). *Türkiye'nin vejetasyon yapısı*. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıkları 1.
- Aktürk, E. (2023). Monitoring forest canopy cover change with ICESat-2 Data in fire-prone areas: A case study in Antalya, Türkiye. *Annals of Forest Research*, 66(2), 87-99. <https://doi.org/10.15287/afr.2023.2987>
- Akturk, E., Popescu, S. C., & Malambo, L. (2023). ICESat-2 for canopy cover estimation at large-scale on a cloud-based platform. *Sensors*, 23(7), 3394. <https://doi.org/10.3390/s23073394>
- Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S. A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S. M., ... & Brisco, B. (2020). Google earth engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 5326-5350. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.3021052>
- Andersson, F. A. (2005). *Coniferous forests* (Vol. 6). Elsevier.
- Atangana, A., Khasa, D., Chang, S., Degrande, A., Atangana, A., Khasa, D., ... & Degrande, A. (2014). Tropical biomes: Their classification, description and importance. *Tropical agroforestry*, 3-22. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7723-1_1
- Bao, G., Bao, Y., Sanjjava, A., Qin, Z., Zhou, Y., & Xu, G. (2015). NDVI-indicated long-term vegetation dynamics in Mongolia and their response to climate change at biome scale. *International Journal of Climatology*, 35(14), 4293-4306. <https://doi.org/10.1002/joc.4286>
- Beck, P. S., Atzberger, C., Høgda, K. A., Johansen, B., & Skidmore, A. K. (2006). Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI. *Remote sensing of Environment*, 100(3), 321-334. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.10.021>
- Cao, M., & Woodward, F. I. (1998). Dynamic responses of terrestrial ecosystem carbon cycling to global climate change. *Nature*, 393(6682), 249-252. <https://doi.org/10.1038/30460>
- Chu, H., Venevsky, S., Wu, C., & Wang, M. (2019). NDVI-based vegetation dynamics and its response to climate changes at Amur-Heilongjiang River Basin from 1982 to 2015. *Science of the Total Environment*, 650, 2051-2062. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.115>
- Clements, F. E., & Shelford, V. E. (1939). *Bio-ecology*. Chapman and Hall.
- Cody, M.L. (1986). *Diversity, rarity, and conservation in Mediterranean climate regions*. Conservation biology: the science of scarcity, diversity, pp. 123-152.

- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N. D., Wikramanayake, E., ... & Saleem, M. (2017). An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *BioScience*, 67(6), 534-545. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014>
- Eastman, J. R., Sangermano, F., Machado, E. A., Rogan, J., & Anyamba, A. (2013). Global trends in seasonality of normalized difference vegetation index (NDVI), 1982–2011. *Remote Sensing*, 5(10), 4799-4818. <https://doi.org/10.3390/rs5104799>
- Eisfelder, C., Asam, S., Hirner, A., Reiners, P., Holzwarth, S., Bachmann, M., ... & Kuenzer, C. (2023). Seasonal Vegetation Trends for Europe over 30 Years from a Novel Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) Time-Series—The TIMELINE NDVI Product. *Remote Sensing*, 15(14), 3616. <https://doi.org/10.3390/rs15143616>
- Evrendilek, F., & Gulbeyaz, O. (2008). Deriving vegetation dynamics of natural terrestrial ecosystems from MODIS NDVI/EVI data over Turkey. *Sensors*, 8(9), 5270-5302. <https://doi.org/10.3390/s8095270>
- Filgueiras, R., Mantovani, E. C., Althoff, D., Fernandes Filho, E. I., & Cunha, F. F. D. (2019). Crop NDVI monitoring based on sentinel 1. *Remote Sensing*, 11(12), 1441. <https://doi.org/10.3390/rs11121441>
- Funk, C., & Budde, M. E. (2009). Phenologically-tuned MODIS NDVI-based production anomaly estimates for Zimbabwe. *Remote Sensing of Environment*, 113(1), 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.08.015>
- Gemici, Y., Seçmen, Ö., Ekim, T., & Leblebici, E. (1992). Türkiye'de Endemizm Ve İzmir Yöresinin Bazı Endemikleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 6(1).
- Guha, S., & Govil, H. (2021). Seasonal variability of LST-NDVI correlation on different land use/land cover using Landsat satellite sensor: a case study of Raipur City, India. *Environment, Development and Sustainability*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01811-4>
- Hmimina, G., Dufrêne, E., Pontailier, J. Y., Delpierre, N., Aubinet, M., Caquet, B., ... & Soudani, K. (2013). Evaluation of the potential of MODIS satellite data to predict vegetation phenology in different biomes: An investigation using ground-based NDVI measurements. *Remote sensing of environment*, 132, 145-158. <https://doi.org/10.3390/rs5104799>
- Hunter, J., Franklin, S., Luxton, S., & Loidi, J. (2021). Terrestrial biomes: a conceptual review. *Vegetation Classification and Survey*, 2, 73-85. <https://doi.org/10.3897/VCS/2021/61463>
- Karlsen, S. R., Stendardi, L., Tømmervik, H., Nilsen, L., Arntzen, I., & Cooper, E. J. (2021). Time-series of cloud-free sentinel-2 ndvi data used in mapping the onset of growth of central spitsbergen, svalbard. *Remote Sensing*, 13(15), 3031. <https://doi.org/10.3390/rs13153031>
- Kouadio, L., Newlands, N. K., Davidson, A., Zhang, Y., & Chipanshi, A. (2014). Assessing the performance of MODIS NDVI and EVI for seasonal crop yield forecasting at the ecodistrict scale. *Remote Sensing*, 6(10), 10193-10214. <https://doi.org/10.3390/rs61010193>
- McLeod, A. I. (2005). Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test. *R package Kendall*, 602, 1-10.
- Meneses-Tovar, C. L. (2011). NDVI as indicator of degradation. *Unasylva*, 62(238), 39-46.
- Muller, R. N. (2003). Deciduous Forest Ecosystems. The herbaceous layer in forests of eastern North America, 15.
- Pacifici, F., Longbotham, N., & Emery, W. J. (2014). The importance of physical quantities for the analysis of multitemporal and multiangular optical very high spatial resolution images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52(10), 6241-6256.
- Pan, N., Feng, X., Fu, B., Wang, S., Ji, F., & Pan, S. (2018). Increasing global vegetation browning hidden in overall vegetation greening: Insights from time-varying trends. *Remote Sensing of Environment*, 214, 59-72. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.05.018>
- Panuju, D. R., & Trisasongko, B. H. (2012). Seasonal pattern of vegetative cover from NDVI time-series. *Tropical Forests*, 255.

- Paruelo, J. M., Jobbágy, E. G., Sala, O. E., Lauenroth, W. K., & Burke, I. C. (1998). Functional and structural convergence of temperate grassland and shrubland ecosystems. *Ecological Applications*, 8(1), 194-206. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0194:FASCOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0194:FASCOT]2.0.CO;2)
- Qiu, S., Zhu, Z., Olofsson, P., Woodcock, C. E., & Jin, S. (2023). Evaluation of Landsat image compositing algorithms. *Remote Sensing of Environment*, 285, 113375.
- Soudani, K., Hmimina, G., Delpierre, N., Pontailier, J. Y., Aubinet, M., Bonal, D., ... & Dufrêne, E. (2012). Ground-based Network of NDVI measurements for tracking temporal dynamics of canopy structure and vegetation phenology in different biomes. *Remote sensing of environment*, 123, 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.03.012>
- Tilman, D., & Downing, J. A. (1994). Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*, 367(6461), 363-365. <https://doi.org/10.1038/367363a0>
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- URL-1 (2010). WWF. Mediterranean Forests, Woodlands and Scrub Ecoregions. Can be accessed at: https://web.archive.org/web/20110401124536/http://wwf.panda.org/about_our_earth/ecoregions/about/habitat_types/selecting_terrestrial_ecoregions/habitat12.cfm
- URL-2 (2010). WWF. Temperate Broadleaf and Mixed Forest Ecoregions. Can be accessed at: https://web.archive.org/web/20110401124425/http://wwf.panda.org/about_our_earth/ecoregions/about/habitat_types/selecting_terrestrial_ecoregions/habitat04.cfm
- URL-3 (2010). WWF. Temperate Grasslands, Savannas, and Shrubland Ecoregions. Can be accessed at: https://web.archive.org/web/20110401124312/http://wwf.panda.org/about_our_earth/ecoregions/about/habitat_types/selecting_terrestrial_ecoregions/habitat08.cfm
- URL-4 (2010). WWF. Temperate Coniferous Forest Ecoregions. Can be accessed at: https://web.archive.org/web/20110102145156/http://wwf.panda.org/about_our_earth/ecoregions/about/habitat_types/selecting_terrestrial_ecoregions/habitat05.cfm.
- URL-5 (2015). FAO. The Global Administrative Unit Layers (GAUL) 2015. Can be accessed at: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/DataLicenseGAUL2015.pdf>
- Woodward, S. L. (2008). *Introduction to biomes*. Bloomsbury Publishing USA.

Prioritization of Forest Resources for Sustainable Management of Iyiocha Stream Forest Reserve, Delta State, Nigeria

Kesiena Tina Ogeh^{1,*}, Saka Oladunni Jimoh²

^{1,*} Department of Forestry and Wildlife, Delta State University, Abraka, Nigeria
² Department of Social and Environmental Forestry, University of Ibadan, Nigeria

Article History

Received: 25.04.2024

Accepted: 20.07.2024

Published: 15.08.2024

Research Article



Abstract – In this study, forest resources were prioritized based on forest stakeholders' ranking. Four forest-adjointing settlements were selected using stratified random sampling: Illah and Ugbolu within three kilometer radius; Akwukwu and Aniwalo within six kilometer radius of Iyiocha Stream Forest Reserve (ISFR) boundary. Based on interest of stakeholders, four respondent groups were purposively selected: Timber harvesters, Taungya farmers, Non-Timber Forest Products (NTFPs) harvesters and Staffs of the Department of Conservation and Department of Forestry, Delta State Ministry of Environment. Four sets of structured questionnaire were administered on 165 respondents using sampling proportionate to size. Field inventory was done in 116 plots of 25m×25m in the plantations using stratified random sampling and 20 plots of 50m×50m in the natural forest using systematic sampling. Twenty-seven tree species and 22 NTFPs were identified. Forest resources were prioritized; and timber and 9 NTFPs were picked with final assigned mean values: timber in plantations and natural forest ($X1±1.00$), taungya fam land ($X2±1.24$), fuel-wood ($X3±1.52$), *Morinda lucida* bark ($X4±1.54$), *Tetrapleura tetraptera* fruits ($X5±2.03$), *Treulia africana* fruits ($X6±2.53$), *Napoleona vogelii* stems ($X7±3.02$), *Olax subscorpioidea* stems ($X8±3.52$), *Nauclea latifolia* roots ($X9±4.01$) and *Morinda morindoides* stems ($X10±4.51$). Prioritization has helped to identify the forest resources important to the forest-adjointing settlements.

Keywords – Forest, resources, multiple-use, management, sustainability

Iyiocha Çayı Orman Rezervinin Sürdürülebilir Yönetimi için Orman Kaynaklarının Önceliklendirilmesi, Delta Eyaleti, Nijerya

^{1,*}Ormançılık ve Yaban Hayatı Bölümü, Delta Devlet Üniversitesi, Abraka, Nijerya
² Sosyal ve Çevresel Ormançılık Bölümü, İbadan Üniversitesi, Nijerya

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 25.04.2024


Kabul: 20.07.2024


Yayım: 15.08.2024

Araştırma Makalesi

Öz – Bu çalışmada orman kaynakları, orman paydaşlarının sıralamasına göre önceliklendirilmiştir. Iyiocha Çayı Orman Koruma Alanı (ISFR) sınırının üç kilometre yarıçapındaki Illah ve Ugbolu ile altı kilometre yarıçapındaki Akwukwu ve Aniwalo olmak üzere ormana bitişik dört yerleşim yeri Tabakalı rastgele örnekleme kullanılarak seçilmiştir. Paydaşların ilgisine dayanarak, dört katılımcı grup bilinçli olarak seçilmiştir: Kereste hasatçıları, Taungya çiftçileri, Kereste Dışı Orman Ürünleri (NTFP'ler) hasatçıları ve Delta Eyalet Çevre Bakanlığı Koruma Dairesi ve Orman Dairesi Personeli. Büyüklükle orantılı örnekleme kullanılarak 165 katılımcıya dört set yapılandırılmış anket uygulanmıştır. Saha envanteri, tabakalı rastgele örnekleme kullanılarak plantasyonlarda 25m×25m'lik 116 parselde ve sistematik örnekleme kullanılarak doğal ormanda 50m×50m'lik 20 parselde yapılmıştır. Yirmi yedi ağaç türü ve 22 NTFP tespit edilmiştir. Daha sonra orman kaynakları önceliklendirilerek kereste ve 9 Kereste Dışı Orman Ürünü nihai olarak atanan ortalama değerlerle seçilmiştir: plantasyonlarda ve doğal ormanlarda kereste ($X1±1.00$), taungya sistemi ($X2±1.24$), yakacak odun ($X3±1.52$), *Morinda lucida* kabuğu ($X4±1.54$), *Tetrapleura tetraptera* meyveleri ($X5±2.03$), *Treulia africana* meyveleri ($X6±2.53$), *Napoleona vogelii* sapları ($X7±3.02$), *Olax subscorpioidea* sapları ($X8±3.52$), *Nauclea latifolia* kökleri ($X9±4.01$) ve *Morinda morindoides* sapları ($X10±4.51$). Önceliklendirme, ormana bitişik yerleşimler için önemli olan orman kaynaklarının belirlenmesine yardımcı olmuştur.

Anahtar Kelimeler – Orman, kaynaklar, çoklu kullanım, yönetim, sürdürülebilirlik

¹  ktina.ogeh@delsu.edu.ng

²  jimohsaka@yahoo.com

* Corresponding Author / Sorumlu Yazar

1. Introduction

Forests are vital resources which are able to naturally renew themselves; and do not only produce wood raw materials (Gungor and Ayaz, 2020). They also produce non-wood materials and protective services which are useful to public health and are of greater significance in terms of intensive forestry approach which aims to supply the needs of the contemporary society. Forests across the world offer diverse products such as healthy foods, high in micronutrients and fibre, refined sugar and fat (Arnold *et al.*, 2011). These forest products are often culturally valued, integral to local food systems and food sovereignty, and help households fill seasonal and other cyclical food gaps; and act as a 'safety net' or 'buffer' in times of shortages due to drought or crop failure. These forest products are also used as medicine in treating different diseases. They also serve as a means of livelihood and generate income (Ekhuemelo *et al.*, 2016).

The effective methods to sustain forests, while also providing a broad range of ecosystem goods and services, have been the subject of debate for decades (Keeton, 2007). One of these methods is prioritization which helps to place importance on forest goods based on forest stakeholders' opinion for good management of forests. The rural forest dwellers play significant role in forest resource use and forest change in structure and dynamics (Sherbinin *et al.*, 2008). Usually, the public have varied opinions on how and why forests ought, or ought not to be administered and used (Meldrum *et al.*, 2013). With prioritization, such varied opinions would be synchronized to make suitable and worldwide decisions. Generally, approaches to prioritization show people's value and judgement of the existing options; and thereby ease-up choice and decision making.

Prioritization involves the ranking of things by their value (Tee *et al.*, 2014). Prioritization is imperative to forest economists and managers in making decision and in picking amid the scarced available forest goods which are often open to so several other uses. With prioritization, it is easy to decide the option of opportunities to pursue, problems to resolve and results to execute; and in making objective decisions in managing forest sustainably (Gosenheimer *et al.*, 2012). With prioritization, it is easy to decide the forest trees and other forest resources (FRs) which are important to the public so as to reduce the clearing of forest land for other uses such as raising of plantations of agricultural crops and urbanization. If the needs of the people are met through good management of the forest, they will be interested in conserving the forests. Mikkonen *et al.* (2023), used spatial conservation prioritization (SCP) process to discover forest areas not protected that host valuable forest biodiversity in Finland. Gungor and Ayaz (2020), used prioritization method precisely analytical hierarchy process (AHP) to select the best trees species to plant in agroforestry plantations in Bartın region. Popoola and Galaudu (2000), also applied prioritization to find and pick native species to be included in agroforestry systems in the semi-arid region of Nigeria. The final tree species were picked in relation to local peoples' perception to manage the forest sustainably. Though Popoola and Galaudu (2000) study, was carried out about twenty four years ago, prioritization of FRs in respect to peoples' perception is still very useful if sustainable management of forests and FRs in Nigeria is to be achieved.

Some rural communities in which forests and forest reserves are situated easily give in to the idea of converting forest land to other uses because most times they feel the forests and its resources do not yield much benefits and development to them. Through prioritization the needs of the people can be unveiled thereby incorporating them into forest management plan. It is imperative to make sure that natural resources are produced sustainably, which are the fundamental parts of sustainable life (Sen *et al.*, 2019). The welfare of populace in a nation is neglected if foresters failed in managing forest sustainably. Needs changes with time, it is proper to review the needs of the people that were included in the gazette of ISFR in 1969. Prioritization will guide in this decision making and in sustainably managing ISFR. With these, four forest-adjointing settlements around ISFR were surveyed and a field inventory of timber and NTFPs was conducted. Tree species and NTFPs of ISFR were identified. Timber and nine NTFPs which of importance to the forest-adjointing

settlements were identified with prioritization for the sustainable management and efficient use of the FRs of Iyiocha Stream Forest Reserve, Delta State, Nigeria.

2. Materials and Methods

2.1. Study Area

Iyiocha Stream Forest Reserve is located in Delta State, Nigeria. Its geographic coordinates are between Latitudes 6°15' and 6°38'North and Longitudes 6°29' and 6°44'East. Iyiocha Stream Forest Reserve was gazetted in 1969 by the then Military Governor of the Mid-Western State of Nigeria under Sub-section (1) of Section 12 of the Forestry Law (Cap. 38). The total size of ISFR is 875.416ha (8.754km²); 131.399ha is natural forest, 36.017ha is for taungya farming and 708ha plantations of teak (*Tectona grandis*) and Gmelina (*Gmelina arborea*). ISFR is a rain forest zone with some areas of swamp vegetation; with a yearly rainfall between 1,500mm-1,847.3mm. The rainfall occurs twice in a year between June/July and September/October, with an average temperature of 33°C.

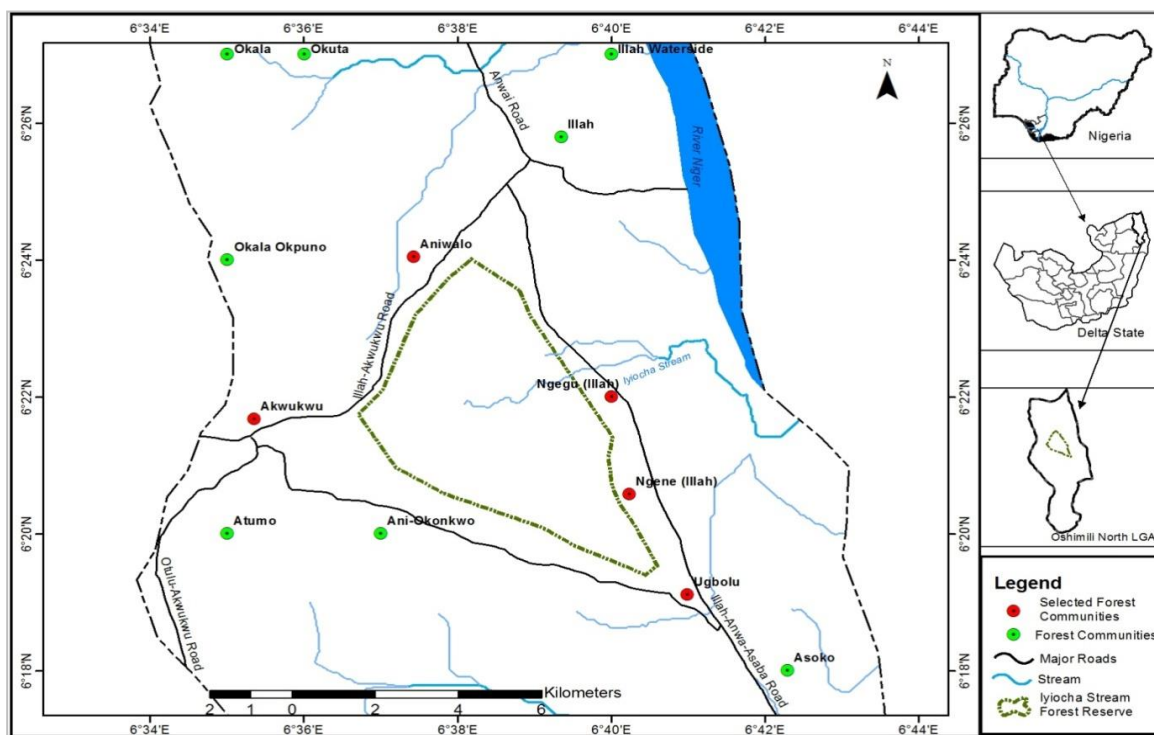


Figure 1. Map of Oshimili North Local Government Area showing ISFR and the forest-adjoint settlements

2.2. Data Collection and Analysis

Data were obtained through questionnaire survey, interview schedule and focus group discussions in the selected forest-adjoint settlements and field inventory was also done. The forest-adjoint settlements were stratified into two: those living within three- kilometer radius of ISFR boundary; and those living within three to six kilometer radius of ISFR boundary. Two settlements were selected at random from the two strata. Illah and Ugbolu settlements picked within the three kilometer radius while Akwukwu and Aniwalo settlements picked within the three to six kilometer radius. Four respondent groups: Timber Harvesters, Taungya farmers, NTFPs harvesters and Staffs of the Department of Conservation and Department of Forestry in Delta State Ministry of Environment were purposively selected based on their stakes in the management of ISFR and utilization of ISFR resources.

Sampling proportionate to size was used to administer questionnaire on 165 respondents: timber harvesters (5), taungya farmers (60), NTFPs harvesters (95) and staffs of the Department of Conservation and Department of Forestry in Delta State Ministry of Environment (5); 158 copies of questionnaire were valid.

Stratified random sampling technique was applied to lay 116 temporary sample plots (TSPs) in the forest plantations comprising of 19 age series (Table 1). In each of the age series, line transects of 300m with a distance of 100m between transects were laid. Sample plots of 25m×25m (625m²) were demarcated along each transect at 100m interval. Sampling by proportion was applied to allocate the plots across the 19 age series for the four species of trees (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Khaya ivorensis* and *Terminalia ivorensis*). A stand with larger area had more plots. One plot each was sampled in the plantations of *Khaya ivorensis* and *Terminalia ivorensis* due to the small sizes of the stands (0.4ha each).

Table 1

Distribution of Sample Plots (0.0625ha) in the Plantations

Tree Species	Age	Stand Area (ha)	Total No. of Plots	No. of Sample Plots
<i>Tectona grandis</i>	32	20	320	3
	31	10	160	2
	30	10	160	2
	29	20	320	3
	28	20	320	3
	27	20	320	3
	26	20	320	3
	25	20	320	3
	24	20	320	3
	23	20	320	3
	22	20	320	3
	21	20	320	3
	20	28	448	4
19	40	640	6	
Sub-Total			4,608	44
<i>Gmelina arborea</i>	32	10	160	2
	31	10	160	2
	50	400	6,400	66
Sub-Total			6,720	70
<i>Khaya ivorensis</i>	35	0.4	1	1
Sub-Total			1	1
<i>Terminalia ivorensis</i>	35	0.4	1	1
Sub-Total			1	1
Total			11,330	116

A systematic line plot inventory was adopted in laying temporary sample plots (TSPs) for the natural forest. Five transects of 600m long were placed at a distance of 300m apart. Four sample plots of 50m×50m were demarcated in alternating position at space of 150m along each transect with the aid of a measuring tape. Twenty plots were sampled, with a total area of 50,000m² (5 hectares).

A sampling intensity of 2.5, 5 and 10 percent was employed for harvesters of FRs depending on their population following Diaw *et al.* (2002), which recommends that a sample of 2.5 percent be employed to survey a respondent group whose population is more than 1000, while 5 percent may be employed to survey a population of 500 to 1000, and a sample of 10 percent be employed to survey those whose population is less than 500 people. With the above recommendation, 10% sampling intensity was employed for timber harvesters and Staffs of the Department of Conservation and Department of Forestry while 2.5% sampling intensity was employed for NTFPs harvesters. For taungya farmers; 100% sampling intensity was used. For the field inventory, one percent sampling intensity was employed for the plantations while four percent sampling intensity was used for the natural forest following Klauberg *et al.* (2016).

Data were collected on ISFR resources and the FRs that are important to the forest-adjoining settlements following preference.

The timber and NTFPs were prioritized following Adeola *et al.* (1994), method of prioritization. Though, this method was first used 30 years ago, being the only localized method of prioritization that have been used over the years in Nigeria; it is still very useful in prioritization of Nigeria FRs based on peoples' perception. It is also still relevant in revealing the FRs that are important to the people which should be incorporated into forest management plan thereby managing forests sustainably.

With the method, the amount of times a particular forest resource is mentioned (a) was computed to obtain its mentioned value (b). Average ranking (c) of one forest resource was solved as the summation of its assigned ranking by each respondent over respondents' number. The rank value (d) was solved by tabulating and ordering of the individual resource position. Assigned value was obtained by addition of mentioned value and the rank value and the result was divided by 2. Thereafter, the FRs which are important to the forest stakeholders were selected in ascending order from the first to the tenth.

$$\text{Final Assigned Mean Value (e)} = \frac{b+d}{2} \quad (1)$$

Where,

b = Mentioned value

d = Rank Value

3. Results and Discussions

3.1 Tree Species Identified

Tree species (both indigenous and exotic species) were identified in plantations and natural forest in ISFR (Table 2). The ISFR tree species are utilized by the forest-adjoining settlements in different ways. Eighty-one percent of the trees are used in timber production, building and construction, boat- building, medicine, pulp and paper production while 19% are used as staple food and medicine.

Identification of the tree species in ISFR agrees with Ihenyen *et al.* (2009), that identified and evaluated the composition of trees of Ehor Forest Reserve in Edo State, southern Nigeria. Trees are important forest resource of any forest as revealed in this study and this necessitates their identification. Trees play a vital role in climate change mitigation, water cycle maintenance and purifying of water (Ekhuemelo *et al.*, 2016).

From the field inventory, *Tectona grandis* (teak) has the highest frequency (625 per hectare) while *Treculia africana* (African breadfruit) has the least frequency (1 stand was identified in ISFR). Though, the exotic tree species (*Tectona grandis* L.F and *Gmelina arborea* Roxb) are more in ISFR, they are not sustainably managed and utilized. The high frequency of *Tectona grandis* might be because of the high viability of their seeds as noticed during the field inventory. The exotic tree species especially *Tectona grandis* (teak) has a fast growth rate with more of them in plantations than the indigenous tree species. The plantations of the indigenous tree species (*Terminalia ivorensis* A. Chev and *Khaya ivorensis* A. Chev) are degraded. These indigenous tree species plantations were degraded due to poor management resulting from lack of timber harvesting control. According to Lafrankie *et al.* (2006), tropical rainforests are vulnerable to deforestation and degradation. There is a vast increase in anthropogenic activities, excessive logging and over exploitation of FRs due to population growth in Nigeria. Adekunle *et al.* (2010), observed that a total of 111,377 timber stems, belonging to 62 diverse indigenous hardwood species of tropical rainforest ecosystem, distributed among 16 families, were harvested from Ondo State forest ecosystem between 2003 and 2005.

Table 2
Tree Species

S/No	Botanical Names	Family Names	Common Names	Urhobo/Edo Names	Yoruba Names	Igbo Names	Hausa Names
1	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill & Peir) Benth	Fabaceae	Albizia	Uwowe (E)	Ayinre-langara	Ngwe	Ayinre
2	<i>Alstonia boonei</i> De Wild	Apocynaceae	Stool wood	Ukhu (E)	Ahun/awun	Egbu/Akpe	Gududal
3	<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch	Moraceae	Antioris	Ogiou (E)	Akiro (Ikale)	Aji/Oji anwu	Akufodewa
4	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	Meliaceae	Neem			Akomsirop	Dogonyaro
5	<i>Bixa orellana</i> Linn	Bixaceae	Lipstick tree	Omigia-bor/Ikpododo (E)	Aje/Agbon	Uhie	Kwakwar
6	<i>Bombax buonopozense</i> P. Beauv	Bombacaceae	Cotton tree	Obokha (E)	Eso	Ndu kumu (Awawa)	Gurjiyaa
7	<i>Ceiba pentandra</i> (Linn) Gaertn	Bombacaceae	Kapok tree	Okhu (E)	Aragasa	Akpu-ogwu	Rimi
8	<i>Cola Millenii</i> K. Schum	Malvaceae	Monkey cola	Ewoha-bitan (E)	Obi edun	Achi okokoro	N.A.
9	<i>Couroupita guianensis</i> Aubl	Lecythidaceae	Cannonball tree		Asunje	Akpulla	Kade/Kadanya
10	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq	Palmea	African oil palm	Orien edi (U)	Eyin	Ako	Dayyadii
11	<i>Ficus capensis</i> Thunb	Moraceae	Cape fig	Opoto (E)	Abo odan	Opoto	Shiwaka
12	<i>Gmelina arborea</i> Roxb	Verbenaceae	Gmelina				
13	<i>Hallea ledermannii</i> (K. Krause) Verde	Rubiaceae	Poplar		Abura	Uburu	
14	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev	Meliaceae	African mahogany	Ogwan-go/Okpen (E)	Oganwo	Eyi/Utu-eyi	Madachi
15	<i>Magnifera indica</i> Linn	Anacardiaceae	Mango	Imágoro (U)	Mangoro	Mongoro	Mangwaro
16	<i>Mansonia altissima</i> Chev. A	Sterculiaceae	Masonia		Otutu	Amunututu	
17	<i>Morinda lucida</i> Benth	Rubiaceae	Brimstone tree	Ikpamaku (U)/Ebgghedore (E)	Oruwo/eruwu	Eze-ogu/Njisi	Alillibar raafii
18	<i>Nauclea diderichii</i> (De Wild & Thonn. Dur) Merrill	Rubiaceae	Opepe	Urherekor (U)	Opepe	Ubulu	Tafaashiyaa
19	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	Myristicaceae	Wild nutmeg	Ab-oro (U)	Akujaadi	Akwa-mmiri	Kurmii
20	<i>Ricinus communis</i> L	Euphobiaceae	Castor bean	Era-ogi (E)	Ewe-laa	Ogiri Ogba	Dan kwasare
21	<i>Saba comorensis</i> (Bojer ex DC) Pichon	Apocynaceae	Rubber vine			Oto	Eciwo/Orombo-ososo
22	<i>Tectona grandis</i> L.F	Lamiaceae	Teak				
23	<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schum & Thonn) Taub	Fabaceae	Aridan fruit	Ufuo-oyibo (U)/Ighimiakia (E)	Aidan/Aridan	Oshogisha	Dawo/Taub
24	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev	Combretaceae	Black afara	Unronron (U)/egboen-nebi (E)	Afara-dudu	Awunshin-oji	
25	<i>Treculia africana</i> Decne. ex Trecul	Moraceae	African breadfruit	Osokporode (U)/Ize (E)	Afon	Ukwa	Fisa
26	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum	Sterculiaceae	Obeche	Ewowo (U), Obeke (E)	Aifo (Owo)	Ehu /Ebenebe	
27	<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild) Waterm	Rutaceae	African satinwood	Alufio (U)	Orin ata	Uko	

Sources of local names:

Vernacular names of some Nigerian plants: Edo/Urhobo Version (Ugbogu *et al.*, 2012)

Vernacular names of some Nigerian plants (Yoruba) (Gbile, 2002)

Vernacular names of some Nigerian plants: Igbo Version (Onyeachuisim *et al.*, 2012)

Hausa names for plants and trees (Blench and Dendo, 2007)

3.2 Non-timber Forest Products (NTFPs) Identified and their Local Uses

The NTFPs and their different parts are used for various purposes (Table 3). About 32% of the NTFPs are used for food, 4.5% are used as fuel and spice in cooking and medicine; and as broom, water and food wrapper respectively. While 22.7% are utilized for medicine, 13.6% of the NTFPs are used as both food and medicine and 9.1% are utilized as meat.

Table 3
NTFPs and their Local Uses

S/No.	NTFPs	Uses	Parts Used
1	<i>Bambusa vulgaris</i> Linn (Bamboo)	Food	Young shoots
2	Bee products (honey, wax, propolis)	Food, medicine	Jelly, wax, propolis
3	<i>Cola millenii</i> (Monkey cola)	Food	Fruits
4	<i>Elaeis guineensis</i> fruits (Palm fruits)	Food	Fruit/kernel
5	Fish	Food	Tissue
6	Fuel wood	Fuel for cooking	Stem and branches
7	<i>Gmelina arborea</i>	Medicine	Leaves
8	<i>Magnifera indica</i> (Mango fruits)	Food	Fruit
9	<i>Morinda lucida</i>	Medicine	Bark
10	<i>Morinda morindoides</i>	Medicine	Stem and leaves
11	<i>Napoleona vogelii</i>	Medicine, food	Stem and leaves, fruits
12	<i>Nauclea latifolia</i>	Medicine	Root
13	<i>Olox subscorpioidea</i>	Broom	Stem
14	Snails	Meat	Tissue
15	Taungya farm produce (cassava, yam, coco-yam, sweet potatoes, rice, maize, soya beans)	Food	Tubers, grains, seeds
16	<i>Tectona grandis</i>	Food wrapper	Leaves
17	<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Spice for cooking, medicine	Fruit
18	<i>Treulia africana</i>	Food	Fruit
19	Water	Water	Water
20	Waterleaf (<i>Talinum triangulare</i> (Jacq) Wild)	Food, medicine	Leaves
21	Wild games (antelopes, grass cutter, squirrels etc)	Meat	Carcass
22	<i>Zanthoxylum gillettii</i>	Medicine	Root

The use of timber alongside NTFPs has grown and according to Chikamai *et al.* (2009), forests provide timber and NTFPs which consist of very valuable materials, substance and/or commodities that are of great importance to forest-adjointing settlements. The identification of NTFPs in this study supports the finding of Amusa and Jimoh (2012), which identified a total of 75 NTFPs distributed in 43 families in Omo Forest Reserve (OFR) South-West, Nigeria with an area of about 130,500 hectares. Also, the end uses of the NTFPs discovered in their study has similar uses with the ones identified in this study. Ogeh *et al.* (2016), also revealed in their work that the forest is used for both timber and other resources such as gathering of fuel wood, harvesting of medicinal plants and fish farming.

Treulia africana (African breadfruit) ranked sixth in this study; and it is used as staple food. The seeds are removed from the pods, peeled and ground to make a local staple food called *Ukwa* in the Eastern part of Nigeria and in *Asaba* Areas of Delta State. Using the seeds of *Treulia africana* as staple food could pose a threat to its sustainable management since the seeds serve as organ of regeneration. It is therefore necessary to control the harvesting of the pods so as to preserve the seeds for planting and explore vegetative propagation.

Olox subscorpioidea stems are harvested and fastened together to form broom which is used locally, in sweeping. Artificial regeneration of *Olox subscorpioidea* should be encouraged to ensure its sustainability.

The identified nine medicinal plants in this study are used for treating different illnesses. *Morinda lucida* bark when boiled is utilized for the treatment of malaria fever and typhoid fever. *Napoleona vogelii* stem and leaves are utilized for the treatment of peptic ulcer, diarrhoea, fever and as an antibiotic. The *Nauclea latifo-*

lia root when soaked in water or alcohol is used for the treatment of high fever, gonorrhoea, stomach ache and infertility in both male and female. Harvesting the root of *Nauclea latifolia* as medicine will reduce its availability. The leaf *Nauclea latifolia* could be used as alternative to the root to increase the availability of *Nauclea latifolia*. *Morinda morindoides* stem and leaves is boiled and used for the treatment of fever and cholera.

The *Tetrapleura tetraptera* fruits are utilized as spice in cooking; and in treating convulsion, hypertension, diabetes, arthritic pains, rheumatoid pains, gastrointestinal disorders, asthma, fibroid, prevention and treatment of heart diseases, used to inhibit the growth of bacteria, as a contraceptive and post-partum care in new mothers immediately they put to bed to encourage post-partum contraction. *Tetrapleura tetraptera* fruit is of importance to the forest-adjointing settlements and its usage in treating different ailments could reduce its availability. Planting of Ten hectares of *Tetrapleura tetraptera* is necessary to boost its availability. *Talinum triangulare* leaf is used as vegetable; and in treating hepatic ailments; in regulating blood sugar level in *diabetes mellitus*, regulates cholesterol level, prevent cancer and stroke. *Gmelina arborea* leave is used for the treatment of headache, cough and gonorrhoea. *Zanthoxylum gillettii* is found in the natural forest and the root is used in the treatment of cough, cold and pneumonia. Using *Zanthoxylum gillettii* root as medicine could also pose risk to the tree.

3.3 Prioritized Forest Resources

Timber and nine NTFPs were selected after prioritization (Table 4). For each forest resource, the number of times it was mentioned by the respondents was taken. Timber harvesting was assigned the first priority as the major forest resource and management activity of ISFR. The prioritized forest resources were arranged based on their corresponding final assigned mean values. As mentioned earlier, these FRs were prioritized to give insight of the FRs that are important to the people and that should be included in the forest management plan of any particular forest.

Timber (in plantations and natural forest) was ranked first, being the major management activity of ISFR, implies that trees are of great importance such as in managing erosion, purification of water and biodiversity maintenance in ISFR and the forest-adjointing settlements; and in production of wood products such as sawn wood. Taungya farm land for taungya farming which involves trees planting with agricultural crops was next in ranking to timber. It could be advantageous in managing of ISFR sustainably in the sense that the taungya farmers could be engaged to plant more trees and raise plantations of *Terminalia ivorensis* and *Khaya ivorensis* which are native to ISFR, alongside their food crops. Though, taungya farming could also create threat to some FRs which taungya farmers may perceive not to be important.

Fuel wood harvesting was ranked third, which is a main supply of cooking energy used by the people. The demand for fuel wood and its use as a major source of domestic energy around ISFR, if not monitored and controlled, might lead to indiscriminate felling of trees for fuel wood; thereby posing threat to managing the forest reserve sustainably. *Morinda lucida* bark was ranked fourth; followed by other prioritized forest resources. According to Gosenheimer *et al.* (2012), the concept of prioritization facilitates the idea of objectives to follow and opportunities to follow. Hence, the future mangement plan for the forest reserve may be implemented with regards to the prioritized forest resources.

Ogeh and Jimoh (2023) went further and estimated the quantity demanded of the above prioritized forest resources and the quantity available in ISFR and thereafter, developed a goal programming-input-output model to know if the available forest resources could meet the demand and later provide information on the quantity that those managing ISFR can produce to meet the peoples' needs in a sustainable manner.

Table 4
Forest Resources in Order of Priority

Ranked Values	Forest Resources	Priority Ranking	Average Values	Standard Deviation	Final Assigned Mean Values
1	Timber in Plantations and natural forest	X ₁	1.000	1.3985	48.0000
2	Taungya farm land	X ₂	0.3636	1.0445	31.0000
3	Fuel-wood	X ₃	0.3333	0.8933	29.0000
4	<i>Morinda lucida</i> bark	X ₄	0.0424	0.1719	5.5000
5	<i>Tetrapleura tetraptera</i> fruit	X ₅	0.0303	0.1000	5.0000
6	<i>Treculia africana</i> (African breadfruit)	X ₆	0.0303	0.0560	5.5000
7	<i>Napoleona vogelii</i> stem	X ₇	0.0182	0.2602	5.0000
8	<i>Olax subscorpioidea</i> stem	X ₈	0.0182	0.3012	5.5000
9	<i>Nauclea latifolia</i> root	X ₉	0.0121	0.4619	5.5000
10	<i>Morinda morindoides</i> stem	X ₁₀	0.0121	0.4943	6.0000

4. Conclusion and Recommendation

Timber and NTFPs of ISFR were identified and prioritized based on forest stakeholders' ranking and ten important FRs of ISFR were selected. The identification of ISFR resources and their prioritization will help in decision making concerning managing ISFR sustainably. The utilization of the diverse forest resources in diverse ways by the forest-adjointing settlements could also enhance the sustainable management of ISFR; through involvement of the forest-adjointing settlements and other forest stakeholders in protecting and conserving ISFR and its forest resources. This study also supports sustainable consumption and production of forest resources in ISFR which is in line with the sustainable development goal 12 with the aim to ensure sustainable consumption and production patterns of forest resources.

For Iyiocha Stream Forest Reserve to be sustainably managed, it is recommended that the prioritized forest resources be given attention and included in the management plan of Iyiocha Stream Forest Reserve.

Acknowledgements

We sincerely appreciate the four forest-adjointing settlements' leaders, the chiefs and the people around ISFR for providing a conducive environment to conduct the field study. We also appreciate Mr David Ikegbuna for his assistance throughout the field study. We are also very grateful to the Staffs of the Department of Conservation and Department of Forestry of Delta State Ministry of Environment for providing us with information and for their assistance during the field study.

Author Contributions

Kesiena Tina OGEH: conceptualization, visualization, writing - original draft, methodology, funding, field survey, software, formal analysis, writing - review and editing.

Saka Oladunni JIMOH: supervision, provision of writing materials, writing - review and editing.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the data reported in this paper.

References

- Adekunle, V. A. J., Olagoke, A.O. and Ogundare, L.F. (2010). Rate of timber production in a tropical rainforest ecosystem of southwest Nigeria and its implications on sustainable forest management. *Journal of Forestry Research* 21:225-230.
- Adeola, A.O. Aiyelaagbe, I.O.O. Ladipo, .D.O. and Popoola. L. (1994). Survey of multipurpose tree species for prioritization in the humid lowland of Nigeria. Report to ICRAF, February, 1994. 11pp
- Amusa, T.O and Jimoh, S.O. (2012). Determining the local importance of non-timber forest products using two different prioritization techniques. *International Journal of Agriculture and Forestry* 2(1): 84-92
- Arnold, M., Powell, B., Shanley, P and Sunderland, T.C.H. (2011). Forests, biodiversity and food security. *International Forestry Review* 13. (3) 1-3.
- Blench, R. and Dendo, M. (2007). Hausa names for plants and trees. 77pp.
- Chikamai, B. Tchatat, M. Julius, C. T. and Ndoye, O. (2009). Forest management for non-wood forest products and services in Sub-Saharan Africa. *Discovery Innovation*. 21.(1) 50-59.
- Diaw, K., Blay, D. and Adu-Anning, C. (2002). Socio-economic survey of forest communities, Krokusua Hills Forest reserve. A report submitted to the forestry commission of Ghana. 86pp.
- Ekhuemelo D.O., Amonum, J.I and Usman, I.A. (2016). Importance of forest and trees in sustaining water supply and rainfall. Published by Association for the Promotion of Education, Health and Technology Research. 273-280
- Gbile, Z.O. (2002). Vernacular names of some Nigerian plants (Yoruba). Forestry Research Institute of Nigeria, Ibadan. 124 pp.
- Gosenheimer, C., Rust, B., and Thayer-Hart, N. (2012). Project prioritization-a structured approach to working on what matters most. University of Wisconsin, Wisconsin, USA, Scientific Report, 3(6).
- Gungor, E and Ayaz, S. (2020). Prioritization of criteria and tree species in agroforestry *Journal of Bartın Faculty of Forestry* 22 (1): 185-198, DOI: 10.24011/barofd.601289
- Ihenyen, J., Okoegwale, E.E. and Mensah, J.K. (2009). Composition of Tree Species in Ehor Forest Reserve, Edo State, Nigeria *Nature and Science* 7.(8): 8-18
- Keeton, W.S. (2007). Role of managed forestlands and models for sustainable forest management: perspectives from North America. University of Vermont, Rubenstein School of Environment and Natural Resources, In *The George Wright Forum*, 24.(3) 38-53.
- Klauberg, C., Vidal, E., Alberto, C.S., Bentes, M.M., and Hudak, A.T. (2016). Sampling methods for titica vine (*Heteropsis* spp.) inventory in a tropical forest. *Annals of Forest Science* (2016) 73:757–764.
- Lafrankie, J.V., Ashton, P.S., Chuyong, G.B., Co, L., Condit, R., Davies, S.J., Foster, R.S., Hubbell, P., Kenfack, D., Lagunzad, D., Losos, E. C., Nor, N. S. M., Tan, S., Meldrum, J.R., Champ, P.A. and Bond, C.A. (2013). Heterogeneous nonmarket benefits of managing white pine bluster rust in high-elevation pine forests. *Journal of Forest Economics* 9:61-77pp. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfe.2012.10.001>.
- Mikkonen, N., Leikola, N., Lehtomäki, J., Halme, P. and Moilanen, A. (2023). National high-resolution conservation prioritisation of boreal forests. *Forest Ecology and Management* 541:13pp. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121079>
- Ogeh, K.T and Jimoh, S.O (2023). Goal programming- input- output model for Iyiocha Stream Forest Reserve, Delta State, Nigeria. *Innovations* 73: 309-323
- Ogeh, K.T., Jimoh, S.O. and Ajewole, O.I. (2016). Utilization of mangrove forest resources for human livelihoods in Uzere, Delta State, Nigeria. 38th Annual Conference of Forestry Association Of Nigeria (Fan 121-128
- Onyeachuism, H.O., Ugbogu. O.A. and Ariwaodo, J.O. (2012). Vernacular names of some Nigerian plants: Igbo Version. Forestry Research Institute of Nigeria, Ibadan. 90pp.
- Popoola, L. and Galaudu, M.S (2000). Prioritization of indigenous spice species for agroforestry in the Semi-arid Zone of Nigeria. *the Bio-prospecter* 2:103-116
- Sen, G., Celik, M. Y. and Ulusoy, T. (2019). A new financing model for carbon emission reduction projects: The Use of Carbon Emission Reduction Purchase Agreements (ERPA) in the Private Pension System. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 34(2): 111-120. DOI: 10.28955/alinterizbd.664754.

- Sherbinin, A. D.E., Vanwey L.K., Mcsweeney K., Aggarwal R., Barbieri A. Henry, S., Hunter, L.M., Twine W. and Walker R. (2008). Rural household demographics, livelihoods and the environment. *Global Environmental Change* 18: 38–53.
- Tee, N.T., Orsar, J.T and Bugh, J.A. (2014). Prioritization and cost and returns analyses of selected non-timber forest products in Yobe State, Nigeria. *Journal of development and Agricultural Economics*. 6.(12): 481-489.
- Thomas, D.W., Valencia, R. and Villa. G. (2006). Contrasting structure and composition of the understory in species-rich tropical rainforests. *Ecology* 87: 2298-2305.
- Ugbogu, O.A., Soladoye, M.O., Baiyewu, R.A. and Ibhanebhor G.A. (2012). Vernacular names of some Nigerian plants: Edo/Urhobo Version. *Forestry Research Institute of Nigeria, Ibadan*. 141pp.

Alansal Değişimin Susurluk Havzası Kocaçay Deltası Sulak Alanı'nda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi

Üzeyir Özasan¹, Esin Erdoğan Yüksel^{2,*}

¹Doğa Koruma ve Milli Parklar, 8. Bölge Müdürlüğü, Nevşehir Şube Müdürlüğü, Nevşehir, Türkiye

^{2,*}Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 03.06.2024

Kabul: 20.07.2024

Yayın: 15.08.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Sulak alanlar, doğal veya yapay yollarla oluşabilen, hidrolojik bakımdan karmaşık yapıdaki özgün ekosistemlerdir. Hem karasal hem de suluk ekosistemlerin özelliklerini barındıran bu yapıları, sulak alanların kesin ve net olarak tanımlanmasını zorlaştırmaktadır. Kocaçay Deltası Sulak Alanı, bulunduğu konum ve longozormanlarına ev sahipliği yapması bakımından toprak yapısı ile doğal kaynaklar açısından oldukça elverişli bir yapıya sahiptir. Bu nedenle yıllar içinde geçirdiği değişimin izlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, uydu görüntüleri ve amenajman planı verilerinden faydalanarak Kocaçay Deltası Sulak Alanı ve çevresine ilişkin alansal değişimler incelenmiştir. 2003-2017-2022 yıllarına ait Landsat 4-5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS uydu görüntüleri üzerinde kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş; bunun yanı sıra 2003 ve 2017 amenajman planlarına ait veriler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 19 yılda (2003-2022) meydana gelen değişimin ziraat alanlarında %65.7 ve orman alanlarında %5.7 oranında azalma; açıklık alanlarda %56.2 ve su alanlarında %11.0 oranında artma yönünde eğilim gösterdiği tespit edilmiştir. Amenajman planlarına göre ise 14 yılda (2003-2017) meydana gelen değişimin ziraat alanlarında %7.1, orman alanlarında %9.1 ve su alanlarında %0.7 azalma; açıklık alanlarda %13.6 artma şeklinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca 2003-2017 yılları arasındaki amenajman planı verilerinde su yüzey alanlarının %0.72 oranında değiştiği ancak uydu görüntülerinde su yüzey alanlarının plan alanlarına göre %62 daha fazla olduğu görülmektedir. Uydu görüntülerinin Mayıs ayında çekilmiş olması, alan içerisinde bulunan su basar ormanlarında kış aylarında meydana gelen yağışın fazlalığı ve yeterli buharlaşmanın olmaması bu durumun sebepleri olarak gösterilebilir. Çalışma alanına ait ortaya çıkan sonuçların benzer alanlarda yapılacak çalışmalara ışık tutması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler – Arazi kullanım değişimi, uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri, Kocaçay Deltası, sulak alan

Determination of Land Change in the Susurluk Basin Kocaçay Delta Wetland Using Remote Sensing and Geographic Information Systems

¹Nature Conservation and National Parks, 8th Regional Directorate, Nevşehir Branch Office, Nevşehir, Türkiye

^{2,*}Bursa Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Bursa, Türkiye

Article History

Received: 03.06.2024

Accepted: 20.07.2024


Published: 15.08.2024

Research Article

Abstract – Wetlands are unique ecosystems with a hydrologically complex structure that can be formed naturally or artificially. These structures, which contain the characteristics of both terrestrial and aquatic ecosystems, make it difficult to define wetlands precisely and clearly. Kocaçay Delta Wetland has a very favourable structure in terms of soil structure and natural resources due to its location and being host for floodplain forests. For this reason, it is important to monitor its changes undergone over the years. In this study, spatial changes in the Kocaçay Delta Wetland and its surroundings were examined by using satellite images and management plan data. Controlled classification was carried out on Landsat 4-5 TM and Landsat 8 OLI-TIRS satellite images of 2003-2017-2022; in addition, data from 2003 and 2017 management plans were examined. According to the results, the change in 19 years (2003-2022) was a 65.7% decrease in agricultural areas and a 5.7% decrease in forest areas; while it was determined that there was an increase of 56.2% in open areas and 11.0% in water bodies. According to management plans, the change in 14 years (2003-2017) was a 7.1% decrease in agricultural areas, a 9.1% decrease in forest areas and a 0.7% decrease in water areas; and it was found that there was an increase of 13.6% in open areas. In addition, in the management plan data between 2003 and 2017, it was seen that the water surface areas changed by 0.72%, on the other hand in the satellite images, the water surface areas were 62% more than the plan areas. The fact that the satellite images were taken in May, the excess precipitation in the flooded forests in the area during the winter months and the lack of sufficient evaporation can be shown as the reasons for this situation. It is expected that the results obtained from the study area will shed light on future studies in similar areas.

Keywords – Land use change, remote sensing, geographic information systems, Kocaçay Delta, wetland

¹  uzeyirozaslan@gmail.com

²  esin.yuksel@btu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Dünya üzerinde bulunan ilk organizmaların ortaya çıkışından uygarlıkların gelişimine kadar bütün canlıların yaşaması için gerekli olan su, dünyanın en önemli doğal kaynaklarından birisidir. Kişisel kullanım, tarımsal sulama ve enerji üretimi gibi birçok alanda kullanılan su, dünyanın yaklaşık olarak 4/3'ünü ve insan vücudunun ise 3/2'sini oluşturmaktadır. İnsanlık tarihinde, ilk insan yerleşimlerinde bulunan yaşama dair izlerin dere, nehir ve göller gibi su kaynaklarının çevresinde yoğunlaştığı görülmüş ve dünya nüfusunun çoğunluğu hayatlarının bir bölümünde sulak alanları çeşitli amaçlarla kullanmışlardır (Beklioğlu, 2007).

Sulak alanlar, tropikal ormanlardan sonra dünyanın en zengin biyolojik çeşitliliğine sahip üretim açısından kapsamı geniş olan ekosistem parçalarıdır. Bu bölgeler hem yerel halk açısından hem de ülkenin tamamına hizmet etmesi açısından önemli bir konumdadır. Sulak alanlar birçok tür için beslenme, barınma ve üreme imkânı sağlar ve sadece buldukları konum itibarıyla değil tüm dünyada doğal zenginlik olarak kabul edilmektedir (Ridd ve Liu, 1998).

Halen milyonlarca insanın sulak alanlar etrafında yaşaması ve sunduğu fırsatları tarım, hayvancılık ve balıkçılık gibi faaliyetler için kullanması durumunda yaşamlarını sürdürebileceği açıkça görülmektedir. Sulak alanların, genetik bilgi verme açısından önemli rezervuarlardan birisi olduğu kabul edilmekte, dünyadaki mevcut türlerin %40'ına ve tüm yaşayan hayvan türlerinin de %12'sine ev sahipliği yaptığı bilinmektedir. Sulak alanlar, yerel iklimde bulunan biyolojik çeşitliliğin yararlı etkilerine ek olarak, erozyon ve tortu kontrolü yoluyla toprak korumasını da desteklemektedir. Aynı zamanda yeraltı suyu temini, taşkın kontrolü, kıyı kesimlerin korunması, fırtına ve rüzgâra karşı felaketlerin önlenmesi, besinlerin depolanması, değişen iklim şartlarının korunması ve suyun arıtılması gibi birçok önemli işleve sahiptir. Sulak alanlar yer altı suyunu dengeler, nitrojen ve fosforu doygun hale getirir, suyun içine karışan kimyasal suları filtreler. Mevcut iklim koşulları göz önüne alındığında da nemi artırarak yağışın olumlu yönde artmasına katkıda bulunmaktadır. Dünyada bulunan karbon stoğunun %40'ını depolayan, turbalıkları ve orman alanlarını barındıran sulak alanlar karbon döngüsü açısından da önemli bir konuma sahiptir (Karadeniz, 1995; WWF Türkiye, 2008; Yağmur, 2018).

Ancak bu önemli ekosistem parçaları yakın zamana kadar önemi anlaşılmayan ve hastalığa neden olan bölgeler olarak tanımlanmakta, bazı yerlerde bataklık olması nedeniyle sağlığa olumsuz etki ettiği düşünülmekteydi. Sulak alanların tarım alanlarına dönüştürülmesi, toprakta bulunan organik madde miktarının azalmasına ve atmosfer çevresine hapsedilmiş karbonun tutulmasına neden olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2005 yılında paylaşmış olduğu "Ekosistem Değerlendirme Raporu"nda, küresel iklim değişikliğinin olumlu yönde düzelmesi açısından sulak alanlarının önemli olduğunu belirtmektedir (MEA, 2005). CO₂ gazı emisyonları küresel ısınmayı etkileyen temel faktörlerden birisidir ve sulak alanların yerleşim yeri ve tarım arazisi gibi alanlara dönüştürülmesi yüksek miktarlarda karbondioksitin artması anlamına gelmektedir. Karbonun tutulması açısından dünya yüzeyinde büyük alanlara ve öneme sahip sulak alanların çeşitli faktörler sebebiyle tahribi karbondioksit, metan ve nitröz oksit gibi, aşırı ısınma sonucunda ekolojik dengeyi bozan üç büyük gazın açığa çıkmasına sebep olmaktadır (Moomaw et al., 2016).

Nüfus artışı sonucunda artan tarım arazileri, talepten doğan sanayileşme ve kentleşme ile suya olan talep her geçen gün çoğalmakta bu da her türlü su kaynağının bilinçsizce tüketilmesini hızlandırmaktadır. Bu nedenle nitel ve nicel açıdan yok olma tehdidi ile karşı karşıya kalan sulak alanların yönetim planlarının düzenlenmesi ve hazırlanması önem arz etmektedir. Alanlar ile ilgili kapsam genişletildiğinde ulusal ve yerel sulak alanların belirlenmesi için doğru bilgilere sahip olunması önemlidir. Sulak alanların izlenmesi, değerlendirilmesi ve envanterinin ortaya konulması etkili yönetiminin temel bileşenleridir ve yönetime ait kararları desteklemek için önemli bilgiler sağlamaktadır (Dugan, 1990). Sulak alanların ekolojik fonksiyonlarının korunarak planlanması, yönetilmesi ve takibinin düzenli olarak yapılması için oluşturulan envanterler önem arz etmekte fakat bu verilerin sulak alanlar için çoğu zaman yetersiz, eksik ve tutarsız olduğu ifade edilmektedir (Finlayson

et al., 1999). Bu bağlamda sulak alanların geliştirilmesi ve korunması açısından araştırmalar ve sulak alanlara ait stratejiler geliştirilmeye başlanmıştır.

Mevcut fonksiyonları ve değerleri yeterince bilinmediğinden yıllar boyunca önemli tahribatlara maruz kalmış sulak alan ekosistemlerinin yıllar içinde bilimsel araştırmalara konu olması ve uluslararası ölçekte önem kazanması bu alanların kesin ve net olarak tanımlanması ihtiyacını doğurmuştur. Bu amaçlar doğrultusunda sulak alanlar için bilimsel, yasal, ekonomik ve kurumsal bakış açılarıyla çeşitli tanımlar yapılmıştır (Cowardin et al., 1979). Sulak alanlar, doğal veya yapay yollarla oluşabilen, hidrolojik bakımından karmaşık yapıdaki özgün ekosistemlerdir. Hem karasal hem de sucul ekosistemlerin özelliklerini barındıran bu karmaşık yapıları, sulak alanların kesin ve net olarak tanımlanmasını zorlaştırmaktadır.

Sulak alanlar 1971 yılında Ramsar Sözleşmesince geliştirilen, en kapsayıcı ve uluslararası düzeyde kabul görmüş olan tanımına göre “Doğal veya yapay, devamlı veya geçici, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gelgit hareketlerinin çekilme devresinde altı metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan, başta su kuşları olmak üzere canlıların yaşama ortamı olarak önem taşıyan bütün sular, bataklık, sazlık ve turbiyeler ile bu alanların kıyı kenar çizgisinden itibaren kara tarafına doğru ekolojik açıdan sulak alan kalan yerler” şeklinde tanımlanmıştır (URL-1). Sulak alanlar ile ilgili sözleşmelerden birisi olan Ramsar Sözleşmesi, Türkiye’nin de içinde bulunduğu 169 adet ülkenin imzasının bulunduğu, sulak alanların korunması, kaynakların azalmasını önlenmesi ve akılcı kullanım açısından ulusal ve uluslararası işbirliği sağlayan bir anlaşmadır (URL-1). Ramsar sözleşmesi uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri gibi uygulamalar ile teknolojinin sulak alan çalışmalarına dâhil edilmesini desteklemekte ve envanterde ortaya çıkan boşlukları doldurabilmek adına geliştirilmesini desteklemektedir (Lowry, 2006; Davidson ve Finlayson, 2007, Rosenqvist et al., 2007). Ayrıca “Ramsar Yönetmeliği” sulak alanlara ait yönetim planlarının hazırlanmasındaki ve takibinin yapılmasındaki aşamaları da belirtmektedir.

Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemiz, yükselti farklılıkları sonucu oluşan iklim çeşitliliğinin yanı sıra Avrupa-Asya-Afrika kıtaları arasındaki geçiş güzergâhında yer alışı nedeniyle, sahip olduğu sulak alanlar bakımından Orta Doğu ve Avrupa’nın en önemli ülkelerinden biri konumundadır. Türkiye’de 14’ü Ramsar, 59’u ulusal öneme, 49’u ise mahalli öneme sahip statüde toplam alanı 1.123.602 ha olan 122 adet tescilli sulak alan bulunmaktadır (Anonim, 2024).

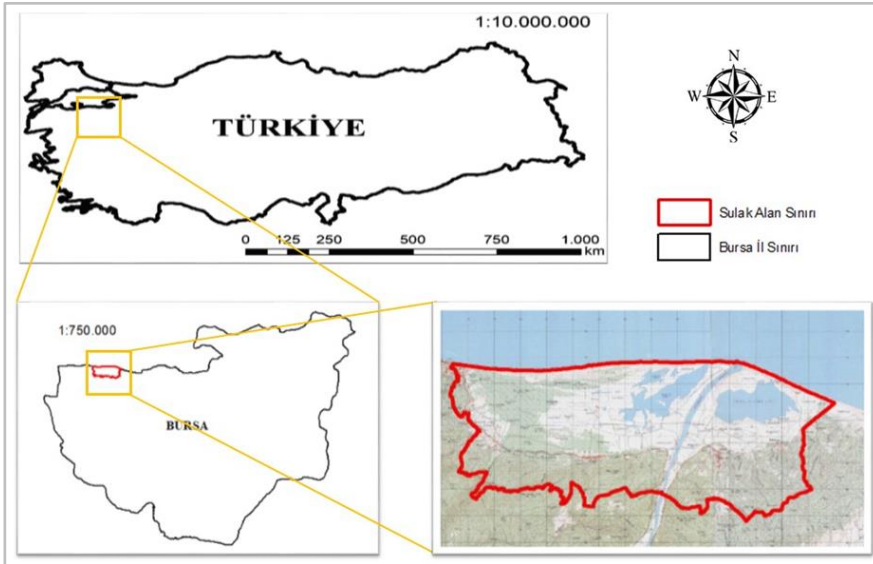
Sulak alanlar su kalitesini artırma ve su depolamanın yanı sıra çeşitli canlılar için yumurtlama alanı ve karbondioksit yutağı olma gibi sahip olduğu birçok özellikten dolayı dünya ölçeğinde öneme sahip ve bu bakımdan da izlenmesi önem arz eden öncelikli alanlardır (Verhoeven et al., 2006). Bu amaç için ise uzaktan algılama yöntem ve verileri etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Sulak alanların ve çevrelerinin ayrıntılı bir şekilde incelenebilmesi, gelişen teknoloji ile birlikte uydu verilerinin çözünürlüğündeki kalitenin artışı sonucu daha etkin şekilde yapılabilmektedir. Antropojenik etkilerin yanı sıra iklimdeki değişimlerle birlikte daha da hassas hale gelen sulak alanlar ve göller gibi doğal su ekosistemleri (Sönmez ve Somuncu, 2016; Chang et al., 2017) ile gölet ve baraj gibi yapay su ekosistemlerindeki değişimi uzun zaman aralıklarında hızlı ve doğru şekilde izleyebilmek ve haritalandırmak için Uzaktan Algılama ve CBS tekniklerine sıklıkla başvurulmaktadır (Bao ve Zhang, 2011; Yurteri ve Kurttaş, 2021).

Bu çalışma kapsamında Susurluk Havzası’nda yer alan Kocaçay Deltası Sulak Alanı’nda yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri (Landsat Thematic Mapper 4-5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS) ve amenajman planı verileri (2003-2017) dikkate alınarak alansal değişimler incelenmiş ve değişimin sebeplerinin tartışılması amaçlanmıştır. Araştırmaya konu olan Kocaçay Deltası 13.08.2018 tarihinde 17.025 ha alanıyla “Ulusal Öneme Haiz Sulak Alan” kategorisinde tescillenmiştir. Marmara Denizi’nin güney kıyısında yer alan delta ülkemizin ulusal ve uluslararası ölçekte öneme sahip longoz ormanı ekosistemini de kapsamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Kocaçay Deltası Sulak Alanı

Çalışma alanı Şekil 1’de gösterildiği gibi coğrafi bakımdan Marmara Bölgesi’nde, Bursa ili Karacabey ve Mudanya ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Karadere ve Uluabat Dereleri ile Nilüfer Çayı birleşerek Kocaçay’ı oluşturmaktadır ve sulak alanın tamamı 17.025 ha’dır. Deltanın 10.476 ha’ı (%61,5) Karacabey, 610 ha’ı (%3,6) Mudanya ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Kalan 5.939 ha (%34,9) alan ise deniz içerisinde kalmaktadır. Sulak Alan tescil sınırları içinde; 9.424 ha hazine, 6.113 ha orman, 41 ha mera ve 1.447 ha şahıs arazisi bulunmaktadır. Hazine arazileri içerisinde orman, mera, sazlık, bataklık, kıyı alanları ile Dalyan ve Arapçiftliği Gölü yer almaktadır. Özel şahıs arazilerini ise zeytinlik, sulu ve kuru tarım alanları ile yerleşim yerleri oluşturmaktadır. Kocaçay Deltası batı yarısında Dalyan ve Poyraz Gölleri 194 ha alanı, sazlıklar 600 ha alanı, subasar (longoz) ormanları 730 ha alanı kapsamakta; doğu yarısında ise 391 ha alanda Arapçiftliği Gölü ile yanı sıra kumullar, tarım alanları, sazlıklar ve geniş çamur ovaları bulunmaktadır (Yaman, 2008; Anonim, 2019). Çalışmada incelenen sulak alan büyüklüğü ise yaklaşık 7000 ha civarındadır. Tescillenmiş sulak alan ile çalışmaya konu olan alan arasındaki farklılık; yönetim planında dâhil edilen doğu ve batı uçlardaki doğal yapıdan uzaklaşmış yerleşim yeri hüviyetindeki alanlar ile deniz bandının çalışma alanımıza dâhil edilmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Delta 21 km’ye kadar uzanan bir kıyı şeridinde sahiptir. Kocaçay adını verdiği delta üzerinde kanaldan akarak deltayı iki ana parçaya bölmektedir. Delta sahip olduğu kumul alanlar nedeniyle turistik faaliyetler ve turizm amaçlı kullanılırken, sulak çayır ve subasar ormanlarda mera, göl ve tepeler arasında kalan kısımlarda tarımsal faaliyetler sürdürülmektedir. Ayrıca balıkçılık, orman ürünlerinden faydalanma ve arıcılık faaliyetlerinin de yürütüldüğü önemli bir konuma sahiptir (Kazancı vd., 1999; Anonim, 2019). Çalışma alanında yer alan Karacabey Subasar Ormanı Türkiye’nin en önemli subasar ormanlarından biridir (Akay vd., 2017). Bursa Koruma Bölge Kurulu’nun 25.12.2004 tarih ve 326 sayılı kararı ile 1. Derece Doğal Sit Alanı ilan edilen Kocaçay Deltası aynı zamanda 13.08.2018 tarihinde “Ulusal Öneme Haiz Sulak Alan” olarak tescil ve ilan edilmiştir (URL-2).

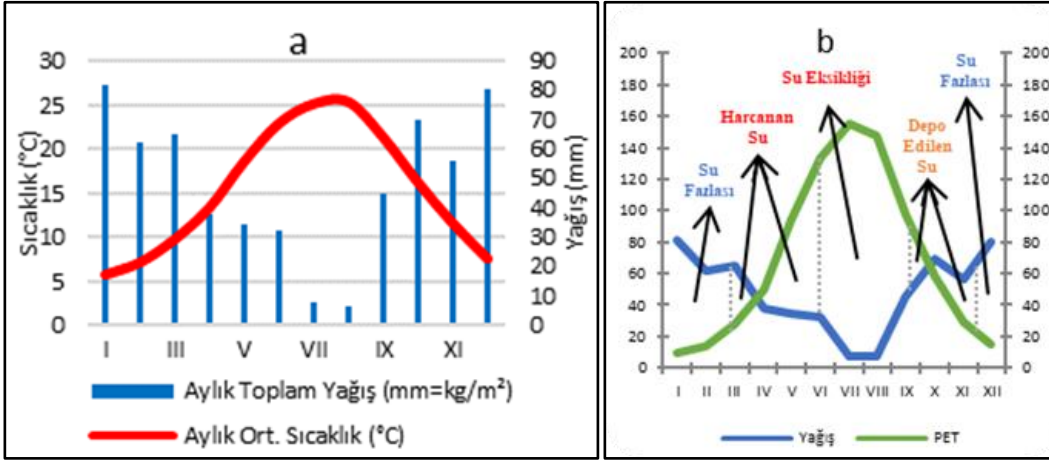


Şekil 1. Kocaçay Deltası Sulak Alanı coğrafi konumu

Sakarya Kıtası veya Zonu olarak adlandırılan kuşakta yer alan bölgede Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda uzanan birbiriyle tektonik ilişkili, Üst Paleozoyik ve Triyas yaştaki birimler temel kayalar olarak yüzeylenmektedir. Devon yaşlı Kalabak grubu olarak bilinen kireçtaşı ve volkano sedimanter kayaların başkalaşımına uğraması sonucunda meydana gelmiş olan metamorfik kayaların jeolojik yapısının temelini oluşturmaktadır. Deltanın büyük bir kısmında şist tanımlamaları olan Torasan Formasyonu

yüzeyleyirken, kalan kısım ise kıyı şeridinde gözlemlenen çakıl, kum, silt ve çamurdan oluşan Kuvaterner alüvyonlar ile temsil edilir.

Bunların yanı sıra Anadolu'da etkili olan kratonik hareketler blok halinde yükselme ve alçalmalar meydana getirmiş; sularla işgal edilen çöküntü sahalarının bir kısmı Uluabat, İznik gibi tektonik gölleri oluştururken; alüvyonlar ile dolması sonucunda ise Karacabey gibi tektonik bir ova oluşmuştur. Kocaçay Deltası depresyon alanı Karadere, Susurluk ve Nilüfer Çaylarının getirdiği alüvyonlar ile dolu durumdadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve ark., 1989; İncedayı, 2015). Kocasu deltasının akarsu boşalımı olan aktif kesimi hariç, diğer kıyı kuşağı 2–2.5 metre genişlikte, ince-orta kumdan oluşan plaja sahiptir (Saçın, 2010).



Şekil 2. Karacabey İlçesi iklim (a) ve su bilançosu (b) diyagramı (Erdoğan Yüksel ve Karan, 2024)

İklim bakımından karmaşık bir yapı gösteren Bursa İli kuzey kesiminde Akdeniz ikliminin Marmara kıyılarına özgü tipi etkili olurken, güney ve iç kesimlerinde İç batı Anadolu'nun karasal iklimi görülür. Bursa için yıllık yağış toplamı 617.1 mm, yıllık ortalama sıcaklık 14.1 °C ve yıllık buharlaşma 1031.1 mm'dir. Kocaçay Deltası sınırlarının da içerisinde yer aldığı Karacabey ilçesine ait 2000-2021 yılı (22 yıllık) istasyon verilerine göre ise Şekil 2.a'da görüldüğü gibi yıllık ortalama yağış miktarı toplamı 579.1 mm'dir. Yıllık ortalama yağış miktarının en düşük olduğu ay 6.9 mm ile Ağustos ayı, ortalama yağış miktarının en yüksek olduğu ay ise 81.6 mm ile Ocak ayıdır. Yıllık ortalama sıcaklık ise 15.4 °C'dir. Yıllık ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu ay Ağustos (25.3 °C), en düşük olduğu ay ise Ocak (5.8 °C)'tir (MGM, 2022). Su bilançosu diyagramına göre Karacabey ilçesinde su fazlalığı Ocak, Şubat, Mart ve Aralık ayında; su eksikliği ise 6. ve 9. aylar arasında görülmektedir. Şekil 2b'de görüldüğü gibi Thornthwaite yöntemine göre yapılan sınıflandırmalar sonucunda Karacabey ilçesinin "C₁ B₂ s b₃" (yağış tesirlilik indisi C₁ "Yarı Kurak–Az Nemli", sıcaklık tesirlilik indisi B₂ "2. Derece Mezotermal", s "Kış mevsiminde su eksikliği bulunan ve orta seviyede olan", b₃ "okyanus iklimine yakın) iklim türünde olduğu belirlenmiştir (Erdoğan Yüksel ve Karan, 2024).

Longoz ormanlarından oluşan çok sayıda ekosisteme ev sahipliği yapan Kocaçay Deltası ekosistem çeşitliği açısından değerlendirildiğinde de önemli bir konuma sahiptir. İbrel ve yapraklı ormanlık alanların yanı sıra çayır alanları, meralar, açıklık, taşkın ve kumul alanlar olmak üzere çok farklı ekosistemleri bir arada bulundurmaktadır. Kuş göç güzergâhında olup çok sayıda kuş, bitki, memeli, balık ve sürüngen türünü barındıran deltanın çevresinde çoğunlukla zeytin tarımı yapılırken; Karacabey ve civarında yoğun şekilde meyve ve sebze tarımı yapılmaktadır (Anonim, 2019).

2.2. Uydu Görüntülerinin Elde Edilmesi ve Verilerin İşlenmesi

Uzaktan Algılama tekniklerine su kaynakları ile arazi kullanımı/arazi örtüsünün tespiti, yönetimi, değişimi gibi birçok alanda sıklıkla başvurulmaktadır. Elde edilen sonuçlar mekânsal ve zamansal değişimi ortaya koyarken, mevcut kullanımların hangi kullanım sınıflarına dönüştüğü hakkında da bilgi vermekte; gerekli önlemlerin alınması noktasında avantajlar sunmaktadır. Bu bağlamda su kaynaklarının yönetimi ve planlanması (Saçın,

2010; Sönmez ve Somuncu, 2016; Bozduman, 2019; Özçalık vd., 2020; Kaya ve Kaplan, 2021) ile arazi yönetimi ve planlaması (Reis vd., 2016; Yılmaz vd., 2018; Kaşıkçı vd., 2020) konularındaki birçok çalışmada Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri kullanılmaktadır.

Uydu görüntülerinin işlenmesi ve bu görüntülerin sınıflandırma işlemlerinin yapılması ArcGIS 10.5 (ESRI; 2015) yazılımı üzerinde gerçekleştirilmiştir. USGS (United States Geological Survey) üzerinden uydu görüntülerinin elde edilmesinin ardından görüntüler üzerinde sayısal düzeltmeler yapılarak bantlar birleştirilmiş, vektör tabanlı olarak aktarılan verilerin kontrollü sınıflandırma işlemi yapmak için kontrol bölgeleri belirlenmiştir. Kontrollü sınıflandırmanın ardından doğruluk analizi yapılarak kappa istatistiği hesaplanmıştır.

Landsat sistemi, 1972 yılından buyana farklı algılayıcılar ile aktif bir şekilde uydu görüntüleri üretmekte ve arazi kullanımlarının uzun periyotlardaki değişimlerini izlemede önemli avantajlar sunmaktadır (Gülci vd., 2019). Bunun yanı sıra hidrolojik gözlemlerde de çok bantlı uydu görüntülerinin analiziyle kıyı kenar çizgisi ve alansal değişimlerinin saptanması yöntemine sıklıkla başvurulmaktadır (Howari et al., 2007; Yurteri ve Kurttaş, 2021). Araştırma alanına ait ana görüntü verilerini USGS Earth Explorer web sayfasından (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) temin edilmiş Landsat Thematic Mapper 4-5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS (Operational Land Imager and the Thermal Infrared Sensor) sensörlerinden elde edilen uydu görüntüleri oluşturmaktadır (URL-3, URL-4).

Uydu görüntüleri çok büyük alanları tek seferde kapsayabilmesine rağmen özellikle büyük alanlarda her mevsim koşulunda açık bir hava durumunu yakalamak mümkün olmayabilmektedir. Görüntü üzerindeki bulutluluk oranı uydu görüntüleri temin edilirken yaşanan en büyük problemlerden biridir. Bir diğer önemli etken de ışık ve kamera açısıdır. Güneş açısına bağlı olarak sınıflandırılmak istenen nesnelere gölgede kalarak sınıflandırmanın doğruluğunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Uydu görüntüsü seçiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer unsur da tarih seçimidir. Çalışma kapsamında uydu görüntüsü uygulama alanında bulunan orman, ziraat, su ve kumsal alanları göz önünde bulundurularak alan seçiminde tarihe dikkat edilmiştir. Uydu görüntüsü alırken bulutluluk durumundan etkilenmeyecek şekilde gerekli kontroller yapılarak Tablo 1’de yer alan teknik özelliklere sahip 08.05.2003, 22.05.2017, 12.05.2022 tarihli görüntüler kullanılmıştır.

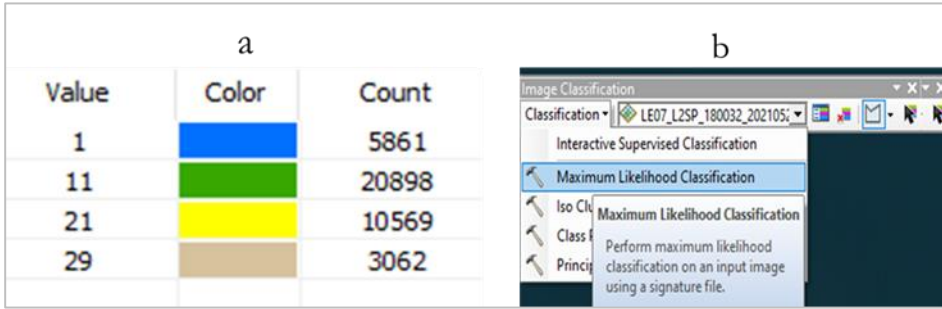
Tablo 1
Çalışma alanında kullanılan uydu görüntüleri ve teknik özellikleri

Uydu	Uydu Görüntüsü Algılama Tarihi	Konumsal Çözünürlük (m)	Bant Sayısı
Landsat 4-5 TM	08.05.2003	30	7
Landsat 8 OLI-TIRS	22.05.2017	30	9
	12.05.2022		

Bant (4, 3, 2 numaralı bantlar) birleştirme işlemi (CompositeBands) ile iyileştirilmiş ve yüksek çözünürlüklü görüntülere dönüşen veriler RGB kombinasyonuna göre çalışmanın amacına uygun şekilde renklendirilmiştir. Uydu görüntüsünün bant birleştirme ve renklendirme işlemleri tamamlandıktan sonra kontrollü sınıflandırma işlemine geçilmiştir. Görüntü üzerinde sınıflandırmaya konu olan orman, ziraat, açıklık ve su alanlarının etki durumuna göre “Image Classification” aracı üzerinden sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Orman, ziraat, açıklık ve su gibi aynı grupların temel alındığı, farklı yıllara ait çizilen her bir poligon “Training Sample Manager” menüsünde ayrı ayrı listelenerek birleştirilmiş; farklı ancak birbirine benzer yakın renklere sahip değerlerin aynı arazi kullanım tipini temsil ettiği belirlenmiştir (Şekil 3a). Training Sample Manager’de hazırlanan spektral imzalar (spectral signatures) sınıf tanımlama işlemleri yapıldıktan sonra kontrollü sınıflandırma için gerekli olan “Signature File” dosyası oluşturulmuştur. Bu aşamadan sonra “Classification”

aracı üzerinde bulunan “Maksimum Likelihood Classification” (en çok benzerlik sınıflandırması) yöntemi ile kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3b). Literatürde en sık başvurulan kontrollü sınıflandırma algoritması “en çok benzerlik yöntemi” olarak bilinmektedir (Strahler, 1980; Ayhan vd., 2003).



Şekil 3. Kontrol sınıflarının oluşturulması (a) ve maksimum benzerlik yönteminin uygulanması (b)

Çalışmanın son aşamasında ise uydu görüntüleri ile yapılan sınıflandırmaların doğruluğunun tespit edilebilmesi amacıyla kappa değeri hesaplanmıştır. Sınıf başına 30 nokta olmak üzere her yıla ait uydu görüntüsü için 120; 2003, 2017 ve 2022 yıllarına ait toplam 360 nokta seçilmiştir. Rastgele seçilen noktalardan sınıflandırılan görüntülerde kontrol noktası ile karşılaştırma yapılarak hata matrisi oluşturulmuştur.

Amenajman planı verileri ise Karacabey Orman İşletme Müdürlüğü, Yeniköy ve Uluabat Orman İşletme Şeflikleri 1994-2003 ve 2004-2023 amenajman planlarına ait meşcere tipleri haritalarından elde edilmiştir (Anonim, 1994-2004). Meşcere haritaları ArcGIS 10.5 (ESRI; 2015) yazılımı kullanılarak sayısal hale getirilmiştir. Uydu görüntülerinin temin edildiği tarih aralıklarına karşılık gelen 2003 ve 2017 yıllarına ait arazi kullanım dağılımları amenajman planlarına göre incelenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Sınıflandırılmış Görüntülerin Doğruluk Analizi

Tablo 2, 3 ve 4’de Landsat uydu görüntülerine ait kontrollü sınıflandırma hata matrisleri gösterilmektedir. Sınıflandırma doğruluğu 2003 yılı için %88.33, kappa istatistik değeri 0.883; 2017 yılı için sınıflandırma doğruluğu %72.5, kappa istatistik değeri 0.729; 2022 yılı için sınıflandırma doğruluğu %85.83, kappa istatistik değeri 0.867 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan kappa değerlerinin uyumu Landis ve Koch (1977)’a göre 2017 yılı için iyi (0.61-0.80); 2003 ve 2022 yılı için ise çok iyi (0.81-1.00) seviyededir. Kappa değerleri sınıflandırmanın başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 2
2003 yılı Landsat uydu görüntüsü hata matrisi

Arazi Kullanımı	Ziraat	Orman	Açıklık	Su	Toplam Sınıflandırılmış Nokta
Ziraat	25	3	2	0	30
Orman	0	26	4	0	30
Açıklık	1	0	26	3	30
Su	0	0	1	29	30
Toplam Referans nokta	26	29	33	32	120
Üretici Doğruluğu (%)	83.33	86.66	86.66	96.66	88.33
Kullanıcı Doğruluğu (%)	96.15	89.65	78.78	90.62	88.33
Kappa					0.883

Tablo 3
2017 yılı Landsat uydu görüntüsü hata matrisi

Arazi Kullanımı	Ziraat	Orman	Açıklık	Su	Toplam Sınıflandırılmış Nokta
Ziraat	9	0	21	0	30
Orman	1	29	0	0	30
Açıklık	0	3	19	8	30
Su	0	0	0	30	30
Toplam Referans nokta	10	32	40	38	120
Üretici Doğruluğu (%)	30	96.66	63.33	100	72,5
Kullanıcı Doğruluğu (%)	90	90.62	47.5	78.94	72.5
Kappa					0.729

Tablo 4
2022 yılı Landsat uydu görüntüsü hata matrisi

Arazi Kullanımı	Ziraat	Orman	Açıklık	Su	Toplam Sınıflandırılmış Nokta
Ziraat	23	0	7	0	30
Orman	1	28	1	0	30
Açıklık	4	2	22	2	30
Su	0	0	0	30	30
Toplam	28	30	30	32	120
Üretici Doğruluğu (%)	76.66	93.33	73.33	100	85.83
Kullanıcı Doğruluğu (%)	82.14	93.33	73.33	93.75	85.83
Kappa					0.867

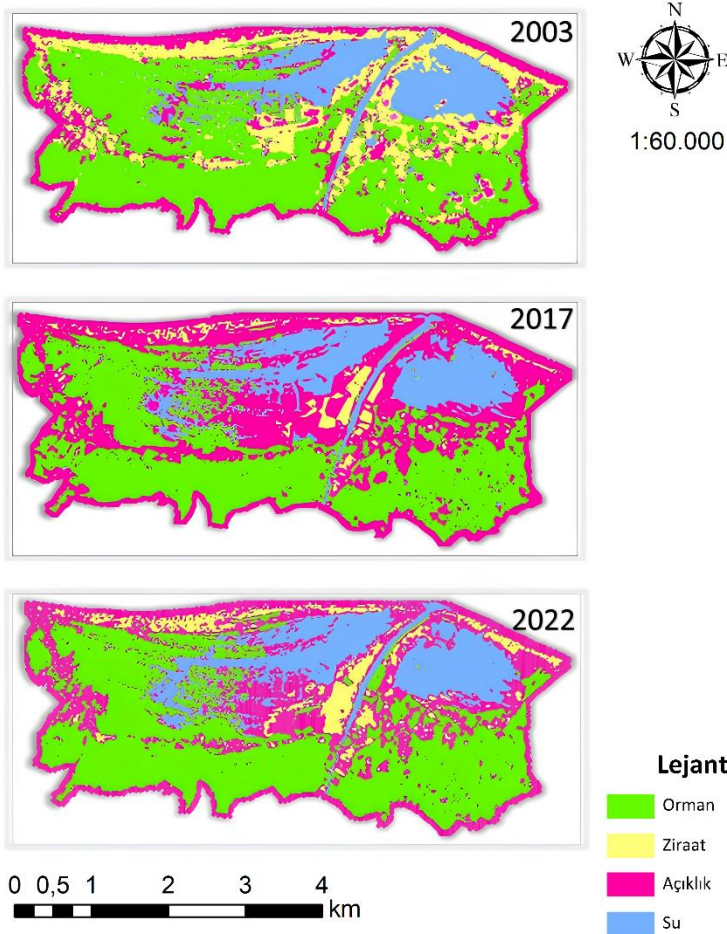
Hotamış Gölü ve çevresinin 35 yıllık arazi kullanımı değişiminin izlendiği çalışmada Landsat MSS, Landsat TM, Landsat ETM uydu görüntüleri sınıflandırma işlemlerine tabi tutulmuş; genel doğruluk değeri %91.06-72.76, kapa istatistik değerleri 0.6146-0.8725 olarak hesaplanmıştır (Kırtıloğlu, 2014). Manisa ili Köprübaşı ilçesinde arazi kullanımının 2008, 2013 ve 2017 yıllarındaki değişimini belirlemek amacıyla haritaların üretiminde kontrollü sınıflandırmaya ait doğruluk analizi kapa testi ile gerçekleştirilmiştir. Yıllara göre sırasıyla 0.76-0.71 ve 0.81 olarak bulunan kapa değerlerine göre kontrollü sınıflandırma iyi düzeyde uyum göstermiştir (Yılmaz vd., 2018). Mogan Gölü'ne ait su yüzeyi ve arazi örtü değişiminin belirlendiği araştırmada 1998 ve 2019 yılları arasındaki 6 farklı yıl için kapa katsayısı değerleri 0.65 ile 0.79 arasında değişmiştir (Özçalık vd., 2020).

3.2. Uydu Verilerine Göre Alanın Yüzeysel Değişimi

Arazi kullanım durumunu yıllara göre (Tablo 5, Şekil 5) incelediğimizde ziraat alanları 2003 yılında 1200.72 ha iken 2017 yılında 259.02 ha'a düşmüş ve 2022 yılında 411.28 ha'a yükselmiştir. Orman alanları ise 2003 yılında 3221.91 ha iken 2017 yılında 2867.25 ha'a düşmüş, 2022 yılında ise 3038.18 ha'a kadar yükselmiştir. Açıklık alanlar 2003 yılında 1540.96 ha iken 2017 yılında 2737.81 ha'a yükselmiş, 2022 yılında ise 2407.74 ha'a düşmüştür. Su alanları ise 2003 yılında 1025.63 ha iken 2017 yılında 1124.54 ha'a yükselmiş, 2022 yılında ise 1138.07 ha'a gerilemiştir.

2003 yılı uydu verilerine göre toplam alanın %17.2'sini ziraat alanları, %46.1'ini orman alanları, %22.0'sini açıklık alanlar ve %14.7'sini su alanları; 2022 yılında ise %5.9'unu ziraat alanları, %43.4'ünü orman alanları, %34.4'ünü açıklık alanlar ve %16.3'ünü su alanları oluşturmaktadır (Şekil 4).

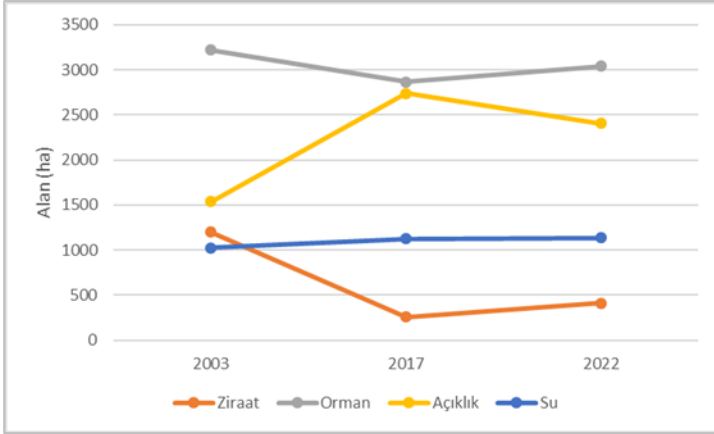
Uydu verileri ile alansal değişimlerin ortaya konduğu benzer çalışmalarda da alanlara ait bölgesel özellikler ve yıllar baz alındığında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Erzurum Ovası Sulak Alanı'nda 1989-2017 yılları arasındaki yüzey alanı değişiminin incelendiği çalışmada sığ su ve derin su alanlarında genişleme olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen genişlemenin iklim etkisinden çok sulak alanın yeraltı su rezervinin yükselmesiyle hidrolojik yapısında meydana gelen değişmeden kaynaklandığını ortaya konmuştur (Eymirli, 2017). Kontrollü sınıflandırma sonucunda Mogan Gölü'nde sulak alanların kapladığı en fazla alan 911.97 ha ile 2010 yılında, en düşük ise 770.49 ha ile 2007 yılında tespit edilirken; 21 yıllık süreçte (1998-2019) göl alanında %0.52 oranında bir artış görülmüştür (Özçalık vd., 2020). Seyfe Gölü yüzey alanının 1985-2020 yılları arasındaki zamansal değişiminde her 5 yıl için uydu görüntüleri incelenmiş ve 35 yıllık süreçte göl alanında %93.78'lik bir azalma olduğu belirlenmiştir (Yurteri ve Kurttaş, 2021). Burdur Gölü'nün 2009 ile 2019 yılları arasındaki alansal ve mevsimsel değişimi analiz edilmiş; bulgulara göre gölün 17 km² alan kaybettiği; 2017 ve 2019 yıllarında bahar ile sonbahar mevsimleri arasında su alanında gözlenen azalmanın 2 km² olduğu açıklanmıştır (Kaya ve Kaplan, 2021).



Şekil 4. Arazi örtüsü sınıflarının yıllara göre değişimi

Tablo 5
Uydu verilerine göre arazi kullanımının değişimi (ha)

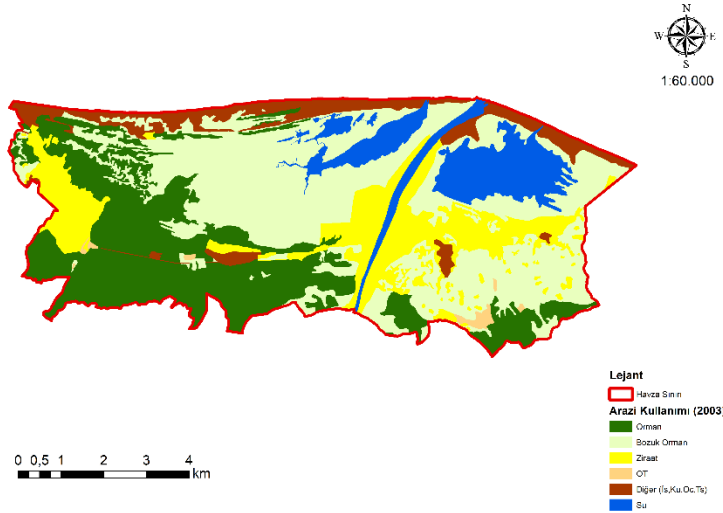
Arazi Kullanımı	2003	2017	2022
Ziraat	1200.72	259.02	411.28
Orman	3221.91	2867.25	3038.18
Açıklık	1540.96	2737.81	2407.74
Su	1025.63	1124.54	1138.07



Şekil 5. Uydu verilerine göre arazi kullanımının değişimi

3.3. Amenajman Planı Verilerine Göre Alanın Yüzeysel Değişimi

2003 ve 2017 yılına ait amenajman planına göre sınıflandırılmış arazi kullanım dağılımları Tablo 6 ve 7'de gösterilmektedir. Şekil 6 ve 7'de gösterildiği gibi orman, ziraat, bozuk orman alanı, OT, diğer (İs, Ku, Oc, Ts) alanlar ve su alanları olmak üzere 6 sınıf mevcuttur.



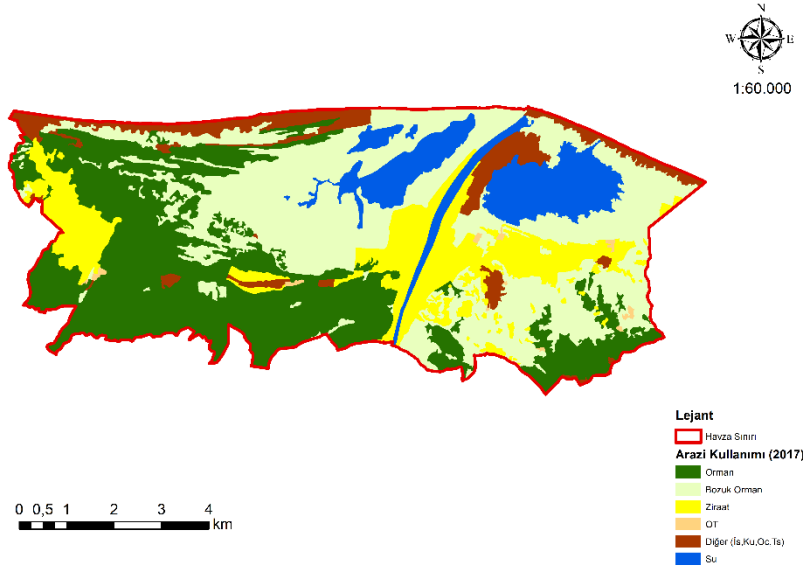
Şekil 6. 2003 yılı amenajman planı arazi kullanım haritası

Tablo 6
2003 amenajman planına göre arazi kullanım dağılımları

Arazi Kullanımı	Alan (ha)	Oran (%)
Bozuk Orman	2527.58	38.76
Diğer (İs, Ku, Oc, Ts)	516.34	7.92
OT	1765.69	27.08
Orman	37.18	0.57
Su	667.40	10.24
Ziraat	1006.35	15.43
Toplam	6520.54	100.00

Amenajman planına göre arazi kullanım durumunu yıllara göre incelediğimizde Tablo 8 ve Şekil 8'de görüldüğü üzere ziraat alanları 2003 yılında 1006.35 ha iken 2017 yılında 935.05 ha'a düşmüştür. Orman alanları ise 2003 yılında 2564.76 ha iken 2017 yılında 2330.83 ha'a düşmüştür. Açıklık alanlar 2003 yılında

2282.03 ha iken 2017 yılında 2591.59 ha'ya yükselmiştir. Su alanları ise 2003 yılında 667.40 ha iken 2017 yılında 662.57 ha'ya gerilemiştir.



Şekil 7. 2017 yılı amenajman planı arazi kullanım haritası

2003 yılı amenajman planı verilerine göre toplam alanın %15.43'ünü ziraat alanları, %39.33'ünü orman alanları, %35.0'ini açıklık alanlar ve %10.24'ünü su alanları; 2017 yılında ise %14.34'ünü ziraat alanları, %35.75'ini orman alanları, %39.75'ini açıklık alanlar ve %10.16'sını su alanları oluşturmaktadır.

Tablo 7

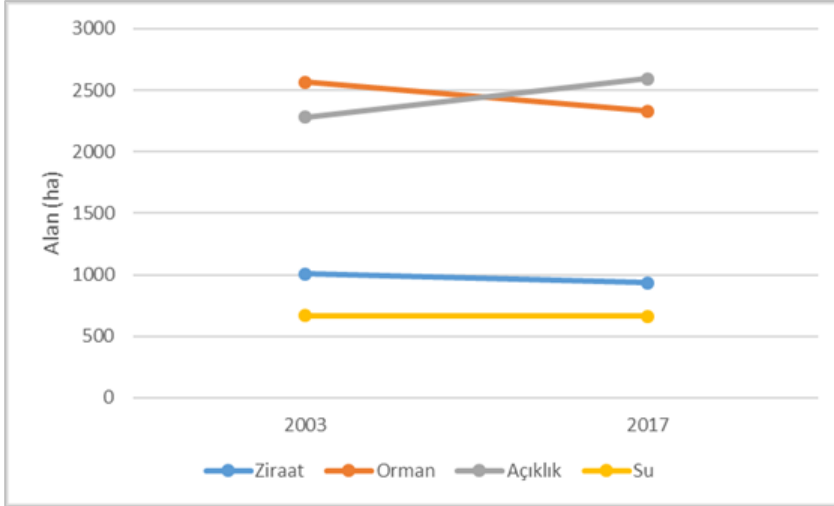
2017 amenajman planına göre arazi kullanım dağılımları

Arazi Kullanımı	Alan (ha)	Oran (%)
Bozuk Orman	2306.87	35.38
Diğer (İs, Ku, Oc, Ts)	468.62	7.19
OT	2122.97	32.56
Orman	23.96	0.37
Su	662.57	1.16
Ziraat	935.55	14.34
Toplam	6520.54	100.00

Tablo 8

Plan dönemlerine göre arazi kullanımının değişimi (ha)

Arazi Kullanımı	2003	2017
Ziraat	1006.35	935.05
Orman (Orman, bozuk orman)	2564.76	2330.83
Açıklık (Diğer, OT)	2282.03	2591.59
Su	667.40	662.57



Şekil 8. Plan dönemlerine göre arazi kullanımının değişimi

Amenajman planlarına ait veriler ile zamana bağlı alansal değişimlerin ortaya konduğu benzer çalışmalarda da, sayısallaştırılmış meşcere tipi haritalarının arazi örtüsü/kullanım değişikliğini tespit etmede tercih edilebilecek bir yöntem olduğu ifade edilmektedir. 1972, 2004-2006 ve 2017 yılları plan verilerine ait sonuçlarda 45 yıllık dönemde orman alanlarında %4.5 oranında artış olduğu belirtilmiştir (Sönmez vd., 2022). 1987 ve 2001 Landsat uydu görüntüleri ile 1972, 1993 ve 2004 meşcere tipi haritaları kullanılarak zamansal değişimin karşılaştırmalı olarak incelendiği çalışmada ise amenajman planlarına göre 1972 ve 1993 yılları arasında %3.61, 1987 ve 2001 yılları arasında da %4.74, 1993 ve 2004 yılları arasında %3.37, 1972 ve 2004 yılları arasında %7.10 oranında artış olduğu (Başkent ve Kadioğulları, 2007) tespit edilmiştir. Kastamonu-Ayancık-Akgöl Orman İşletme Şefliği arazi örtüsü ve kullanımında yaşanan değişimin tespitinde de sayısallaştırılmış meşcere tipleri haritalarından 1970 yılından 2008'e kadar normal kapalı orman alanında 281.63 ha artış, boşluklu kapalı orman alanında 355.11 ha azalma, genel orman (normal+boşluklu) alanında ise 73.48 ha azalma olduğu, ağaçsız orman toprağının 290.05 ha arttığı, ziraat alanının ise 255.17 ha azaldığı (Kaptan vd., 2019) sonucuna varılmıştır. Hazar Gölü Havzası'nda 1973 ve 2003 yılı orman amenajman planı-meşcere tipi haritaları aracılığıyla oluşturulan arazi kullanım haritalarına göre göl alanında %1.5 oranında azalış, orman alanlarına %5.5 artış olduğu açıklanmıştır (Duran ve Günek, 2007). Elde edilen sonuçların farklı aralıklarda yer almasında, ekolojik koşulların yanı sıra antropojenik etkilerdeki değişkenliğin etkisi olduğu düşünülmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Susurluk Havzası Kocaçay Deltası Sulak Alanı'nda alansal değişim, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak incelenmiştir. Landsat uydu görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen kontrollü sınıflandırma sonucunda elde edilen kappa istatistik değerleri 2017 yılı için iyi (0.61-0.80); 2003 ve 2022 yılı için ise çok iyi (0.81-1.00) seviyede bulunmuştur. Bu değerler sınıflandırmanın başarılı olduğunu ortaya koyarken, uzaktan algılama veri ve tekniklerinin su alanlarındaki alansal değişimleri yüksek doğrulukta tespit edebileceğini de göstermektedir. Bu teknolojiler ayrıca su kaynakları kullanım eğilimlerini izleyebilme, yönetebilme, ilgili çalışmalarda karar alabilme olanağı sağlarken; gerekli önlemlerin alınması aşamasında da önemli katkılar sağlayabilmektedir. Çalışma aynı zamanda uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) arazi örtüsü/kullanım değişikliği için de kullanılabilirliğini göstermekte ve bu konudaki araştırmamızı desteklemektedir.

Uydu verilerine göre 19 yıllık süre boyunca (2003-2022) meydana gelen değişimin ziraat alanlarında %65.7 ve orman alanlarında %5.7 azalma; açıklık alanlarda %56.2 ve su alanlarında %11.0 artma şeklinde gerçekleştiği yapılan hesaplamalar sonucunda tespit edilmiştir. Bu değişimler dikkate alındığında 19 yıllık sürede ormanlık alanlar 183.73 ha azalmış, bu alanlardan açıklık alanlara ve su alanlarına geçiş olmuştur.

Ayrıca, genel olarak bakıldığında tarımsal faaliyet yapılan alanlardaki değişim açıklık alan ve su alanlarına geçiş olarak yansımış ve genel itibariyle orman ağaçları ile kaplı olmayan alanlar artmıştır.

Amenajman verilerine göre 14 yıllık süre boyunca (2003-2017) meydana gelen değişimin ziraat alanlarında %7.1, orman alanlarında %9.1 ve su alanlarında %0.7 azalma görülmüştür. Açıklık alanlarda ise %13.6 artma gerçekleştiği yapılan hesaplamalar sonucunda tespit edilmiştir.

Amenajman planı ile uydu görüntülerinden elde edilen veriler karşılaştırıldığında ise 2003 yılı uydu görüntüsündeki orman alanının amenajman planındaki alandan %25.6, ziraat alanının %19.3 ve su alanının da %53.7 fazla; açıklık alanın ise %32.5 az olduğu belirlenmiştir. 2017 yılında ise yine uydu görüntüsündeki orman alanının amenajman planındaki alandan %23, açıklık alanın %5.6 ve su alanının da %69.5 fazla; ziraat alanının ise %72.3 az olduğu yapılan hesaplamalar sonucunda tespit edilmiştir.

Sonuç olarak uydu görüntüleri ve amenajman planı verileri karşılaştırıldığında 2003-2017 yıllarındaki amenajman plan verilerinde su yüzey alanlarının %0.7 oranında değiştiği ancak uydu görüntülerinde ise su yüzey alanlarının plan alanlarına göre %62 oranda fazla olduğu görülmektedir. Buna uydu görüntülerinin Mayıs ayında çekilmiş olması ve alan içerisinde bulunan su basar ormanlarına kış aylarında düşen yağışın fazla olmasının yanı sıra yeterli buharlaşmanın olmamasının sebebiyet verdiği ve sonuç olarak su yüzey alanının artışı şeklinde yansıdığı düşünülmektedir.

2003 ve 2017 yıllarında alınan uydu görüntüleri ile amenajman planında kullanılan verilerin aynı dönemde alınmamış ve yeraltı su kullanımının az olduğu döneme denk gelen tarihlerde uydu görüntülerinin elde edilmiş olması yüzeydeki su alanı miktarının artışını desteklemektedir. Ayrıca Kocaçay deltası içerisindeki Arapçiftliği ve Dalyan Gölleri'ne tuzlu su karışmasından dolayı bu göllerden tarımsal veya kullanım amaçlı su alınmamaktadır. Sulak alanı besleyen kaynaklarındaki zirai amaçlı insan faaliyetinin ise sınırlı ve su yüzey alanında azalmaya neden olmayacak düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Yer altı kuyularından ve Kocaçay'dan tarımsal amaçlı su alınmakta fakat bu miktarın da ekolojik yönden tolere edilebilecek düzeyde olduğu açıklanmaktadır. Ancak alanda görülen en önemli problem atık suların denize ve Kocaçay'a atılmadan doğrudan deşarj edilmesidir. Bu deşarjın sulak alan sınırlarının dışından başlaması da sadece alanda alınan tedbirlerin yeterli olmayacağını göstermektedir. Yerel ve bölgesel ekosistemlerin devamlılığı ile sosyoekonomik faaliyetler bakımından oldukça önemli bir paya sahip sulak alanların korunabilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için konumsal ve zamansal değişimlerin takibi önem arz etmekte ve önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim dalında yürütülmüş olan "Susurluk Havzası Kocaçay Deltası Sulak Alanının izlenmesi ve haritalanması" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Bursa Orman Bölge Müdürlüğü ile Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü 2. Bölge Müdürlüğü'ne çalışmada kullanılan verilerin sağlanmasındaki katkılarından, Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Arş. Gör. Emre KILINÇARSLAN'a ve Arş. Gör. Ömer Faruk KARAN'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Yazar Katkıları

Üzeyir ÖZASLAN: Verilerin elde edilmesi, analizlerin yapılması, verilerin yorumlanması.

Esin ERDOĞAN YÜKSEL: Çalışmanın düzenlenmesi, verilerin elde edilmesi ve yorumlanması, makalenin yazılması.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Akay, A.E., Gencal, B. and Taş, İ. (2017). Spatiotemporal change detection using landsat imagery: the case study of Karacabey flooded forest, Bursa, Turkey. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume IV-4/W4, 2017 4th International GeoAdvances Workshop, 14–15 October, Safranbolu, Karabuk, Turkey.
- Anonim, (1994). Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, Karacabey Orman İşletme Müdürlüğü, Yeniköy ve Uluabat İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı 1994-2003.
- Anonim, (2004). Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, Karacabey Orman İşletme Müdürlüğü, Yeniköy ve Uluabat İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı 2004-2023.
- Anonim, (2019). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, 2. Bölge Müdürlüğü, Bursa İli Kocaçay Deltası Sulak Alan Yönetim Planı Nihai Raporu.
- Anonim, (2024). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Menu/31/Sulak-Alanlar>
- Ayhan, E., Karşlı, F. ve Tunç, E. (2003), Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Sınıflandırma ve Analiz, *Harita Dergisi*, 130, 32-46.
- Bao, Y. and Zhang, X. (2011). The study of lakes dynamic change based on RS and GIS-take Dalinor Lake as an example. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 2376-2384. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.370>
- Başkent, E. Z. and Kadioğulları, A. İ. (2007). Spatial and temporal Dynamics of land use pattern in Turkey: A case study in İnegöl. *Landscape and Urban Planning*, 81(4), 316-327.
- Beklioğlu, M. (2007). Sulak Alanlarla İlgili Temel Bilgiler, Doğa Koruma Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Kus Araştırmaları Derneği, Ankara.
- Bozduman, Ş. (2019). Sınıflandırma yöntemiyle sulak alanların değişimi analizi: Dipsiz Lagün örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 1 (1) , 16-20. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal/issue/50531/648768>
- Chang, B., He, K., Li, R., Sheng, Z. and Wang, H. (2017). Linkage of climatic factors and human activities with water level fluctuations in Qinghai Lake in the northeastern Tibetan Plateau, China. *Water*, 9(7), 552. <https://doi.org/10.3390/w9070552>
- Cowardin, L. M., Carter, V., Golet, F.C. and LaRoe, E.T. 1979. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. US Department of the Interior Fish and Wildlife Service Office of Biological Services Washington, D.C. Downloaded from: <https://www.fws.gov/wetlands/Documents/Classification-of-Wetlands-and-DeepwaterHabitats-of-the-United-States.pdf>.
- Davidson, N.C. and Finlayson, C.M. (2007). Earth Observation for wetland inventory, assessment and monitoring. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 17, 219-228.
- Dugan, P.J. (1990). Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. Gland, IUCN.
- Duran, C. ve Günek, H. (2007). Hazar gölü havzası arazi kullanımındaki değişikliklerin belirlenmesi (1956-2004), *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17, 2, 31-52.
- Erdoğan Yüksel, E. ve Karan, Ö. F. (2024). Thornthwaite yöntemine göre iklim tiplerinin belirlenmesi: Bursa ili örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25, 1, 151-168. DOI: 10.17474/artvinofd.1435376
- ESRI, Environmental Systems Research Institute (2015). ArcGIS Desktop: Release 10.5.1. Redlands, CA.
- Eymirli, E.B. (2017). Erzurum Ovası Sulak Alan Sistemindeki Zamansal Alan Değişimlerinin Uzaktan Algılama Teknikleri İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Finlayson, C.M., Davidson, N.C., Spiers A.G. and Stevenson, N.J. (1999). Global Wetland Inventory, Current Status and Future Priorities. *Marine and Freshwater Research*. 50(8), 717 – 727.
- Gülci, S., Gülci, N. ve Yüksel, K. (2019). Aslantaş Baraj Gölü ve Çevresinin Su Yüzey Alanı ve Arazi Örtüsü Değişiminin Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak İzlenmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 100-110.

- İncedayı, N. (2015), Kocasu Çayı Deltası ve Yakın Çevresinin Ekolojik Açından Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kaşıkçı, Z., Çelik, N. ve Sarıyılmaz, F. (2020). Çok zamanlı uydu görüntüleri ile arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişiminin belirlenmesi: Elmalı Havzası, İstanbul. Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 2 (1) , 16-21.
- Kaptan, S., Aksoy, H., Durkaya, B. ve Aksoy, Ş.Ç. (2019). Coğrafi bilgi sistemleri ile arazi örtüsü ve kullanımında yaşanan değişimlerin incelenmesi (Akgöl orman işletme şefliği örneği). 8th International Vocational Schools Symposium, 11-13 Haziran, Sinop, 535-542.
- Karadeniz, N. (1995). Sultansazlığı Örneğinde Islak Alanların Çevre Koruma Açısından Önemi Üzerinde Bir Araştırma, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 268 S., Ankara.
- Kaya, Ö.A. ve Kaplan, G. (2021). Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Burdur Gölü'ndeki Alansal Değişiminin Belirlenmesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi; 7(1): 1-12, DOI: 10.21324/dacd.760805.
- Kazancı, N., Emre, Ö., Erkal T., İleri, Ö., Ergin, M. and Görür, N. (1999). Morphology and Sedimentary Facies of Actual Kocasu And Gönen River Deltas, Marmara Sea, Northwestern Anatolia, Mineral Res. Expl. Bul., 121, 1-18.
- Kırtıoğlu, E. (2014). Hotamış Gölü çevresinin arazi kullanımının uydu görüntüleri yardımıyla zamansal analizi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Landis, R. and Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. Biometrics, 159-174.
- Lowry, J.B.C. (2006). The Application of Low-cost GIS Software and Data for Wetland Inventory, Assessment and Monitoring. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland. Ramsar Technical Report No. 2. http://www.ramsar.org/lib/lib_rtr_index.htm
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis, World Resources Institute, Washington DC, ISBN 1-56973-597-2.
- MGM (2022). Bursa ili iklim verileri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Eskişehir 3. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Moomaw, W.R., Chmura G.L, Davies, G.T., Finlayson, C.M., Middleton, B. A. and López-Iborra, G.M. (2016). Effect of wetland management: Andean wetlands refuges of plant-species diversity in the Andean-Orinoco Piedmont of Colombia. PeerJ. 2016; 4: e2267.
- Okay, İ.A., Siyako, M. ve Bürkan, K.A. (1989). Biga Ve Gelibolu Yarımadalarının Tersiyer Jeolojisi Ve Hidrokarbon Olanakları, Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, C. 1/3, 183-199.
- Özçalık, H., Torun, A.T. ve Bilgilioğlu, S.S. (2020). Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Mogan Gölü'nün su yüzeyi ve arazi örtü değişiminin belirlenmesi. Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 2(2), 77-84.
- Reis, M., Dutal, H., Abiz, B. ve Bolat, N. (2016). Kahramanmaraş İli Göksun İlçesi'nde arazi kullanımında meydana gelen zamansal değişimin uzaktan algılama teknikleri ve coğrafi bilgi sistemi ile belirlenmesi. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(2), 35-41.
- Ridd, M. K. and Liu, J. (1998). A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. Remote sensing of environment, 63(2), 95-100.
- Rosenqvist, A., Finlayson, C.M., Lowry, J. and Taylor, D. (2007). The potential of long wavelength satellite borne radar to support implementation of the Ramsar Wetlands Convention. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 17:229-244.
- Saçın, Y. (2010). Kocaçay Deltası ve Uluabat Gölünün Uzaktan Algılama Metodları Kullanılarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Sönmez, M. E. ve Somuncu, M. (2016). Sultansazlığı'nın alansal değişiminin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. Türk Coğrafya Dergisi(66), 1-10. <https://doi.org/10.17211/tcd.70341>
- Sönmez, T., Gencal, B., Taş, İ. ve Kadioğulları, A. (2022). Orman ekosistemindeki zamansal değişimin orman amenajman planları ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla incelenmesi: Bursa Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 24(3): 618-636.
- Strahler, A. H. (1980). The use of prior probabilities in maximum likelihood classification of remotely sensed data, Remote Sens. Environ., vol. 10, no. 2, 135-163.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. (1981). Tethyan Evolution Of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.

- URL-1, (2024). Ramsar Sulak Alanlar Sözleşmesi. Erişim tarihi: 01.05.2024. Erişim adresi: <http://www.ramsar.org>
- URL-2, (2024). Türkiye Sulak Alan Listesi. Erişim tarihi: 01.05.2024. Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/Korunan%20Alanlar%20Listesi/sulakalanlar240423.pdf>
- URL-3, <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-5>
- URL-4, <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>
- USGS, United States Geological Survey. EarthExplorer-Home:<https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Verhoeven, J.T., Beltman, B., Bobbink, R. and Whigham, D.F. (2006). Wetlands and Natural Resource Management, 190, Springer Science & Business Media.
- WWF Türkiye, (2008). Türkiye'deki Ramsar Alanları Değerlendirme Raporu. Ed.(Deniz Şilliler Tapan). Doğal Hayatı Koruma Vakfı.
- Yağmur, N. (2018). Ramsar alanlarının uzaktan algılama yöntemleri ile zamansal analizi–Meke Maarı örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Yaman, E. (2008), Kocaçay Deltası Ornitofunasının Tespiti ve Alanı Etkileyen Çevresel Faktörler, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Yılmaz, O.S., Gülgen, F., Güngör, R. ve Kadı, F. (2018). Uzaktan Algılama Teknikleri İle Arazi Kullanım Değişiminin İncelenmesi: Köprübaşı İlçesi Örneği, Geomatik Dergisi, 3(3);233-241. DOI: 10.29128/geomatik.410987.
- Yurteri, C. ve Kurttaş, T. (2021). Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Seyfe Gölü (Kırşehir) yüzey alanının zamansal değişiminin analizi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(4): 1115-1128.

An Environmentally Friendly Solvent for Cellulose Acetate Production: Ethyl Lactate

Emir Erişir^{1,*}, Esat Gümüşkaya²

¹ Department of Material and Material Processing Technologies, Pamukova Vocational School, Sakarya University of Applied Sciences, Sakarya, Türkiye

² Department of Forest Industry Engineering, Faculty of Forestry, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 17.01.2024

Kabul: 06.06.2024

Yayın: 15.08.2024

Araştırma Makalesi



Abstract – The aim of this study was to investigate the possibilities of using biodegradable ethyl lactate instead of acetic acid, the most preferred solvent in industrial production, during cellulose acetate synthesis under certain conditions. In the study, dissolving pulp fibres, which were activated with water and acetic acid respectively, were dispersed in ethyl lactate after pressing and then subjected to acetylation reaction with acetic anhydride catalysed by sulfuric acid. The properties of acetylated cellulose were determined using X-Ray diffraction analysis, Fourier-transform infrared spectroscopy, Differential Scanning Calorimetry and other chemical analysis methods (viscosity, the percentage of bounded acid, chemical resistance). It was determined that it was possible to produce cellulose acetate with a DS value of 2.79 in ethyl lactate at 40°C using dissolving pulp. Fourier-transform infrared spectroscopy studies revealed a characteristic band broadening in the 1739 cm⁻¹ region, indicating the presence of acetyl groups. The results of X-ray diffraction analyses also showed that the crystalline structure of cellulose was completely dispersed and band broadenings on diffractograms occurred. However, the calculation made on X-ray diffractograms also provided interesting findings in terms of crystallite sizes. It was observed that the crystallite sizes of the acetates were higher compared to the dissolving pulp. It was determined that the high crystallinity of the samples posed a problem in terms of processing properties such as dissolution. Among the solvents used, only Dimethylsulfoxide was found to have sufficient dissolving power.

Keywords – Synthesis of cellulose acetate, Ethyl lactate, Solvent exchange, Fourier-transform infrared spectroscopy, X-Ray diffraction analysis

Selüloz Asetat Üretimi İçin Çevre Dostu Bir Çözücü Seçeneği: Etil Laktat

Emir ERİŞİR^{2,*}, Esat GÜMÜŞKAYA²

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Pamukova Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Sakarya, Türkiye

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

Article History

Received: 17.01.2024


Accepted: 06.06.2024


Published: 15.08.2024

Research Article

Öz – Bu çalışmanın amacı, selüloz asetat sentezi sırasında endüstriyel üretimde en çok tercih edilen çözücü olan asetik asidin yerine biyobozunur etil laktatın kullanım olanaklarını belirli koşullar altında araştırmaktır. Çalışma sürecinde, sırasıyla su ve asetik asit ile ön işlemlere (aktivasyona) uğratılmış çözünür hamur lifleri, preslendikten sonra etil laktat içinde dağıtılmış ve ardından sülfürik asit katalizöründe asetik anhidrit ile asetilasyon reaksiyonuna tabi tutulmuştur. Asetillenmiş selülozun özellikleri X-ışını kırınım analizleri, Fourier-transform kızılötesi spektroskopisi ve diğer kimyasal analiz yöntemleri (viskozite, bağlı asit yüzdesi) kullanılarak belirlenmiştir. Çözünür hamuru kullanılarak 40°C'de etil laktat içinde 2,79 DS değerine sahip selüloz asetat üretiminin mümkün olduğu belirlenmiştir. Fourier-transform kızılötesi spektroskopisi çalışmaları, asetil gruplarının varlığını gösteren 1739 cm⁻¹ bölgesinde karakteristik bir bant genişlemesi ortaya çıkarmıştır. X-ışını kırınım analizlerinin sonuçları da selülozun kristal yapısının tamamen dağıldığını ve difraktogramlarda bant genişlemelerinin meydana geldiğini göstermiştir. Bununla birlikte, X-ışını difraktogramları üzerinde yapılan hesaplama kristalit boyutları açısından da ilginç bulgular sağlamıştır. Asetatların kristalit boyutlarının çözünür hamura kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Numunelerin yüksek kristalinitesinin çözünme gibi işleme özellikleri açısından bir sorun teşkil ettiği belirlenmiştir. Kullanılan çözücüler arasında yalnızca Dimetilsülfoksitin yeterli çözüme gücüne sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Selüloz asetat sentezi, Etil laktat, Çözücü değişimi, Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi, X-ışını kırınım analizi

¹  emirerisir@subu.edu.tr

²  gkaya@ktu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Introduction

Cellulose, which is one of the most abundant and sustainable polymers in nature and consists of D-glucose units linked by β -1,4 bonds, is seen as an industrial alternative to petroleum-based materials in many fields after derivatization. Under the subject of esters, there are two types of cellulose derivatives: organic acid esters and inorganic acid esters. Among organic acid esters, cellulose acetate is high in terms of its significance to the industrial market. Its versatility has led to it preferred in many industries, including the textile sector, film and membrane technologies, medicinal applications, injection moulding of plastics, and packaging materials.

There are two primary approaches to acetylation in production: homogeneous and heterogeneous processes. Researchers such as Liebert (2010) states that an innovative method for homogenous acetylation process includes first dissolving cellulose in expensive solvents such dimethyl acetamide-lithium chloride. In most cases, studies conducted in a controlled environment would prefer this kind of acetylation. Many other solvent systems used to dissolve cellulose are available in the literature, but the problem is the same: cost effectiveness. The employment of easily available and cheaper solvents is a hallmark of heterogeneous acetylation process, such as fibrous acetylation process and solution acetylation process. Toluene and benzene are solvents that make cellulose and cellulose acetates insoluble in fibrous acetylation, whereas acetic acid and methylene chloride dissolve reaction products in solution acetylation (Balser et al., 2000; Steinmeier, 2004).

Product quality, reaction efficiency, and environmental issues are greatly affected by decisions made about acetylation processes and solvents. Because of its low cost, acetic acid is preferred for use in solution acetylation (industrial) processes (Mark, 2004). However, problems such as reducing the crystallinity and chain length of the product due to the acidic structure of the process, requiring additional steps to remove residual acetic acid in the product, and requiring additional investments for the recovery of the acid (Klemm et al., 1998; Steinmeier, 2004) cause alternatives to be sought for the solvent. In addition, there are environmental issues with the carbon footprint of producing acetic acid, which ranges from 1.3921 to 1.8746 kg CO₂-eq/kg (Medrano-García et al., 2019; Merli et al., 2021).

Ethyl lactate, with its eco-friendly origins and sustainable production from biomass-derived lactic acid and ethyl alcohol, emerges as a compelling alternative. Aligned with green chemistry principles, ethyl lactate's renewable nature and environmentally friendly production (Pereira et al., 2011) position it as a sustainable choice for cellulose acetate synthesis.

Within limits of the available experimental scope, the study investigates the potential of ethyl lactate in cellulose acetate synthesis studies using acetic anhydride as the acetyl donor and different concentrations of sulfuric acid as the catalyst. The effects of reaction temperature were also investigated. Bound acetic acid, degree of substitution (DS), viscosity, and chemical resistance are some of the experimental characteristics described in the study. The structural and thermal characteristics are revealed by comprehensive characterization utilizing XRD, FTIR, and DSC. This study contributes to our knowledge of cellulose acetylation and draws attention to the unique benefits of ethyl lactate in the synthesis of sustainable and efficient cellulose acetate.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

Eucalyptus dissolving pulp supplied by Celltech S.L.U. (Spain) was upgrade to acetate grade level by cold alkali extraction process (10% NaOH solution at 20°C for one hour). The properties of pulp before and after the extraction are given in Table 1. The standards used to determine the properties of the pulp are also summarized in the same table. All chemicals were purchased from Merck KGaA and used without any additional purification.

Table 1
Some properties of cellulose before and after alkaline extraction

Condition	Pulp Viscosity (cm ³ .g ⁻¹) ¹	Kappa Number ²	Alpha-cellulose (%) ³	Alkaline solubility ⁴			
				S ₁₀	R ₁₀	S ₁₈	R ₁₈
Before	478.5	1.00	88.7	10.1	88.5	2.9	92.2
After	522.2	0.97	95.7	4.8	93.0	1.3	95.4

The properties of the pulps determined by following standards; ¹: TAPPI T 230 om-08; ²: TAPPI T 236 om-13; ³: TAPPI T203 cm99; ⁴: TAPPI T235 cm-00; S₁₀ and S₁₈: Soluble portion (%) of pulp in 10% and 18% NaOH; R₁₀ and R₁₈: Residual portion (%) of pulp in 10% and 18% NaOH

2.2. Methods

2.2.1. The Synthesis of Cellulose Acetates

Activation of dissolving pulp. To ensure the accessibility of all hydroxyl (OH⁻) groups, a one-step deionized water activation followed by two steps of acetic acid activation was applied to the dissolving pulp. Initially, 10 grams of the cold alkaline-extracted dissolving pulp (air-dried) were dispersed in 500 ml of water with the aid of a mechanical stirrer (at 500 rpm) at ambient temperature for 10 minutes. Subsequently, the water in the pulp suspension was eliminated using a Büchner funnel and vacuum flask. In the second activation step, the fibers were dispersed in acetic acid (analytical grade) with the aid of a mechanical stirrer (at 500 rpm) for further activation and to prevent water ingress into the acetylation reactor. The process with acetic acid was repeated twice, and the acid was removed again with the assistance of a Büchner funnel and vacuum flask after each activation step.

Acetylation of dissolving pulp. Following the activation step, in a glass Erlenmeyer flask, the cellulosic fibers were dispersed in a mixture of ethyl lactate (50 ml, solvent) and sulfuric acid (catalyst) until a homogeneous fiber suspension was achieved. The suspension temperature was adjusted to the reaction temperature on a hot plate with a magnetic stirrer (at 500 rpm), and 50 ml of acetylation agent (acetic anhydride) was introduced into the reactor to initiate acetylation. The effects of only two parameters, the reaction temperature (at 20 or 40°C) and catalyst amount (0.1, 0.25, 0.5 or 1.00 ml), were investigated in the implementation of the acetylation process. The reaction time was 180 minutes.

Precipitation of acetylated cellulose. At the end of the reaction, using a separating funnel, the acetate dope was gradually introduced into a 2000 ml of a brine solution prepared with 10 grams of potassium carbonate to stop acetylation reaction and precipitate the acetate particles. The precipitated particles were filtered using a sieve, washed thoroughly with tap water, and allowed to dry at room temperature.

2.2.2. Characterization of Cellulose Acetates

Acetylation degree, viscosity, chemical resistance, structural properties by X-Ray diffractometer and Fourier-transform infrared spectrometer and thermal behaviors by Differential Scanning Calorimeter were studied.

Acetylation Degree. The bounded acetic acid percentage of cellulose acetates (CAs) was determined using the Heterogeneous Saponification Method in accordance with the ASTM D 871-96 standard. In this method, acetylated particles (o.d., 0.5 g) are heated in 75% ethyl alcohol solution at 50-60°C for 30 min. At the end of the time, NaOH solution (0.5 N, 40 ml) was added to flask and the mixture was kept at the same temperature for 15 minutes. The samples are then left at room temperature for 48-72 hours depending on the estimated acetyl percentage of the sample. At the end of the period, the sample is titrated with HCl (0.5 N) solution. After colour transformation, additional HCl (0.5 N, 1.00 ml) is added to the flask and left at room temperature overnight to allow the NaOH to diffuse through the regenerated cellulose. Titration is then continued using HCl (0.5 N) solution until colour stabilization is achieved. The bounded acetic acid percentage of the sample is determined using the following equation:

$$\text{PAC, \%} = [(D-C)Na + (A-B)Nb] \times 6.005 / W \quad (2.1)$$

Where, *A*: the volume (ml) of NaOH solution used for sample titration, *B*: the volume (ml) of NaOH solution used for blank titration, *C*: the volume (ml) of HCl solution used for sample titration, *D*: the volume (ml) of HCl solution used for blank titration, *Na*: the molar concentration of the HCl solution for titration, *Nb*: the molar concentration of the NaOH solution for titration, 6.005: a constant related to the molecular weight of acetic acid, *W*: the sample weight (g).

The following equation was used to determine the degree of substitution (Fan et al., 2009).

$$\text{Degree of substitution, DS} = [(162 \times \text{Acetic acid content}) / (6000 - (42 \times \text{Acetic acid content}))]$$

Where, DS is degree of substitution, 162 g/mol is related to average molecular weight of anhydroglucose, 6000 is related to the molecular weight of the acetic acid.

Viscosity. For the viscosity measurements conducted within the scope of the study, the method outlined by Buchanan et al. (1991) was employed. In accordance with this method, acetate solutions were prepared by dissolving 0.25 g of cellulose acetate sample in 100 ml of DMSO. Viscometry measurements of the solutions, which were filtered if necessary, were conducted using an Ubbelohde viscometer in a water bath (Schott Gerate, 20000 ml) with the temperature set at 25 °C. Viscosity calculations were performed based on the measured flow times of the solutions, employing the following equations:

$$\eta_{\text{REL}} = T_2 / T_1 \quad (2.2)$$

$$\eta_{\text{SP}} = \eta_{\text{REL}} - 1 \quad (2.3)$$

$$[\eta] = (2 \times (\eta_{\text{SP}} - \ln \eta_{\text{REL}}))^{1/2} / C \quad (2.4)$$

Where, η_{REL} : relative viscosity, η_{SP} : specific viscosity, $[\eta]$: intrinsic viscosity, *C*: concentration of acetate solution (g/ml), T_2 : flow time of Cellulose acetate/dimethylsulfoxide solution (sec.), T_1 : flow time of dimethylsulfoxide (sec.).

Chemical Resistance. Chemical resistances were assessed utilizing the method described in (Elidrissi et al. 2012). Approximately 0.1 g of acetylated particles were immersed overnight in 3 ml of specific solvents, including toluene, chloroform, tetrahydrofuran, dioxin, diethyl ether, methyl ethyl ketone, cyclohexane, aniline, dimethyl formamide, DMSO (Dimethyl sulphoxide), methanol, and ethanol. Following the period, the response of the samples to the chemicals was observed, and images were captured using a camera.

Molecular Structure. Prior to analyses, dissolving pulp and acetylated particles were ground in a Wiley mill and the particles remaining on a 40-mesh sieve were used for analyses.

A PerkinElmer Spotlight 400 FTIR ATR spectrophotometer (USA) was employed to ascertain and confirm the molecular structure, conformation, and presence of functional groups. Acetylated particles possessing suitable characteristics were prepared using the KBr-disk method for measurements. All FTIR spectra were collected in the range of 4000 cm^{-1} to 500 cm^{-1} with a spectrum resolution of 4 cm^{-1} .

XRD analysis was employed as another technique to elucidate the molecular structure. Structural changes were examined using a Rigaku Ultima-IV X-ray Diffractometer (Ni-filtered Cu-K α , $\lambda = 0.154$ nm) at 40 kV and 300 mA, with a scanning speed of 1° min^{-1} and a scanning angle range of 5–50. The operating voltage and current were set at 40 kV and 30 mA, respectively. The crystallinity index (CrI) was calculated using the following equation (Segal et al., 1959).

$$\text{CrI} = [(I_{002} - I_{\text{am}}) / I_{002}] * 100 \quad (2.5)$$

Where, CrI is the degree of crystallinity, I_{002} is the maximum intensity of the (002) lattice diffraction and I_{am} is the intensity diffraction at 18° 2 θ degrees.

Thermal Behaviors. A Netzsch DSC 200F3 instrument (Netzsch Group, Germany) was utilized to investigate the thermal behaviors of cellulose-based polymers, including decomposition, crystallization, glass transition, and melting. Prior to analysis, dissolving pulp and acetylated particles were ground in a Wiley mill, and the particles remaining on a 40-mesh sieve were used for the analyses. The tests were conducted at a heating rate of $10^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ heating rate under nitrogen flow ($30\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$) from 20 to 500°C .

3. Results and Discussion

One of the most crucial factors influencing all behaviors of cellulose derivatives is the quantity of substituents corresponding to each glucose monomer. Indeed, the quantity of substituents shows a direct influence on the structural, thermal, and rheological properties of the polymer. Furthermore, the distribution of substituents along the polymer chain also significantly impacts the aforementioned properties, although it has not been scrutinized in the scope of this study. In Table 2, the percentages of bounded acetic acid, along with calculated DS values and the results of viscosity measurements are presented.

Table 2. Some chemical and rheological properties of cellulose acetate samples synthesized under the solvent effect of ethyl lactate.

Reaction Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Catalyst amount (ml)	Sample Code	Acetic acid percentage (%)	DS	Viscosity				
					η_{REL}	η_{SP}	$[\eta]$	CRI (%)	C002 (nm)
20	0.10	1EL20S010	43.075	1.67	1.15	0.15	55.5	27.9	2.95
	0.25	1EL20S025	40.690	1.54	1.09	0.09	34.3	18.9	3.78
	0.50	1EL20S050	45.333	1.79	1.07	0.07	27.8	12.8	3.60
	1.00	1EL20S100	49.842	2.07	1.03	0.03	11.6	4.2	3.30
40	0.10	1EL40S010	32.464	1.13	1.10	0.10	36.5	52.2	4.51
	0.25	1EL40S025	59.989	2.79	1.05	0.05	18.7	-	-
	0.50	1EL40S050	41.555	1.58	1.12	0.12	44.3	28.7	2.90
	1.00	1EL40S100	31.177	1.36	1.06	0.06	20.9	20.1	3.5
Dissolving Pulp	-	-	-	-	-	-	-	68.9	4.15

Acetylation Degree and Viscosity

Upon examining Table 2, it was observed that cellulose acetate can be successfully synthesized through the utilization of ethyl lactate as a solvent. The DS values of the resulting cellulose acetates range from 1.13 to 2.79, with the highest value observed in the sample labeled 1EL40S025. As detailed in subsequent sections, the finding of successful acetylation is substantiated by thorough analyses conducted using spectroscopy and diffractometer devices. Notably, in syntheses carried out at room temperature, an increase in the catalyst amount positively influenced DS, while an elevation in temperature led to more unstable results. The critical role of the catalyst quantity in influencing the equilibrium between acetylation and cellulose degradation events is well established (Bhatti & Howard, 1976; Steinmeier, 2004). Conversely, intrinsic viscosity values demonstrated a consistent decrease with an increase in the catalyst amount, highlighting an inverse relationship with DS values. This decline in intrinsic viscosity is attributed to the heightened acidity of the reaction medium, resulting in a reduction in the polymer's molecular weight. Furthermore, it is suggested that the quantity and distribution of acetyl groups along the polymer also impact solubility and, consequently, viscosity.

Chemical resistance

It was observed in Figure 1 that the solvents used to assess chemical resistance properties had a limited dissolution effect on cellulose acetates synthesized for similar reasons. Specifically, only DMSO exhibited complete dissolution, while solvents such as Dimethylformamide, Formic acid, and Aniline caused a swelling effect on the samples. No noticeable impact was observed in other solvents. The solubility of cellulose acetate is influenced by various factors, including its chemical composition (degree of substitution, distribution of substituents, hemicellulose content), physical structure (particle size), polarity, molecular mass distribution, and morphological characteristics. Additionally, the type, polarity, and molecular size of the solvent play a crucial role (Pintaric et al., 2000; Shaikh et al., 2009).

The dependence of cellulose acetate solubility on its degree of substitution necessitates a careful selection of solvents for dissolution. Heinze and Liebert (2004), in their comprehensive review, emphasized that cellulose triacetate with a DP value of approximately 300 can be effectively dissolved in dichloromethane, chloroform, chlorinated hydrocarbons, formic acid, acetic acid, aniline, and pyridine. This insight underscores the importance of tailoring solvent choices to the specific characteristics of cellulose acetate, particularly its degree of substitution, to achieve optimal solubility and dissolution outcomes.

Molecular structure

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) stands out as a highly valuable analytical technique for identifying functional groups through the measurement of molecular vibrations. Its exceptional molar absorption capacity and the capability to detect carbonyl groups, such as ester groups, even at minimal concentrations make it a preferred method in research. Consequently, numerous researchers have employed FT-IR for the characterization of acetylation in both wood and cellulose (Hurtubise, 1962; Sassi and Chanzy, 1995; Klemm et al., 1998; Popescu et al., 2012).

In the FT-IR spectra of unacetylated and acetylated dissolving pulps (Figure 2), the "fingerprint" region shows significant differences. Upon analyzing the FT-IR spectra, it is well-established that the acetyl/carbonyl groups present in the main chain of cellulose manifest an expansion in the 1720-1760 cm^{-1} band (Heinze and Liebert, 2004; Heinze et al., 2006; Popescu et al., 2012). The characteristic pattern has also been observed in cellulose acetates synthesized in ethyl lactate for all samples, with a broadening that peaks at the wavelength range of 1735-1740 cm^{-1} , as can be seen in Figure 2. No vibration was observed in this region for unacetylated dissolving pulp. The spectral shift aligns with established literature on cellulose acetylation and provides clear evidence of the successful introduction of acetyl groups into the cellulose structure during the synthesis process in ethyl lactate. The main reason for the non-constant location of acetyl groups in FT-IR spectra can be attributed to the variations in acetylation conditions. The reaction parameters applied during the acetylation process, such as the amount of catalyst, temperature etc., can affect the way acetyl groups bound to and the amount of the cellulose molecule. These variations may affect the binding positions of acetyl groups to the cellulose molecule by affecting the intensity, position, and width of the peaks in the FT-IR spectra.

Another evidence of acetylation is the bands appearing in the spectrum of dissolving pulp in the 1200 and 1400 cm^{-1} range (Pethrick and Wilson, 2013, Zhang et al., 2013). The bands around 1240-1280 cm^{-1} are associated with the stretching vibration of C-O bonds. In acetylated cellulose, these peaks are often attributed to the C-O stretching in acetyl groups. Furthermore, the presence of methyl (-CH₃) groups in the acetyl groups leads to a characteristic deformation vibration, typically observed around 1375 cm^{-1} .



Figure 1. The photographs showing the chemical resistance of cellulose acetate samples, synthesised under the solvent effect of ethyl lactate, in some solvents (Abbreviations, DMSO: Dimethyl sulfoxide, FA: Formic acid, DMF: Dimethylformamide, ANI: Anillin, TOL: Toluene, THF: Tetrahydrofuran, DIO: Dioxane, DCM: Dichloromethane, ACE: Acetone, DEE: Diethyl ether, CHCl₃: Chloroform, CH: Cyclohexane, EtOH: Ethyl alcohol, MetOH: Methyl alcohol). The numbers in the pictures, 18: 1EL20S010, 19: 1EL20S025, 20: 1EL20S050, 21: 1EL20S100, 22: 1EL40S010, 23: 1EL40S025, 24: 1EL40S050, 25: 1EL40S100).

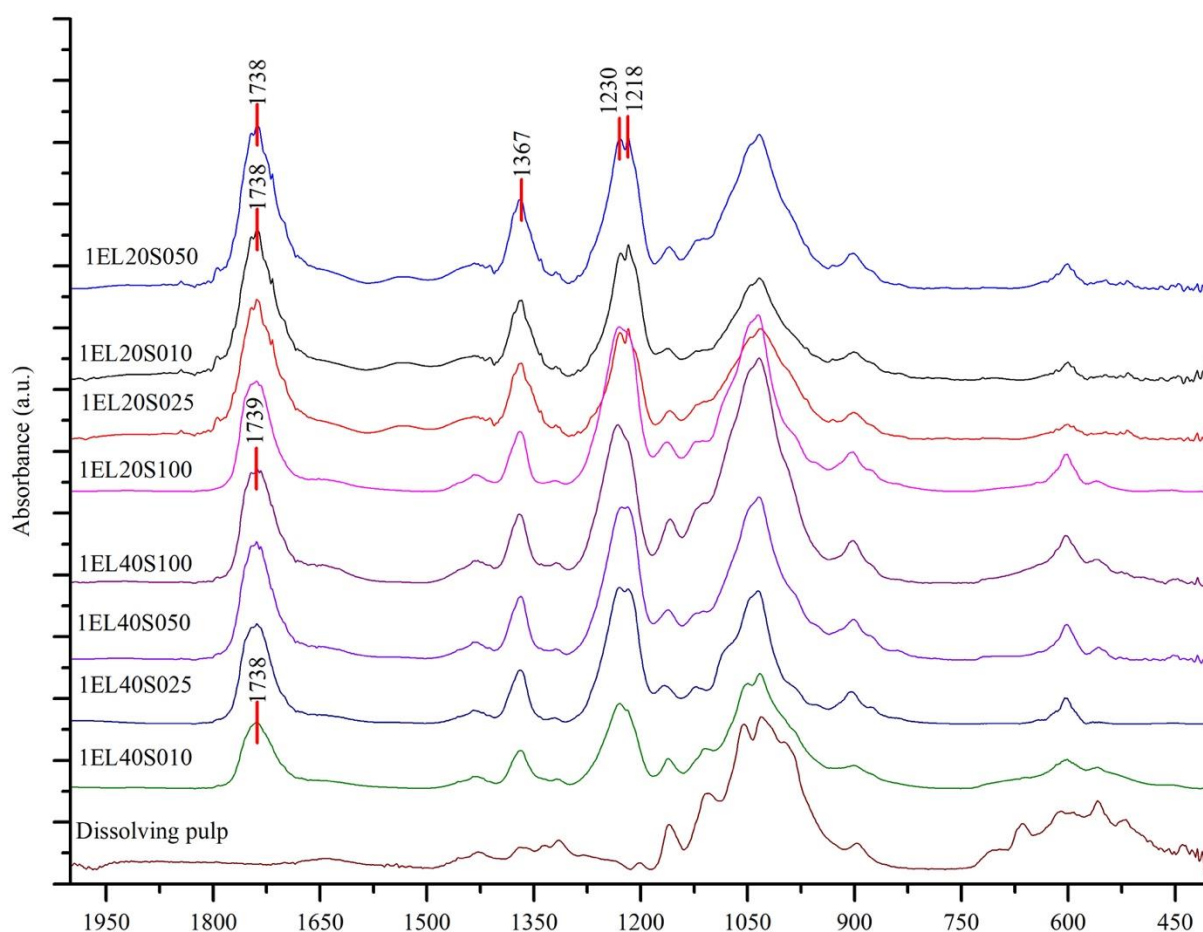


Figure 2. FT-IR spectra in the 2000-400 cm^{-1} of unacetylated dissolving pulp and the samples after acetylation in ethyl lactate

In the 3000-3600 cm^{-1} band range, it is clearly seen that changes occur in the stretching band intensities arising from intra- and inter-molecular H bridges between OH groups (Zhang et al., 2013). The bandwidth of the peaks in the wavelength range of 3000 - 3600 cm^{-1} , which refers to OH groups in the cellulose chain, decreases similar to the previous studies. As seen in Figure 3, the peaks obtained in the wavelength range of 3000 - 3600 cm^{-1} have reached their lowest levels after acetylation reaction. In conclusion, the decrease in peak intensity also indicates a potential modification of OH groups in the cellulose chain during the acetylation process in ethyl lactate.

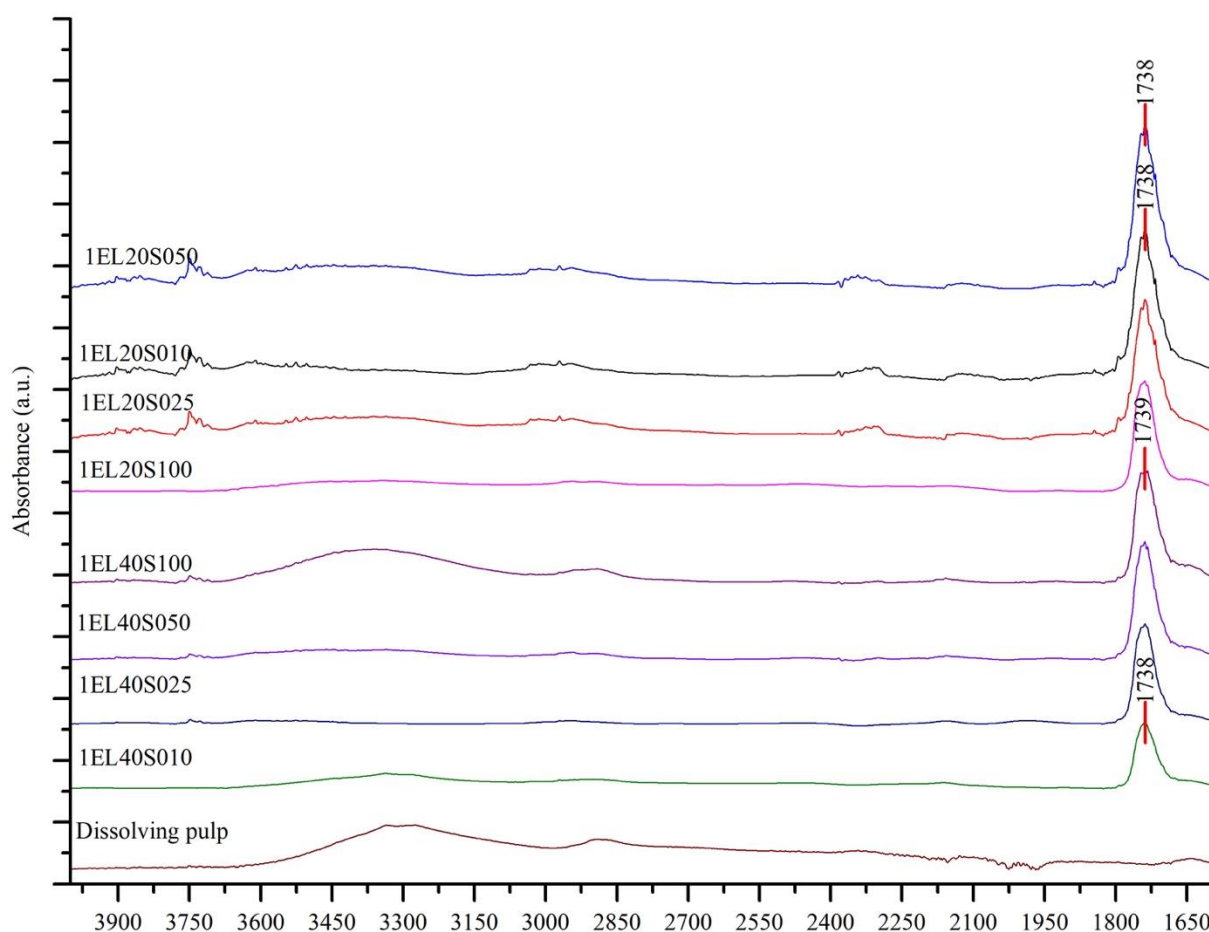


Figure 3. FT-IR spectra in the 2000-400 cm^{-1} of unacetylated dissolving pulp and the samples after acetylation in ethyl lactate

Wide-angle X-ray diffractograms of acetylated and unacetylated samples were thoroughly examined to gain insights into the molecular structure of the materials. The X-ray diffractogram of dissolving pulp exhibited characteristic planes of cellulose, well-documented in the literature (Popescu et al., 2012; Das et al., 2014). A detailed analysis revealed a distinct reduction in reflections at $2\theta = 15.0\text{-}15.2^\circ$ (101), $16.7\text{-}16.8^\circ$ ($10\bar{1}$), and 22.5° (002) planes compared to cellulose acetate. Interestingly, these planes, prominently present in the XRD spectrum of dissolving pulp, appeared to diminish following acetylation reactions. A noteworthy feature indicating semi-crystalline acetylated cellulose was the broad reflection observed at $2\theta = 8^\circ$ (Filho et al., 2008; Hu et al., 2011; Popescu et al., 2012), which became apparent in the X-ray diffractogram of dissolving pulp after acetylation. Similarly, diffraction peaks around $10\text{-}11^\circ$ were detected, which were attributed to the crystalline peaks of cellulose acetate II (Das et al., 2014).

The successful acetylation was further evidenced by calculations assessing the degree of crystallinity. Post-acetylation analysis of the diffractograms revealed a decrease in the degree of crystallinity, attributed to the disruption of intermolecular and intramolecular hydrogen bonds in cellulose as hydroxyl groups were replaced with acetyl groups. Barud et al. (2008) reported that during acetylation of cellulose, acetyl groups disrupt the microfibrillar structures of cellulose by changing the spacing of fibrils in the supramolecular structure of cellulose. The steady reduction in crystallinity correlated with an increase in the acetyl group's replacement of hydroxyl groups (Table 2). Additionally, it was observed that the crystallite size, which initially increased at low DS values due to the acidic reaction environment, exhibited a subsequent decrease as the DS value increased. The crystallinity index (CRI) became more apparent with an increasing catalyst quantity,

particularly at 40°C. Notably, the CRI, initially determined as 68.9% for the dissolving pulp raw material, exhibited a decrease to 52.2% for sample 1EL40S010. It was observed that the average crystallinity of cellulose acetate samples obtained in the ethyl lactate creates higher results that of previous studies. This heightened crystallinity raises concerns about potential challenges in the processing of cellulose acetates.

For 1EL40S025, the reduction in crystallinity percentage was even more pronounced, indicating the complete dispersion of the crystalline structure. The observed modifications in the degree of substitution (DS) values correlated with similar trends in crystallinity percentages. Likewise, at 20°C, there was a consistent decline in crystallinity percentage with the escalating degree of substitution (DS) values. These findings underscore the intricate relationship between acetylation conditions, DS values, and the resulting crystalline structure, providing valuable insights into the synthesis process.

Thermal behaviors

The thermal analysis results of cellulose acetates synthesized in ethyl lactate at temperatures of 20°C and 40°C are illustrated in Figure 4. The endothermic reaction observed up to 100°C is attributed to the dehydration of the sample (Filho et al, 2008; Cerqueira et al, 2009) but the section is not showed in the figure.

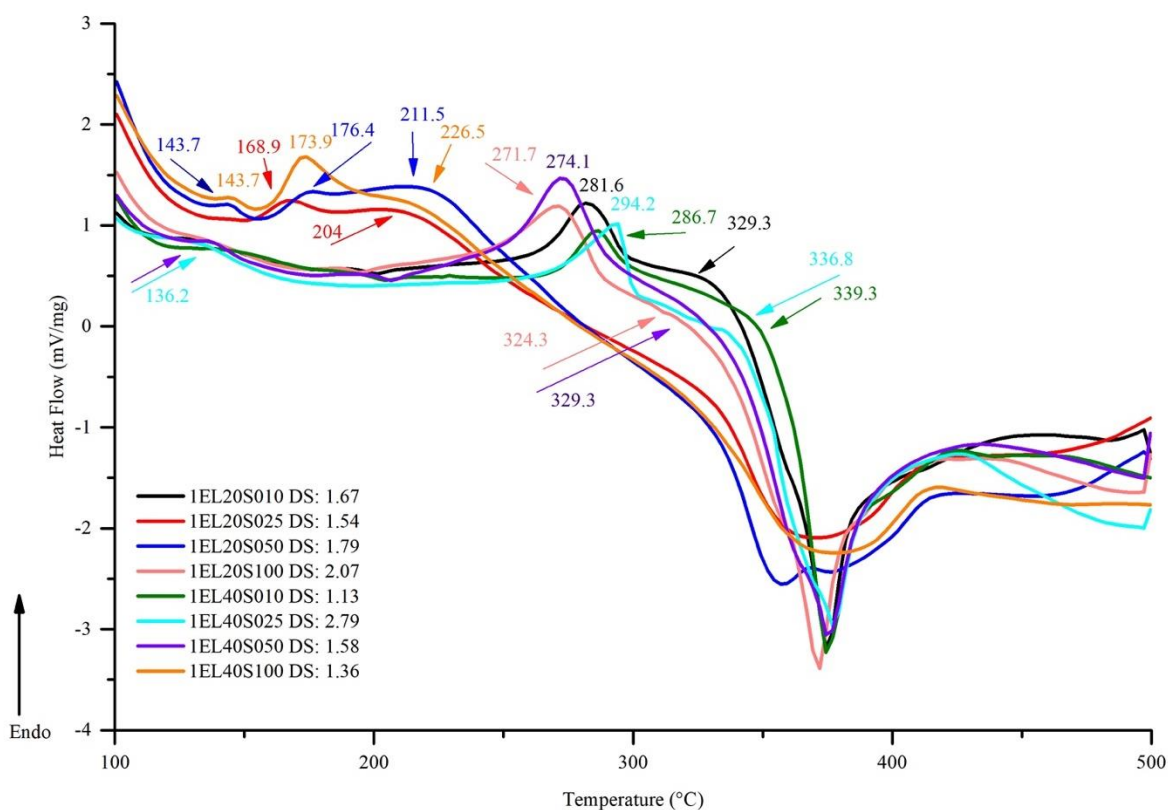


Figure 4. Thermograms of cellulose acetate samples

The initial thermal behavior relates to the glass transition of the sample (T_g), observed consistently across all samples within a specific temperature range. The endothermic behaviors of samples synthesized at both temperatures; it was noted that changes indicative of T_g occurred in the temperature range of 136.0-180°C. It was observed that the T_g of the sample labeled with the 1EL40S025, which has the highest degree of substitution, started earlier than the other samples. With an increase in synthesis temperature to 40°C, the glass transition transformation exhibited an upward trend.

In contrast, Kamide and Saito (1985) conducted an extensive study exploring the effects of total degree of substitution (DS) and average molecular weight on glass transition (T_g), melting point (T_m), and thermal

decomposition (T_d) values for cellulose acetate samples with varying degrees of substitution and molecular weight distribution. Glass transition temperatures of fractionated cellulose acetate samples ($DS=2.92$) were found in the range of 181-187°C. Their findings suggested that a decrease in DS value has an increasing effect on the glass transition temperature. Similarly, Zhang et al. (2013) investigated the melting behavior of cellulose acetates with substitution degrees of 1.28, 1.51, and 1.72, finding that this behavior occurred within a wide temperature range of 135-210°C.

The graphical representations reveal that there is no crystallization behavior (T_c) indicating exothermic transformation in both temperature groups, while there is a transformation indicating melting behavior (T_m). However, among the samples synthesized at 40°C, only for 1EL40S100 no melting behavior was recorded. Among the samples synthesized at 20°C, the melting temperature range for 1EL20S010 and 1EL20S100 started around 250°C and the transformation was completed just above 300°C, similar to the samples synthesized at 40°C. As in the T_g ; it was observed that the increase in DS value was also effective on the T_m value of the samples, the sample with a DS value of 2.79 started this behavior last and completed the transformation last.

The final observed behavior as the temperature increases is the decomposition temperature (T_d) value, signifying the initiation of sample decomposition under temperature influence (Das et al., 2014). It was determined that this exothermic behavior clearly started around 320°C for all samples and showed differences according to the sample structure.

4. Conclusion

The study focuses on the synthesis and characterization of cellulose acetates using ethyl lactate as a solvent under specific conditions.

- The success of the acetylation process was determined based on the chemical properties, and it was confirmed through DS values ranging from 1.13 to 2.79 by saponification method.
- The chemical properties, including DS and intrinsic viscosity, were found to be sensitive to variations in catalyst amount and temperature during synthesis, highlighting the intricate balance in acetylation conditions.
- Solvent resistance exhibited variability, indicating dissolution and partial swelling in some solvents, while others showed no signs of dissolution.
- Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) revealed the presence of acetyl groups on the cellulose chain at the band of 1735-1740 cm^{-1} , and X-ray diffractograms demonstrated a reduction in crystallinity post-acetylation, with some samples experiencing complete structural disintegration. Further exploration of specific spectral regions in FTIR could provide deeper insights into solvent system influence on cellulose functional groups, contributing to a comprehensive understanding of acetylation-induced structural changes.
- Thermal behavior, encompassing glass transition (T_g), melting (T_m), and decomposition (T_d) temperatures, highlighted the significant impact of DS values on material thermal stability.

A complex relationship between chosen synthesis variables, structural, and thermal properties was identified under specific conditions, emphasizing the crucial role of temperature and catalyst amount in tailoring cellulose acetates with desired properties. For next studies, a full factorial design is recommended for a precise assessment of variable effects on acetylation development.

Acknowledgements

The authors were acknowledged to The Scientific and Technological Research Council of Türkiye for financial supporting of the study (Grant number: 113O252).

Author Contributions

Emir ERİŞİR: Methodology, Investigation, Writing - Original Draft, Writing - Review & Editing, Visualization, Resources.

Esat GÜMÜŞKAYA: Conceptualization, Supervision, Project administration, Funding acquisition, Resources, Writing - Review & Editing.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest was reported by the authors.

References

- ASTM D 871-96 (2010) Standard Test Methods of Testing Cellulose Acetate. American Society For Testing And Materials, Conshohocken, Pennsylvania.
- Balsler, K., Hoppe, L., Eichler, T., Wendel, M., Astheimer, H. –J. and Steinmeier, H. (2000). Cellulose Esters. In: Ullmann's Enc. of Industrial Chemistry, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany pp. 30. https://doi.org/10.1002/14356007.a05_419
- Barud, H. S., de Araújo Júnior, A. M., Santos, D. B., de Assunção, R. M., Meireles, C. S., Cerqueira, D. A., Filho, G. R., Riberio, C. A., Messadeq, Y., Ribeiro, S. J. (2008). Thermal behavior of cellulose acetate produced from homogeneous acetylation of bacterial cellulose. *Thermochimica Acta*, 471(1), 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2008.02.009>
- Bhatti, M. A., Howard, P. (1976). A kinetic study of the acid catalysed degradation of cellulose triacetate in chloroform/acetic anhydride solution. *Die Makromolekulare Chemie: Macromolecular Chemistry and Physics*, 177(1), 101-120. <https://doi.org/10.1002/macp.1976.021770109>
- Buchanan, C. M., Edgar, K. J., Wilson, A. K. (1991). Preparation and characterization of cellulose monoacetates: the relationship between structure and water solubility. *Macromolecules*, 24(11), 3060-3064. DOI: <https://doi.org/10.1021/ma00011a005>
- Cerqueira, D. A., Valente, A. J., Guimes Filho, R., Burrows, H. D. (2009). Synthesis and properties of polyaniline–cellulose acetate blends: the use of sugarcane bagasse waste and the effect of the substitution degree. *Carbohydrate polymers*, 78(3), 402-408. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.04.016>
- Das, A. M., Ali, A. A., Hazarika, M. P. (2014). Synthesis and characterization of cellulose acetate from rice husk: Eco-friendly condition. *Carbohydrate polymers*, 112, 342-349. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.06.006>
- Elidrissi, A., El Barkany, S., Amhamdi, H., Maaroufi, A., & Hammouti, B. (2012). New approach to predict the solubility of polymers. Application: Cellulose acetate at various DS, prepared from alfa “stipatenassicima” of eastern morocco. *J. Mater. Environ. Sci*, 3(2), 270-285.
- Fan, X., Liu, Z.-W., Lu, J. Liu, Z.-T. (2009). Cellulose Triacetate Optical Film Preparation from Ramie Fiber. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48, 6212–6215. <https://doi.org/10.1021/ie801703x>
- Filho, G. R., Monteiro, D. S., da Silva Meireles, C., de Assunção, R. M. N., Cerqueira, D. A., Barud, H. S., Riberio, S. J. L., Messadeq, Y. (2008). Synthesis and characterization of cellulose acetate produced from recycled newspaper. *Carbohydrate Polymers*, 73(1), 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.11.010>
- Gilbert R.D. and Kadla J.F. (1998). Polysaccharides-Cellulose. In: D.L. Kaplan, Editor, Biopolymers from renewable resources. Berlin, Heidenberg, New York: Springer Verlag, pp. 80–82. https://doi.org/10.1007/978-3-662-03680-8_3
- Heinze, T. and Liebert, T. (2004). Chemical characteristics of cellulose acetate. In: Rustemeyer, P., Editor. Cellulose Acetates: Properties and Applications, Macromolecular Symposia 208, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 167-238. <https://doi.org/10.1002/masy.200450408>

- Heinze, T., Liebert, T. and Koschella, A. (2006). Analysis of polysaccharide structures. In: Esterification of polysaccharides, Chapter 3, Springer Science & Business Media, 15-40. https://doi.org/10.1007/3-540-32112-8_3
- Hu, W., Chen, S., Xu, Q., Wang, H. (2011). Solvent-free acetylation of bacterial cellulose under moderate conditions. *Carbohydrate Polymers*, 83(4), 1575-1581. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.10.016>
- Hurtubise, F. G. (1962). The analytical and structural aspects of the infrared spectroscopy of cellulose acetate. *Tappi*, 45, 6.
- Kamide, K., Saito, M. (1985). Thermal analysis of cellulose acetate solids with total degrees of substitution of 0.49, 1.75, 2.46, and 2.92. *Polymer Journal*, 17(8), 919.
- Klemm D., Phillip B., Heinze T., Heinze U. and Wagenknecht W. (1998). Analytical methods in cellulose chemistry. In *Comprehensive cellulose chemistry; Volume I: Fundamentals and Analytical Methods*, Weinheim: Wiley, pp. 188. <https://doi.org/10.1002/3527601929>
- Liebert, T. (2010). Cellulose solvents-remarkable history, bright future, *Cellulose Solvents: for Analysis, Shaping and Chemical Modification*, ACS symposium series Oxford University Press (pp 3-54). <https://doi.org/10.1021/bk-2010-1033.ch001>
- Mark, H. (2004). Cellulose Esters, Organic. In: Mark, H., Editor. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., 9, pp. 129. <https://doi.org/10.1016/10.1002/0471440264>
- Medrano-García, J. D., Ruiz-Femenia, R., Caballero, J. A. (2019). Revisiting classic acetic acid synthesis: optimal hydrogen consumption and carbon dioxide utilization. *Computer Aided Chemical Engineering*, 46, 145-150. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818634-3.50025-4>
- Merli, G., Becci, A., Amato, A., Beolchini, F. (2021). Acetic acid bioproduction: The technological innovation change. *Science of the Total Environment*, 798, 149292. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149292>
- Pereira, C. S., Silva, V. M., Rodrigues, A. E. (2011). Ethyl lactate as a solvent: Properties, applications and production processes—a review. *Green Chemistry*, 13(10), 2658-2671. <https://doi.org/10.1039/C1GC15523G>
- Pethrick, R. A., Wilton, A. M. (2013). Plasticization of fibrous cellulose acetate: Part I—synthesis and characterization. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 62(4), 181-189.
- Pintaric, B., Rogošić, M., Mencer, H. J. (2000). Dilute solution properties of cellulose diacetate in mixed solvents. *Journal of Molecular Liquids*, 85(3), 331-350. [https://doi.org/10.1016/S0167-7322\(00\)89017-0](https://doi.org/10.1016/S0167-7322(00)89017-0)
- Popescu, C. M., Larsson, P. T., Olaru, N., Vasile, C. (2012). Spectroscopic study of acetylated kraft pulp fibers. *Carbohydrate Polymers*, 88(2), 530-536. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.12.046>
- Sassi, J. F., Chanzy, H. (1995). Ultrastructural aspects of the acetylation of cellulose. *Cellulose*, 2, 111-127. <https://doi.org/10.1007/BF00816384>
- Segal, L. G. J. M. A., Creely, J. J., Martin Jr., A. E., Conrad, C. M. (1959). An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. *Textile research journal*, 29(10), 786-794. <https://doi.org/10.1177/004051755902901003>
- Shaikh, H. M., Pandare, K. V., Nair, G., Varma, A. J. (2009). Utilization of sugarcane bagasse cellulose for producing cellulose acetates: Novel use of residual hemicellulose as plasticizer. *Carbohydrate Polymers*, 76(1), 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.09.014>
- Steinmeier, H. (2004). Acetate Manufacturing, Process and Technology. In: Rustemeyer, P., Editor. *Cellulose Acetates: Properties and Applications*, Macromolecular Symposia 208, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, pp. 49-60. <https://doi.org/10.1002/masy.200450405>
- TAPPI T 230 om-08 (2008) Viscosity of pulp (capillary viscometer method).
- TAPPI T 236 om-13 (2013) Kappa number of pulp.
- TAPPI T203 cm99 (1999) Alpha beta and gamma cellulose in pulp.
- TAPPI T235 cm-00 (2000) Alkali solubility of pulp at 25°C.
- Zhang, G., Huang, K., Jiang, X., Huang, D., Yang, Y. (2013). Acetylation of rice straw for thermoplastic applications. *Carbohydrate Polymers*, 96(1), 218-226. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.03.069>

Okul Öncesi Eğitim Kurumlarının Mobilya Donatı Elemanları Açısından Değerlendirilmesi: Isparta İli Örneği

Sevim Nurşen Yazıcıoğlu¹, Merve Cambazoğlu^{2,*}, Abdullah Sütçü³

1,2,3 Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 29.03.2024

Kabul: 29.07.2024

Yayın: 15.08.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Okul öncesi eğitim dönemi çocukların zekâ gelişimlerinin yanı sıra fiziksel ve duygusal gelişimlerinin de hızla gerçekleştiği ve şekillendiği dönemdir. Çocuklar, bilişsel düzeylerinin geliştiği bu dönemde çevrelerinde kullandıkları ve sürekli temas halinde oldukları tüm donatı elemanlarından etkilenmektedir.

Bu çalışmada, Isparta ilinde bulunan kamu ve özel kuruluşlara ait okul öncesi eğitim kurumları mobilya donatı elemanları açısından incelenmiştir. Çalışmada nitel araştırmaya yöntemlerinden gözlem tekniği kullanılmış, Isparta merkez ve ilçelerinde bulunan 23 adet okul öncesi eğitim kurumu çalışma kapsamına alınmıştır. Gözlem ve fotoğraflama tekniği ile bu kurumlarda kullanılan mobilyalar kullanılan malzemenin cinsi, antropometrik boyutlara uygunluğu, mobilyalarda kullanım sonrası oluşabilecek sağlık ve güvenlik riskleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, ahşap esaslı ürünlerde çoğunlukla ahşap kompozit levhalardan mamul mobilyaların kullanıldığı, sandalye tercihlerinde plastik esaslı ürünlerin (%65) yaygın olarak tercih edildiği belirlenmiştir. Mevcutta kullanılmakta olan mobilyaların boyutsal uygunluk açısından MEB tarafından rapor edilen ölçülerle paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Ahşap sandalye, masa ve depolama elemanlarının çeşitli yıpranmalar ve bunların gerekli tamir bakımlarının zamanında yapılmaması-takip edilmemesi sonucu kaza, yaralanma ve sağlık açısından riskler oluşturabileceği anlaşılmıştır. Günün büyük bir bölümünü okul öncesi eğitim kurumlarında mobilya elemanları ile temas halinde geçiren 0-6 yaş grubu çocukların, bilişsel gelişimleri ve sağlıklı bir ortamda eğitim alabilmeleri için sürdürülebilir ve doğal bir malzeme olan ahşabın okul öncesi eğitim kurumlarında kullanımının yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler – Okul öncesi eğitim kurumları, Mobilya, Ergonomi, Ahşap, Çocuk

Evaluation of Kindergartens in terms of Furniture Equipment Elements: Example of Isparta Province

Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, Isparta, Türkiye

Article History

Received: 29.03.2024

Accepted: 29.07.2024

Published: 15.08.2024


Research Article

Abstract – The pre-school education period is the period in which children's physical and emotional development as well as their intellectual development is rapidly realized and shaped. In this period when their cognitive levels are developing, children are affected by all the reinforcement elements they use in their environment and are in constant contact with.

In this study, pre-school education institutions belonging to public and private organizations in Isparta province were examined in terms of furniture fittings. Observation technique, one of the qualitative research methods, was used in the study and 23 pre-school education institutions in Isparta center and districts were included in the study. With observation and photography techniques, the type of furniture used in these institutions, the type of material used, its suitability for anthropometric dimensions, health and safety risks that may occur after use in furniture were examined. As a result of the study, it was determined that furniture made of wood composite panel is mostly used in wood-based products, while plastic-based products (65%) are widely preferred in chair preferences. It was determined that the furniture currently in use is in line with the dimensions reported by the Ministry of National Education in terms of dimensional suitability. It is understood that wooden chairs, tables and storage elements may pose risks in terms of accidents, injuries and health as a result of various wear and tear and failure to carry out the necessary repair and maintenance on time. It is recommended that the use of wood, which is a sustainable and natural material, should be widespread in preschool education institutions for the cognitive development of children aged 0-6, who spend most of the day in contact with furniture elements in preschool education institutions, and for them to receive education in a healthy environment.

Keywords – Kindergarten, Furniture, Ergonomics, Wood, Children

¹  sevinyazicioglu@isparta.edu.tr

²  mervecambazoglu@isparta.edu.tr

³  abdullahsutcu@isparta.edu.tr

*Sorumlu Yazar: mervecambazoglu@isparta.edu.tr

1. Giriş

Okul öncesi eğitim kurumlarında, çocukların bilgi, beceri ve alışkanlıklarının organize bir şekilde kazanılması süreci gerçekleşirken bu dönemden itibaren zihinsel, fiziksel, bilişsel, sosyal ve diğer yetenekleri gelişmektedir (Nikolovska, 2002; Dudek, 2008; Stanković, 2009). 0-6 yaş dönemi çocukların öğrenmeye en açık olduğu dönemdir. Bu dönem, kişilik özelliğinin şekillendiği, öğrenmenin % 60-70'inin kazanıldığı ve tüm gelişim alanlarında hızlı bir büyümenin görüldüğü önemli bir süreçtir. Kaliteli bir okul öncesi eğitim, iyi planlanmış ve hazırlanmış bir eğitim programı ve iyi düzenlenmiş bir eğitim ortamı ile mümkün olabilmektedir (Cohen vd., 2010). Çocukların ihtiyaçlarına cevap verebilmek adına okul öncesi eğitim kurumları en modern halleri ile şekillendirilmelidir (Güleş, 2013; Barbaroğlu, 2018). Bu nedenle okul öncesi eğitim kurumlarının eğitim ortamlarının değerlendirildiği çalışmalar her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Aynı zamanda, henüz kendi sağlığını koruma konusunda bilinçlenmemiş 0-6 yaş grubundaki çocuğun oturduğu, yürüdüğü, beslendiği mekanlardaki ortamın klima şartları uygun, hijyeni ve çocuğun kullanacağı ortamlar güvenli ve fonksiyonel şekilde donatılmış olmalıdır (Uzut, 2020). Okul öncesi eğitim kurumlarında kullanılan fonksiyonel donatı elemanlarından en önemlileri ise çocukların sürekli temas halinde buldukları sandalye, masa gibi mobilya donatı elemanlarıdır. Tercih edilen mobilya donatıları çocukların fiziksel ve mental gelişimlerinin yanında psikolojik olarak gelişimlerine de etki etmektedir (Sofuoğlu ve Kuşçuoğlu, 2009). Bir çocuğun kendi seviyesinde pencerelerin ve demirbaşların stratejik olarak yerleştirilmesi, bilişsel-sosyal gelişmeyi teşvik eden etkililişimli duyuşsal mobilyalar ya da sınıfın doğayla ilgili merak uyandıran açık oyun alanıyla bütünleşmesi gibi faktörler eğitim yapıları için ciddi önem taşır (Sakarya, 2019).

Çocukların davranış eğilimlerini gözlemleyerek gelişim süreçlerinin anlaşılması onların mekân ve mobilyalardan beklentilerini en iyi şekilde karşılayabilecek tasarımların üretilmesi için önemlidir. Değişen yaş gruplarındaki çocukların farklı ihtiyaçları olduğundan tasarım sürecinde bu gereksinimler dikkate alınmalıdır. Ürün tasarımıyla ilgili yapılan araştırmalar, işlevsellik, dayanıklılık, güvenilirlik, emniyet, estetik, üretim kolaylığı kullanıcı ihtiyaçlarına uygunluk ve maliyet etkinliği gibi temel niteliklerin önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Burdurlu vd.,2004).

Bununla birlikte çocuk ergonomisi, çocuğun hayal dünyası, yalınlık ve güvenlik gibi tasarım kriterleri de önemlidir (Aydın ve Aydemir, 2018). Okul öncesi eğitim kurumu mekanlarında kullanılan mobilyaların boyutlarının çocukların yaşlarıyla orantılı ölçülere sahip olması, çocuklardaki mekâna duyulan aidiyet duygusunu da arttırmaktadır (Sakarya, 2019). Filipinler'de, Laguna Eyaletinin Cabuyao şehrinde yapılan bir araştırma, okul öncesi öğrencilerinin çoğunun, öğrencilerin antropometrik boyutları ile sandalye ve sıra ölçüleri arasında uyumsuzluk yaşadıklarını ve öğrencilerin garip oturma pozisyonlarına maruz kaldıklarını ortaya koymaktadır (Godilano vd., 2018). Alibegović vd., (2020) tarafından yapılan bir çalışmada; Avrupa'da ve dünyanın birçok ülkesinde okul öncesi eğitim kurumlarında uygun ölçülerde mobilya kullanılmadığı bildirilmektedir. Antropometri konusunda yapılan araştırma sonuçlarına göre son 50 yılda, aynı yaş grubundaki çocukların boyları sürekli artmaktadır. Her yıl çocukların boyları değişirken, diğer yandan mevcut mobilyaların boyutları aynı kalmakta bu da duruş bozukluklarına ve diğer sağlık sorunlarına yol açarken rahatsız edici vücut duruşu, ağrı gibi bir takım olumsuz etkilere neden olabilir ve nihayetinde öğrenme sürecini de etkileyebilir (Castellucci vd., 2017).

Ağrı ve rahatsızlığın tek nedeni elbette okul mobilyaları değildir. Ancak araştırmalar, garip ve kısıtlı oturma duruşlarının ve kötü tasarlanmış sınıf mobilyalarının çocukların kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına önemli katkıda bulunduğunu ve aynı zamanda yaşamları boyunca uygulayabilecekleri iyi duruş alışkanlıklarını öğrenmek ve geliştirmek için kritik bir öneme sahip olduğunu işaret etmektedir. Çocukların erken okul yıllarında benimsedikleri duruşlar, onları uzun vadeli alışkanlıklara zemin hazırlayan risk faktörlerine maruz bırakır (Hedge ve Lueder, 2007).

Yapılan kapsamlı literatür araştırması sonuçlarına göre anaokullarının fiziksel ortam şartlarını etkileyen ana faktörler olarak kullanılan mobilyaların ve iç mekân tasarımı, mobilya donatılarının ergonomik-antropometrik açıdan değerlendirilmesi ve çocukların yaşam alanlarında (anaokulu kapalı alanları) maruz kaldıkları ortam hava kalitesi konularında çalışmaların yoğunlaştığı görülmüştür. Bu kapsamda kısa bir literatür taraması Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1

Okul öncesi eğitim kurumlarında tasarım-ergonomi-antropometri-hava kalitesi konularında yapılmış çalışmalar

Kategori	Yazar/Yıl	Çalışma Konusu/İçeriği	Bulgular/Sonuçlar
Tasarım	Xie vd., 2023	AHP/GCA metodu ile yeşil tasarım perspektifinde anaokulu mobilyaları	Anaokulu mobilyalarında yeşil tasarım kavramının tanımlandığı çalışmada beş adet anaokulu mobilya tasarımları değerlendirilmiş ve anaokulu mobilyalarının yeşil tasarım ilkeleri detaylandırılmıştır.
	Şahin ve Türkün Dostoğlu, 2012	Bursa’da anaokulundaki çocuklar arasından 24 öğrenciyle, kullandıkları fiziksel çevreye ilişkin düşüncelerine dair gerçekleştirilen Nitel Araştırma	Tasarımcıların çocuklara danışarak tasarım süreci için önemli veriler elde edebilecekleri ortaya konulmuştur
	Saulea, 2020	Teorik dokümantasyon/bibliyografya incelemesi ile anaokulları için mobilya tasarım önerisi	Anaokulu mobilyaları 4-6 yaş grubu çocukların standart ölçüleri dikkate alınarak modellenmiş ve örnek anaokulu tasarımları önerilmiştir.
	Ahmadnejad ve Darbandi, 2015	Doküman analizi ile anaokulu ortam ve mobilyalarında depreme karşı güvenli tasarım çalışması	Okul öncesi eğitim kurumlarının iç güvenliğine yönelik deprem riski gözetilerek pratik yönergeler geliştirilmiştir.
	Velázquez-Blázquez vd., 2020	Kullanıcı Merkezli Tasarım (UCD) ile 0-6 yaş grubu çocuklar için anaokulu sandalye tasarımı	Çocuklara yönelik yeni modüler okul öncesi mobilyalarda, sağlık ve güvenlik kriterlerinin yanında ergonomik, fonksiyonel ve montaj kolaylığı kriterleri dikkate alınarak tasarım önerileri geliştirilmiştir.
Ergonomi	Iliev ve Domljan 2016; Iliev vd., 2019; Iliev vd., 2023	Gözlem ve antropometrik ölçüm tekniklerini kullanarak bazı Avrupa ülkelerindeki anaokullarında ergonomi-antropometri içerikli vaka çalışmaları	Okul öncesi çocukların antropometrik ölçümleri ile anaokullarında kullanılan mobilyaların boyut ilişkisi bazı Avrupa ülkelerinde araştırılmış, EN 1729-1:2015 standardı ile karşılaştırılmış, mevcut durum ortaya konmuştur.
	Barlı vd., 2000	Antropometrik ölçüm ile Türkiye’deki bazı anaokullarının değerlendirilmesi	Anaokullarında mevcut mobilya boyutları antropometrik verilere dayalı optimum mobilya boyutları ile karşılaştırılmış, ölçümlerin bölgeler bazında düzenli olarak tekrarlanması tavsiye edilmiştir.
	Niciejewska, 2023	Görüşme/Gözlem tekniği ile Polonya’da anaokulu ortamının ergonomik açıdan incelenmesi	Çalışmada anaokullarının ergonomisi GZFT analizi ile ortaya konmuş ve öneriler geliştirilmiştir.
Hava kalitesi	Zakaria vd., 2023	Avustralya, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Singapur ve Malezya’daki Anaokulu fiziksel ortam koşullarına dair yönergeler üzerinden doküman analizi	Okul öncesi eğitim kurumlarının iç mekân hava kalitesini etkileyen bir dizi faktör sıralanmış, farklı ülkelere ait anaokulu yönetmelikleri tartışılmıştır.
	Chegini vd., 2020	İran’da bazı anaokullarında iç ve dış hava kalitesinin analizi	Okul öncesi eğitim kurumlarındaki ortamlarda maruziyete sebep olan başlıca bakteri ve mantar türleri açıklanarak, alınması gereken tedbirler önerilmiştir.
	Meshalkina vd., 2018	İç mekân (anaokulu-ilk okul) ortamında formaldehit konsantrasyonunun tayini	Havalandırma sistemlerinin düzenli çalışması ve alandaki mobilya yoğunluğunun alanın 1 m ³ hacmi başına 1 m ² mobilya yüzeyi oranını aşmaması durumunda, emisyon riski oluşturmadığı belirtilmiştir.
	Kim ve Tanabe, 2017	Kore’de iç mekan ortamlarında (ev-anaokulları) yarı uçucu organik bileşiklerin (SVOC) hava kalitesine etkisinin incelenmesi (SVOC konsantrasyon ölçümü)	Farklı bileşenlerin ölçüldüğü çalışmada, PVC zemin malzemelerinin kullanıldığı ev ve anaokullarının tozlarında yüksek oranda yarı uçucu organik bileşik konsantrasyonlarının bulunduğu bildirilmiştir.
Wang vd., 2020	Çin, Pekin’deki anaokullarının iç ve dış mekanlarında gaz fazı, partikül fazı ve toz/topraktaki yedi farklı ftalat türünün konsantrasyon ölçümü	Ölçümler sonrası okul öncesi çocuklarda yüksek oranda ftalat maruziyeti tespit edilmiş, önleme ve azaltma için bazı kontrol yaklaşımları önerilmiştir.	

Bu çalışma ile Isparta il merkezi ve ilçelerindeki okul öncesi eğitim kurumlarında kullanılan mobilyalar ve mobilya donatı elemanları gözlem verilerine dayalı olarak incelenmiş, mevcut durum ortaya konulurken ilgili literatür ışığında iyileştirmeye yönelik öneriler geliştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

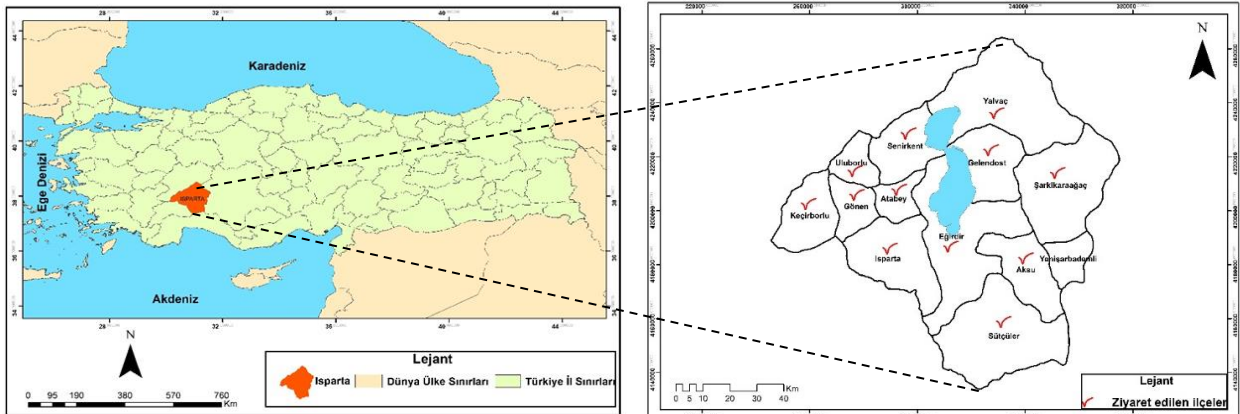
Çalışmada, araştırmacı için uygun bulunan her türlü kurumsal veya sosyal ortamda bir veri toplama aracı olarak kullanılabilen ve nitel araştırma yöntemlerinden biri olan gözlem tekniği kullanılarak Isparta il merkezi ve ilçelerinde yer alan özel ve devlete ait okul öncesi eğitim kurumları incelenmiştir. Çalışma kapsamında Isparta il ve ilçelerinde Milli Eğitim Bakanlığı'nın resmi web sayfasından elde edilen bilgiler doğrultusunda 34 kamu 8 özel olmak üzere toplam 42 okul öncesi eğitim kurumunun faaliyet gösterdiği bilinmektedir (URL-2, 2022). Kolayda örnekleme yöntemi kullanılarak 21 kamu, 2 özel toplamda 23 okul öncesi eğitim kurumunda gözlem, fotoğraflama ve temel ölçümler (masa ve sandalyelere ait ölçümler) gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yapılabilmesi için Isparta İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden gerekli izinler alınmış, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Hakkındaki Kanuna bağlı kalınarak veri toplanmış, Türk Milli Eğitiminin genel ve özel amaçlarına uygun gözlem ve görsel kayıtları planlanarak ziyaretler en fazla bir saat olacak şekilde 16.10.2023-09.02.2024 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. İlgili kurumların bulunduğu merkez ve ilçe nüfusları, okul öncesi eğitim kurumları ve ziyaret gerçekleştirilen kurumlara ait veriler Tablo 2'de, il ve ilçe lokasyon bilgileri ise Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 2

Isparta merkez ve ilçe nüfus, okul öncesi eğitim kurumu ve ziyaret edilen kurum verileri

İlçeler	İlçe Nüfusu*	Aktif Okul Öncesi Eğitim Kurumu Sayısı		Ziyaret Edilen Okul Öncesi Eğitim Kurumu Sayısı	
		Kamu**	Özel**	Kamu	Özel
Merkez	271.396	16	4	4	2
Aksu	4.135	1	-	1	-
Atabey	6.103	1	-	1	-
Eğirdir	30.988	2	2	2	-
Gelendost	14.471	1	-	1	-
Gönen	7.094	2	-	1	-
Keçiborlu	14.646	2	-	2	-
Senirkent	11.196	3	-	3	-
Sütçüler	10.143	1	-	1	-
Şarkikaraağaç	24.990	3	-	3	-
Uluborlu	6.426	1	-	1	-
Yalvaç	45.694	1	2	1	-
Toplam	447.282	34	8	21	2

Kaynak: *(URL-1,2024) **(URL-2, 2022)



Şekil 1. Gözlem gerçekleştirilen okul öncesi eğitim kurumlarına ait lokasyonlar

Kurumlarda kullanılan mobilya elemanları, malzeme seçimi ve ergonomik uygunluk açısından incelenmiştir. Ayrıca ziyaret edilen okul öncesi eğitim kurumlarının sınıf ortamları, kullanılan mobilya donatıları izin dahilinde, alanda eğitim gören öğrenci gruplarının bulunmadığı uygun zaman dilimlerinde fotoğraflanarak dosyalanmıştır. Kayıt altına alınan fotoğraflarda; malzeme hammaddesi, malzeme kusurları, masa ve sandalyelerin (yükseklik-genişlik) ölçüleri her bir okul öncesi eğitim kurumu için raporlanmış ve standartlar ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

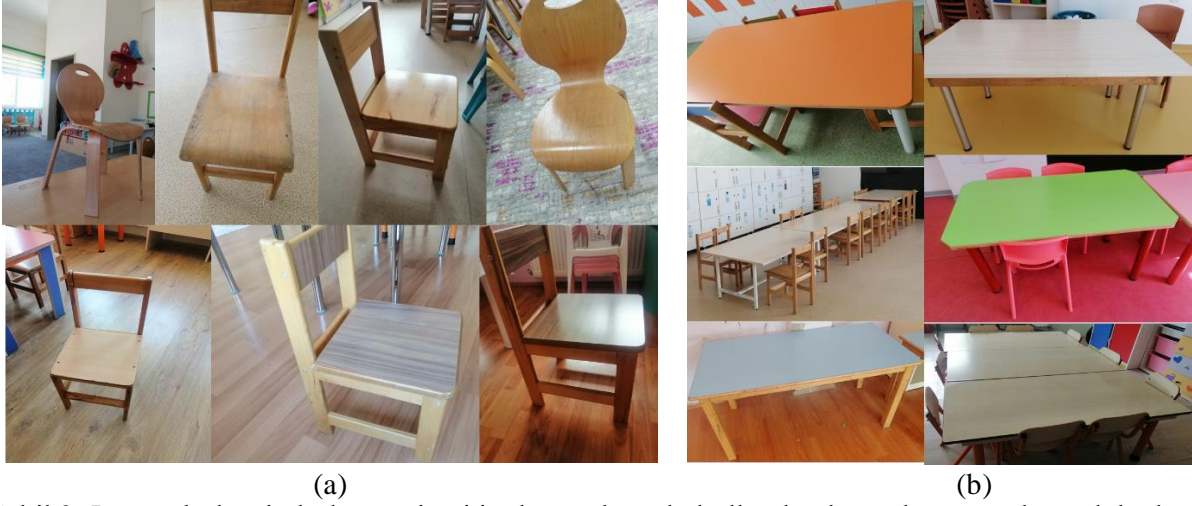
Çalışma kapsamında ziyaret edilen okul öncesi eğitim kurumlarına ait sınıf sayıları ve kurumlarda eğitim gören öğrencilerin yaş aralıkları Tablo 3'te verilmiştir. Gözlem yapılan okulların büyüklüklerinin bir göstergesi olarak sınıf sayıları düşünülürse, okulların en az 2 en fazla 10 sınıftan oluştukları, büyük kısmının (%91,3) ise 2-6 sınıf sayısı aralığında düzgün dağılıma uyduğu söylenebilir.

Tablo 3

Gözlem gerçekleştirilen Okul Öncesi Eğitim Kurumları'na ait yaş aralığı ve sınıf sayısı bilgileri.

Okul Kodu	Yaş Aralığı	Sınıf Sayısı
Okul_1	3-6	6
Okul_2	4-5	3
Okul_3	3-5	5
Okul_4	3-6	5
Okul_5	4-5	3
Okul_6	4-5	4
Okul_7	4-6	4
Okul_8	3-5	3
Okul_9	4-5	3
Okul_10	3-5	5
Okul_11	3-5	3
Okul_12	4-5	2
Okul_13	4-5	2
Okul_14	3-6	10
Okul_15	3-5	6
Okul_16	3-5	7
Okul_17	3-5	4
Okul_18	4-5	2
Okul_19	3-5	3
Okul_20	4-5	5
Okul_21	4-6	2
Okul_22	4-5	2
Okul_23	4-5	5

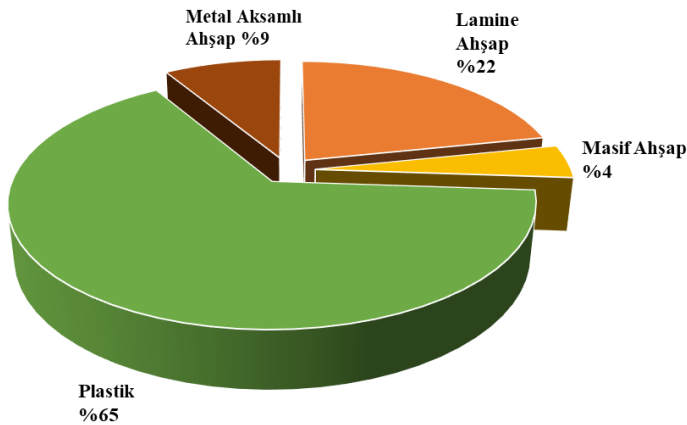
Okul öncesi eğitim kurumlarında bulunan tüm mobilya donatıları değerlendirildiğinde dolap ve ayakkabılıkların tamamı melamin kaplı yongalevhadan mamul mobilyalar iken sandalye ve masalarda farklılıklar görülmüştür. Kullanılan ahşap kökenli sandalyelerde hammadde olarak; masif, ahşap kompozit (MDF, Yongalevha vb.) ve lamine ahşap kullanılmaktadır (Şekil 2a ve Şekil 3a). Gözlem yapılan 23 kurumda masaların tamamının tabla kısmı ahşap esaslı kompozit levha (MDF veya PVC/Melamin Kaplı Yongalevha) (Şekil 2b), sandalyelerin ise büyük kısmının plastik esaslı sandalyeler olduğu (%65) belirlenmiştir (Şekil 3b ve Şekil 4).



Şekil 2. İsparta bölgesi okul öncesi eğitim kurumlarında kullanılan bazı ahşap esaslı sandalyeler (a) ve masalar (b)



Şekil 3. İsparta Bölgesi Okul öncesi eğitim kurumlarında kullanılan metal aksamlı ahşap kompozit (werzalith) (a) ve plastik (b) sandalye örnekleri



Şekil 4. Okul öncesi eğitim kurumlarında tercih edilen sandalyelerin malzeme dağılımı


Gözlem gerçekleştirilen okul öncesi eğitim kurumlarında genellikle (%63) kamu kaynakları ile temin edilen mobilya donatıları kullanıldığı, diğerlerinin ise (%37) kendi kaynaklarını (özel kurum bütçesi, okul aile birliği veya kurum yaranna oluşturulmuş dernekler aracılığıyla) kullanarak farklı tasarımlarda mobilya donatıları temin ettikleri görülmüştür.

MEB tarafından yayınlanan Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu'nda "Genel Tasarım Kriterleri, Geleceğin Okulları İçin Fikirler, Hedef ve Stratejiler" başlığı altında "Sürdürülebilir bir çevre için; akılcı, verimli ve minimal kaynak tüketimi, geri dönüşümlü malzeme ve yenilenebilir kaynak kullanımı, enerji

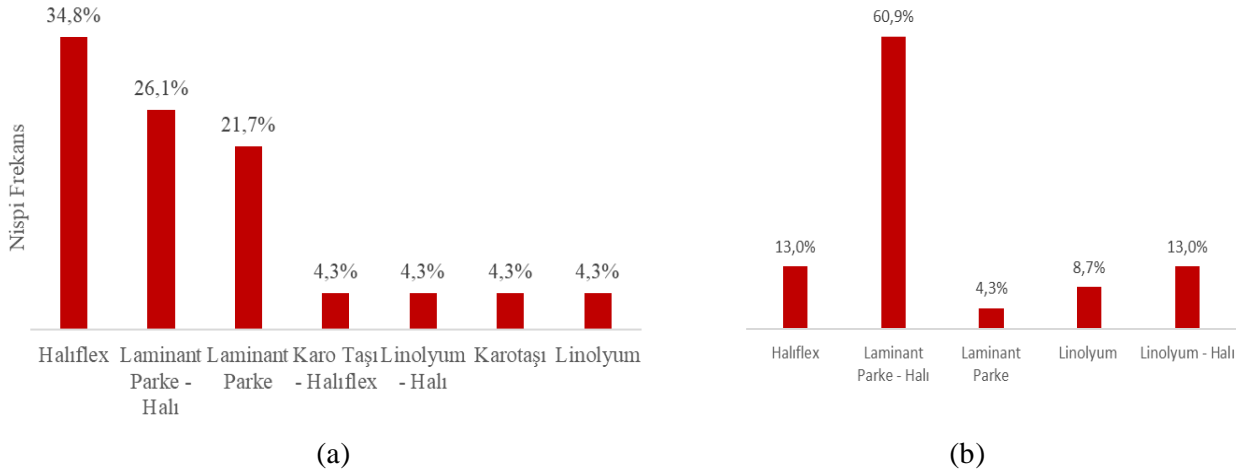
stoklarının korunması, çevre kirliliği yaratmayan ve yenilenebilir enerjilerin kullanılması, atıkların geri kazanılması ön koşullar” olarak ifade edilmektedir (MEB, 2015). Bununla beraber MEB Destek Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ders Aletleri Yapım Merkezi tarafından yayınlanan Okul Öncesi Eğitim ve Donatım Materyalleri Ürün Kataloğu’nda da sandalye kategorisinde sadece lamine ahşap sandalye önerilmektedir (Tablo 4).

Tablo 4

Okul öncesi eğitim ve donatım materyalleri ürün kataloğunda önerilen sandalye (MEB DAYM, 2022)

Görünüm	Malzeme Özellikleri
	<p>Yerden yükseklik: 30 cm Oturma alanı: 30cm *30 cm Sırtlık yüksekliği: 32 cm Ergonomik yapıya sahip, monoblok gövde Malzeme: Ayaklar dahil tüm yapı 9 kat papelden üretilmiş lamine ahşap Kenarları pah kırılıp zımparalanmış Ayaklar sandalye gövdesine gömme dübel vida ile sabitlenmiş Tüm malzeme vernikli</p>

Literatürde okul öncesi kurumlarda çocuk antropometrisine uygun, masif ahşap ya da melamin kaplı yonga levha (MYL) malzemeden üretilmiş, depolama, çalışma ve oturma mobilyalarının kullanıldığı ifade edilse de (Soyupak ve Proto, 2018), özellikle oturma mobilyaları açısından son yıllarda MEB birimlerinde yapılan ihale ilanlarında ve ziyaret edilen okul öncesi eğitim kurumlarında çoğunlukla (%65) plastik esaslı (PVC) sandalye örneklerinin tercih edildiği gözlemlenmiştir (Şekil 4). Bu ürünlerin tercih edilmesinde ana etkenin plastik malzemeden üretilmiş mobilya donatılarının hafif ve özellikle ekonomik olması olabilir. Ancak bu yaklaşımın, ürünlerin sürdürülebilirlik, karbon ekonomisi ve özellikle de çocukların çevre bilinci konusunda bilişsel gelişimleri için risk oluşturduğu ifade edilebilir.



Şekil 5. Okul öncesi eğitim kurumlarına ait koridor zemin döşeme malzemeleri (a), sınıf zemin döşeme malzemeleri (b)

Çalışma içeriğinde gözlem gerçekleştirilen okul öncesi eğitim kurumlarında diğer bir donatı elemanı olarak zemin kaplama malzemeleri gözlemlenmiştir. Kurumlarda tercih edilen zemin kaplama türlerine ait dağılımlar Şekil 5’te, bazı zemin kaplama örnekleri ise Şekil 6’da verilmiştir. Anaokullarının koridorlarında kullanılan zemin kaplama malzemesi olarak en fazla halı veya haliflex yüzeylerin tercih edildiği (halı %34 + laminant parke+halı %26, toplam ~%61), sınıflarda ise laminant parke+halı kombinasyonunun en fazla tercih edildiği (%60,9) görülmüştür (Şekil 5a, Şekil 5b).



Şekil 6. Okul öncesi eğitim kurumlarında laminant parke ve halı (a,b), laminant parke (c), linolyum (d,e,f) zemin döşemeleri

Yumuşak halı, oyun alanları için en çok tercih edilen seçenektir. Ancak, toz akarlarının gelişimi ve çoğalması için muazzam yüzey alanları ve rezervuarlar sağlamaktadır (Zuraimi ve Tham, 2009; Becher vd., 2018). İran’da yapılan bir çalışmada anaokullarındaki iç mekan biyoaerosol konsantrasyonunun (bakteri ve mantarlar) %33’ünün ve dış mekan biyoaerosol konsantrasyonunun %8’inin standartlarda önerilen değerden daha yüksek olduğu ve orta riske işaret ettiği ortaya konulmuştur (Chegini vd., 2020). Benzer şekilde plastik esaslı yüzey döşemeleri de sağlık açısından önemli riskler içermektedir. İç mekânlardaki ftalat esterlerinin ana kaynaklarından biri, zemin ve duvar kaplama malzemeleri, yapıştırıcılar, sentetik deri, oyuncaklar, kozmetikler ve diğer birçok tüketici ürününde kullanılan polivinil klorür (PVC) malzemeleridir (Kolarik vd., 2008). Her ne kadar PVC zemin ve duvar kağıtlarından yayılan organik uçucu bileşiklere maruz kalmanın sakinler açısından ihmal edilebilir düzeyde kanser riski oluşturduğu öne sürülse de genel olarak, sağlık riski taşıdığı açıkça ifade edilmektedir. Bu kapsamda dikkat çekilen PVC zemin kaplamaları kaynaklı ana kirletici maddeler sikloheksanon, 2-ethyl-hexanol, ve di(2-ethylhexyl) phthalate olmaktadır (Xue vd., 2023). Bu nedenle ahşap esaslı malzemelerin zemin kaplamalarında kullanımı daha uygun bir seçenek olarak görülmektedir. Kapalı ortam hava kalitesi (IEQ) ile ilgili yapılan kapsamlı bir araştırmada; ahşap iç mekan malzemelerinin, iç mekan havasındaki nem dalgalanmalarını yumuşattığı, bina sakinlerinde olumlu duygular uyandırdığı ve bazı bakterileri engelleyerek IEQ üzerinde olumlu veya nötr etkiler yarattığı ifade edilmektedir (Alapieti vd., 2020). Ancak, ahşap kompozit malzemelerin üretim süreçlerinde kullanılan tutkalların ihtiva ettiği ve Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından kanserojen olarak ilan edilen formaldehit, mobilyanın kullanımı sürecinde ortama salınmaya devam etmekte, bu da çocuklar için sağlık problemlerine neden olabilmektedir. Okul öncesi eğitim kurumlarındaki sınıf ortamlarında mevcut mobilyaların alandaki yoğunluğu ve özellikle yongalevhadan ve MDF’den mamul mobilyaların malzeme yüzeylerinin kaplı olup olmaması bu noktada önem taşımaktadır. Kapalı ortamlar, ısı ve nem yüksekliği de formaldehitin havaya salınımını artırmaktadır. Bu nedenle, yeni mobilya elemanlarını bir ısı kaynağının üstüne veya yakınına koymaktan kaçınılmalıdır (Parthasarathy vd., 2011; Kamaruddin vd., 2016). Çocukların gün boyu temas halinde oldukları mobilya donatılarında olası emisyon yayılım riskini azaltmak için özellikle kapalı ortamlarda masif ahşap malzeme kullanımının artırılması önem taşırken, ahşap kompozit levha kullanımında ise kenarların kaplamalı olmasına, açık yüzey (tahrip olmuş, yıpranmış, vb.) yüzey bulunmamasına dikkat edilmelidir (Tekin, 2015).

St. Petersburg Polytechnic Üniversitesi'nde yapılan sıralı bir deneysel çalışmada, yeni mobilyalara sahip laboratuvar da ölçümler yapılmış, havalandırılan odada formaldehit konsantrasyonu $0,002 \text{ mg/m}^3$ olarak tespit edilmiş, sınır olarak ifade edilen $0,01 \text{ mg/m}^3$ değeri aşılmamıştır. Formaldehit konsantrasyonu uzun bir yaz tatilinden sonra aynı ortamda sıcak havalarda $0,043 \text{ mg/m}^3$ değeri ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Oda havalandırıldıktan sonra formaldehit konsantrasyonu laboratuvar havasında güvenli bir seviyeye düşmüştür. Yazarlar benzer bir çalışmayı St. Petersburg'daki dört farklı anaokulunda tekrar etmişler, en yüksek $0,009 \text{ mg/m}^3$, en düşük $0,004 \text{ mg/m}^3$ değerlerine ulaşılmıştır. Mobilya yoğunluğunun $1 \text{ m}^2/1 \text{ m}^3$ 'ten az olduğu bu anaokullarında kapalı ortamdaki formaldehit içeriği tavsiye edilen sınırdan çok daha düşük olarak bulunmuştur (Meshalkina vd. 2018). Bu çalışmalarda odada kullanılan mobilya malzemesinin E sınıfına dair herhangi bir bilgi paylaşılmamıştır. Halbuki, malzemenin E-2 sınıfında veya E-0 sınıfında olması durumlarında farklı ortam emisyonları oluşmaktadır. Avrupa Panel Federasyonuna üye firmalarda yongalevha üreticileri iç ortamlarda kullanılmak üzere EN 312 (2010) standardında yer alan E1 sınıfı yongalevha üretimi yapmaktadırlar. Bu bağlamda, yongalevha fabrikalarında düşük Fenol/Üre mol oranına (0.98-1.02) sahip ve az miktarda melamin ($\leq 2\%$) içeren üreformaldehit tutkalları yaygın olarak kullanılmaktadır (Mantanis vd., 2018; Akbulut ve Ayrılmış, 2024).

Ortam formaldehit emisyonunu artırıcı unsurlar olarak mobilya elemanlarında çeşitli zedelenmeler ve deformasyonların olduğu görülmüş ancak herhangi bir ölçüm ya da tespit yapılmamıştır (Şekil 7). Kurumlarda olan bu tip problemler için kurum iç işleyiş ve politikalar çerçevesinde düzeltici önlemlerin alındığına dair yönetici ifadeleri dinlenmiştir.



Şekil 7. Gözlemlenen okul öncesi eğitim kurumlarında yıpranmış mobilya donatı elemanları

Isparta ili, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından hazırlanan deprem tehlike haritasında en büyük yer ivme değerlerine sahip olan ve deprem tehlikelerinin yüksek olduğu bilinen illerden biri dir (AFAD, 2018). Bu nedenle okul öncesi eğitim kurumlarındaki mobilya elemanlarının (raf-dolap-kitaplık-ayakkabılık) duvara sabitlenmeleri önemlidir. Herhangi bir raporlama veya ölçüm yapılmamakla birlikte anaokullarındaki mobilya elemanlarının birçoğunda bu duruma dikkat edildiği gözlenmiştir. Ancak dolap içi rafların sabitlenmediği ve bunun ilgili mobilyaları kullanan çocuklar için güvenlik tehlikesi (yüklenme ile rafların düşmesi- el sıkışması) oluşturabileceği ifade edilebilir. Aynı zamanda, birleştirme elemanlarının (vida-çivi) gevşemesi mobilya parçalarının ayrılmasına neden olarak çocuklar için tehlikeli durumlara sebep olabilecek ve mobilya elemanlarındaki kusurlu vida-çiviler (Şekil 8) çeşitli yaralanmalara yol açabilecektir.



Şekil 8. Okul öncesi eğitim kurumlarına ait ahşap donatılarda bazı çivi-vida bağlantı hasarları

Okul öncesi eğitim kurumlarında kullanılan mobilya donatılarının malzeme seçimi, yıpranma durumları dışında önemli bir başka konu da sandalye ve masaların yaş gruplarına göre çocuk ergonomisine uygunluğudur. Çocuk mobilyaları çoğunlukla yetişkinlerin kullandığı mevcut mobilyaların küçültülmüş boyutlarıyla kopyalanmış hali olarak tasarlanmaktadır. Bu yaklaşım, çocukların sağlıklı ve kapsamlı psikofiziksel ve bilişsel gelişimini olumsuz etkilemektedir (Neiza, 2017, Iliev vd., 2018). Anaokullarındaki mobilyalar, çocukların psiko-fiziksel gelişimini ve oturma alışkanlıklarını doğrudan etkileyen önemli unsurlardır (Domljan ve Grbac, 2008). Mobilyaların boyutu ve şekli, çocukların ergonomik ihtiyaçlarına uygun olmalıdır (Yeats, 1997; Castellucci vd., 2017). Antropometrik ve ergonomik açılarından uygun olmayan mobilyalar, çocukların gelişiminde potansiyel deformasyonlara yol açabilmektedir. Özellikle sandalyelerin uygunsuz boyutlandırılması, yanlış oturma pozisyonlarına neden olarak kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına ve sırt ağrılarına sebep olabilmektedir. Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları dünya genelinde yaygın bir sorundur ve çocukların büyük bir kısmını etkilemektedir (Hedge ve Lueder, 2007).

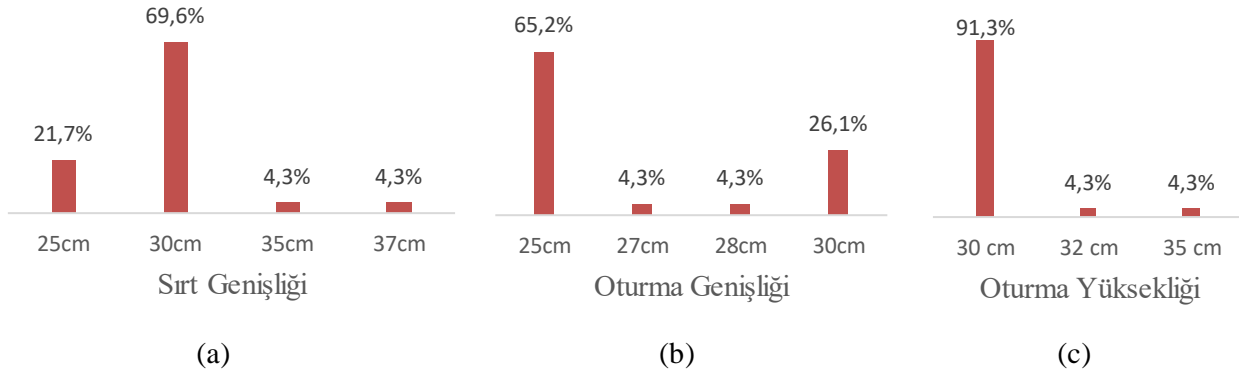
Sandalyelerin boyutlarını doğru belirleyebilmek için antropometrik araştırmaların yapılması gerekmektedir. Öte yandan, CEN (Avrupa Standardizasyon Komitesi) tarafından 03.10.2015 tarihinde onaylanan (EN 1729-1:2015) ve Türk Standartları Enstitüsü Teknik Kurulu'nun 24.03.2016 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilen "TS EN 1729-1: 2016-03 Mobilya - Eğitim kurumları için sandalyeler ve masalar - Bölüm 1" de sandalyeler için fonksiyonel boyutlar 0-7 aralığında toplam sekiz büyüklük kategorisinde verilmektedir. Bunlardan 0'dan 3'e kadar dört büyüklük kategorisi okul öncesi eğitim kurumları için değerlendirilebilir. Ancak ilgili standartlar bakanlık tarafından "zorunlu" standart olarak tanımlanmamaktadır. Bununla birlikte MEB tarafından yayınlanan okul öncesi eğitim kurumlarında 'Donatım Malzemelerinin Ortak Özellikleri' başlıklı raporda yer alan, 0-6 yaş grubu çocuklar için sandalye ve masalarda kabul edilen ölçüler, ilgili standarttan çok daha basit bir tablo halinde yayımlanmıştır (Tablo 5) (MEB, 2015).

Tablo 5

Okul öncesi eğitim kurumlarında kullanılacak sandalye ve masalara dair ölçüler (MEB, 2015)

Mobilya Donatı Elemanı	Ölçüler	
SANDALYE	Genel Yükseklik (cm)	50-60
	Oturma Genişliği (cm)	30-36
	Oturma Yeri Derinliği (cm)	30-34
	Oturma Yüksekliği (cm)	29-33
MASA	Yükseklik (cm)	50-55
	Genişlik (cm)	60-65
	Daire Masa Çapı (cm)	100-120

Çalışma kapsamında gözlem gerçekleştirilen sınıf ortamlarındaki sandalyelerin sırt genişliği, oturma genişliği ve oturma yüksekliği değerleri kurum sayısını esas alan nispi frekans histogramları şeklinde aşağıda verilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Gözlem Yapılan Isparta Bölgesi Okul Öncesi Eğitim Kurumları'nda sınıflarda kullanılan sandalyelere dair sırt genişliği (a), oturma genişliği (b) ve oturma yüksekliklerinin (c) kurum bazında yüzdesel dağılımı

Elde edilen verilerin literatürde yer alan asgari ölçütler ile karşılaştırılmasıyla aşağıda kısaca özetlenen sonuca ulaşılmıştır. Çocukların kullanımına sunulan mobilya donatılarında; oturma yükseklikleri 2-3 yaş için 25-30 cm, 3-6 yaş grupları için 30-37 cm aralığında olabilmektedir. Masa yüksekliklerinde ise 2-3 yaş için 45-50 cm, 3-6 yaş için 50-52 cm aralığı uygun görülmektedir (Sofuoğlu ve Kuşcuoğlu, 2009). Raporda yer alan sandalye oturma genişliği 30-36 cm olarak belirtilmiştir (MEB, 2015). Gözlem gerçekleştirilen kurumlarda bulunan sandalye ölçüleri ile bu değerler karşılaştırıldığında kurumların %65,2'sinin sandalye oturma genişliği ölçülerinin 25 cm olduğu ve MEB standart ölçülerinin altında kaldığı görülmüştür. Sandalye oturma yüksekliği ise 29-33 cm olarak belirtilmiş ve kurumların büyük kısmında (%95,6) ölçüm değerleri ile uyumlu veriler saptanmıştır (yalnızca bir kurumda 2 cm daha yüksek veri görülmüştür). Ziyaret edilen tüm kurumlarda masa yükseklikleri 50-55 cm olarak ölçülmüş olup bu değerler de MEB standartları ile paralellik göstermektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışma kapsamında Isparta Merkez ve ilçelerde faaliyet gösteren 23 adet okul öncesi eğitim kurumu yerinde gözlemlenmiş, kurumların mevcut sınıf ortamları ve kullanılan mobilya donatı elemanları incelenmiştir. Genel olarak okul öncesi eğitim kurumlarında bulunan mobilyaların MEB raporlarında belirtilen basit boyutsal değerler açısından çocuk yaş gruplarına göre seçildiği, ancak bunun ergonomik açıdan uygun olduğu anlamına gelemeyeceği ifade edilebilir. Bu kapsamda TS EN 1729-1:2016'ya uygun sandalye ve masa üretimi ile en azından sınır gereksinimler karşılanabilecektir. Bu standardın, ilgili ihale ilanlarında teknik şartnamelere zorunluluk olarak konulması ergonomik açıdan birçok kaygıyı ortadan kaldıracaktır.

Okul öncesi eğitim kurumlarında iç mekan havası kalitesi orta düzeyde risk teşkil etmektedir (Chegini vd., 2020) ve bu hassas yerlerde biyoaerosol ve uçucu organik/yarı organik zararlı emisyonların ortadan kaldırılmasına yönelik stratejiler dikkate alınmalıdır. Yapılan gözlem sonuçlarına göre ilgili kurumların büyük kısmında özellikle sandalye seçimlerinde plastik esaslı ürünleri seçtikleri görülmüştür (%65). Literatürde de belirtildiği gibi PVC esaslı malzemelerin yoğun kullanımı (yer döşeme malzemesi olarak çoğunlukla PVC kaplı malzemeler veya linolyum kullanıldığı da dikkate alınır) ile organik/yarı organik uçucu bileşikler, bakteri ve mantarların etkisiyle çocuklar üzerinde alerjik reaksiyonlar ve astım gibi rahatsızlıklara dair riskler kaçınılmaz olmaktadır. Bu risk etmenlerinin çocuklar üzerindeki olumsuz sağlık etkilerini azaltmak için uygun havalandırma, iklimlendirme sistemleri, mobilya, tekstil ve dezenfektan uygulamalarında seçici davranış önemlidir.

Sürdürülebilir ve doğal bir hammadde olan ahşap malzemeden üretilmiş mobilya elemanları (özellikle masif ahşap veya lamine ahşap malzemeler kullanılarak üretilen donatı elemanları) çocukların sağlığı ve fiziksel-bilişsel gelişimleri üzerinde olumlu katkı sağlayacaktır. Alapieti vd. (2020)'de de belirtildiği gibi; ahşap iç mekan malzemelerinin iç mekan havasındaki nem dalgalanmalarını yumuşattığı, bina sakinlerinde olumlu duygular uyandırdığı ve bazı bakterileri engelleyerek ortam hava kalitesi üzerinde olumlu veya nötr etkiler yarat-

tığı bilinmektedir. Bununla birlikte, ekonomik gerekçeler sebebi ile yenilenemeyen veya ihmal nedeniyle zamanında tamir-bakımı yapılmayan ahşap esaslı kompozit levhalar ise (formaldehit esaslı tutkal kullanılarak üretilmiş MYL, MDFlam vb.) ortamda formaldehit yayılımına sebep olarak yine çocuklar üzerinde risk oluşturabilir.

Ayrıca, gözlemler esnasında çocukların güvenlik gereksinimleri için uygun bulunmayan; sabitlenmemiş mobilyalar, gevşemiş birleştirme elemanları (çivi-vida), kaplamaları ve kenar bantları kısmen yıpranmış dolap kapak ve yüzeyleri gibi bazı risk unsurları da fotoğraflanarak çalışmanın bulgular kısmında sunulmuştur. Bu risk unsurları çocukların yaralanma veya ufak kazalar geçirmelerine sebep olabilir. Kolaylıkla ve çok düşük maliyetlerle çözümlenebilecek bu problemler için kurum yöneticilerinin farkındalığı önemlidir.

Teşekkür

Bu çalışma; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanan 'Isparta'da Okul Öncesi Eğitim Kurumlarında Mobilya Tercihleri' başlıklı Yüksek Lisans tezinde elde edilen verilerden faydalanılarak hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında okul öncesi eğitim kurumlarında gözlem gerçekleştirilmesi için gerekli resmi izinleri sağlayan Isparta İl Millî Eğitim Müdürlüğü'ne, birimlerini ziyaret etmemize izin veren Okul Öncesi Eğitim Kurumları'na ve yayın sürecinde değerli fikirleri ile çalışmamızın gelişimine destek sağlayan dergi hakemlerine teşekkür ederiz.

Yazar Katkıları

Sevim Nurşen Yazıcıoğlu: Literatür araştırmasının yapılması, gözlemlerin gerçekleştirilmesi, veri toplama, değerlendirme ve yazım süreçlerinde yer almıştır.

Merve Cambazoğlu Yazar: Verilerin genişletilmesi, makale yazımı ve değerlendirme süreçlerinde yer almıştır.

Abdullah Sütçü: Çalışmanın planlanması, sonuçların değerlendirilmesi ve makale yazım süreçlerinde yer almıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- AFAD (2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Turkey Earthquake Hazard Map (Türkiye Deprem Tehlike Haritası) Erişim adresi: <https://deprem.afad.gov.tr/depremtelike-haritasi>
- Ahmadnejad, M., & Darbandi, M. (2015). Study of Safe Design Against Earthquake with the Furniture in Kindergarten, Based on the Idea of the Triangle of Life. *Current World Environment Special Issue 1*, 10(1), 831-834.
- Akbulut, T., & Ayrılmış, N. (2024). *Yongalevha Endüstrisi Particleboard Industry*. Iuc Press.
- Alapieti, T., Mikkola, R., Pasanen, P., & Salonen, H. (2020). The influence of wooden interior materials on indoor environment: a review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78, 617-634.
- Alibegović, A., Mačak Hadžiomerović, A., Pašalić, A., & Domljan, D. (2020). School furniture ergonomics in prevention of pupils' poor sitting posture. *Drvna industrija*, 71(1), 88-99.
- Aydın, N., & Aydemir, I. (2018). Çocuk Mobilyası Üzerine Bir Değerlendirme. *Yakın Mimarlık Dergisi*, 2(1):31-42
- Barbaroğlu, A. (2018). Eğitim ortamları açısından okul öncesi eğitim kurumları. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 1314-1318.
- Barlı, Ö., Aydın, E., Elmalı, D., & Midilli, R. (2000). Anthropometric Evaluation of the Kindergarten Children Furniture in Turkey. *The Scientific and Technical Research Council of Turkey*.
- Becher, R., Øvrevik, J., Schwarze, P. E., Nilsen, S., Hongso, J. K., & Bakke, J. V. (2018). Do carpets impair indoor air quality and cause adverse health outcomes: A review. *International Journal Of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 184.

- Burdurlu, E., Kılıç, Y., İlçe, A. C., Elibol, G. C., & Yener, G. (2004). Okul Öncesö Çocuk Mobilyaları ile İlgili Ebeveyn Görüşleri ve Öngörülen Mobilya Tasarım Ölçütleri. *Teknoloji*, 7(1).
- Castellucci, H. I., Arezes, P. M., Molenbroek, J. F. M., de Bruin, R., & Viviani, C. (2017). The influence of school furniture on students' performance and physical responses: results of a systematic review. *Ergonomics*, 60(1), 93-110.
- Chegini, F. M., Baghani, A. N., Hassanvand, M. S., Sorooshian, A., Golbaz, S., Bakhtiari, R., ... & Alimohammadi, M. (2020). Indoor and outdoor airborne bacterial and fungal air quality in kindergartens: Seasonal distribution, genera, levels, and factors influencing their concentration. *Building and environment*, 175, 106690.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2010). *A Guide To Teaching Practice. (5th Edition)*. London: Routledge.
- Domljan, D., & Grbac, I. (2008). Classroom furniture design—correlation of pupil and chair dimensions. *Collegium antropologicum*, 32(1), 257-265.
- Dudek, M., (2008). *A Design Manual, School and Kindergarten*. Berlin, Birkhäuser Verlag AG.
- EN 312, (2010). Particleboards-Specifications. European Committee for Standardization, Brussels–Belgium.
- Godilano, E. C., Galang, M. K. G., Ramilo, H. E. O., & Velayo, K. R. F. (2018). Design of an ergonomic classroom chair and desk for preschool students of selected public schools in Cabuyao City, Laguna. *In 2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)* (pp. 420-423). IEEE.
- Güleş, F. (2013). Okul Öncesi Eğitimde Fiziksel Çevreye İlişkin Kalite Standartlarının Belirlenmesi. (Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya).
- Hedge, A; Lueder, R. (2007). Classroom Furniture. In: *Ergonomics for Children: Designing Products and Places for Toddlers to Teens* (Chapter 21), Rani Lueder, R. and Berg Rice, V. J. (eds.). CRC Press, pp. 721-450.
- Iliev, B., & Domljan, D. (2016). Anthropometric analysis as an important method for designing suitable furniture for preschool children. In *Proceedings of 27th International Conference on Wood Science and technology (ICWST)* University of Zagreb, Faculty of Forestry–Zagreb (pp. 83-88).
- Iliev, B., Domljan, D., & Vlaović, Z. (2018). Importance of anthropometric data in design of preschool furniture. In *Proceedings of the 7th International Ergonomics Conference Ergonomics–Emphasis on Wellbeing*, Sumpor, D.(ed.). Croatian Ergonomics Society, Zadar, Croatia (pp. 141-148).
- Iliev, B., Domljan, D., & Vlaović, Z. (2019). Usklađenost dimenzija stolica za djecu predškolske dobi. *Drvna industrija*, 70(2), 175-182.
- Iliev, B., Domljan, D., & Vlaović, Z. (2023). Comparison of anthropometric dimensions of preschool children and chairs in kindergartens in North Macedonia, Bulgaria and Croatia. *Heliyon*, 9(3).
- Kamaruddin, A. S., Jalaludin, J., & Hamedon, T. (2016). Exposure to industrial air pollutants and respiratory health school and home exposure among primary school children in Kemaman, Terengganu. *Int. J. Appl. Chem*, 12(1), 45-50.
- Kim, H. T., & Tanabe, S. I. (2017). Measuring degree of contamination by semi-volatile organic compounds (SVOC) in interiors of Korean homes and kindergartens. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 16(3), 661-668.
- Kolarik, B., Naydenov, K., Larsson, M., Bornehag, C. G., & Sundell, J. (2008). The association between phthalates in dust and allergic diseases among Bulgarian children. *Environmental Health Perspectives*, 116(1), 98-103.
- Mantanis, G. I., Athanassiadou, E. T., Barbu, M. C., & Wijnendaele, K. (2018). Adhesive systems used in the European particleboard, MDF and OSB industries. *Wood material science & engineering*, 13(2), 104-116.
- MEB, (2015). Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı, https://iegm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2015_08/17032245_2015asgaritasarmklavuzu.pdf
- MEB DAYM, (2022). Okul Öncesi Eğitim ve Donatım Materyalleri Ürün Kataloğu. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Destek Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ders Aletleri Yapım Merkezi, Erişim adresi: <https://daym.meb.gov.tr> Erişim tarihi: 16 Temmuz 2024.
- Meshalkina, M., Sushnikov, V., & Kryzhova, N. (2018). The estimation of formaldehyde concentration in indoor air. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 245, p. 03003). EDP Sciences.

- Neiza, P. (2017). Redesigning learning spaces: What do teachers want for future classroom. In *International Conference educational Technologies*.
- Niciejewska, M. (2023). Ergonomics of Organizational and Technical Space in the Educational Process of Children in Kindergarten. *Materials Research Proceedings*, 34.
- Nikolosvka, M. (2002). Developmental psychology – childhood (Razvojna psihologija – detstvo). Skopje, National and University Library "St. Kliment of Ohrid". Macedonian.
- Parthasarathy, S., R. L. Maddalena, M. L. Russell, and M. G. Apte, J. (2011). *Air Waste Manag. Assoc.*, 61, 6.
- Sakarya, Ş. (2019). Okul Öncesi Montessori Eğitim Ortamlarının Mekansâl Değerlendirmesi Bursa Örneği. (Doktora Tezi), Bursa Uludağ University, Turkey.
- Saulea, M. A. (2020). Kindergarten furniture design. *Journal of Industrial Design and Engineering Graphics*, 15(1), 29-34.
- Sofuoğlu, S. D. & Kuşçuoğlu, M. Ö. (2009). Çocuk ve mobilya, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi, I. Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı, Özel Sayı*, ISSN: 1302-0943, I: 101, 102.
- Soyupak, İ., & Proto, M. E. (2018). Türkiye’de Okul Öncesi Eğitim Mekânlarına Yönelik Bilişsel Gelişimi Destekleyici Mobilya Önergeleri. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 8(17), 82-100.
- Stanković, B. D. (2009). Psychological aspects and designing of preschool institutions for children – contemporary experience and development tendencies. (Doctoral thesis). University of Belgrade, Faculty of Architecture, Belgrade, Serbian.
- Şahin, B. E. & Türkün Dostoğlu, N. (2012). The Importance Of Preschoolers'experience In Kindergarten Design. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 29(1): 301-320.
- Tekin, A. (2015). Kompozit mobilya elemanlarının voc emisyonunun belirlenmesi ve emisyonu azaltıcı işlemlerin geliştirilmesi (Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara).
- TS EN 1729-1:2016. Mobilya - Eğitim kurumları için sandalyeler ve masalar - Bölüm 1 : Fonksiyonel boyutlar. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- URL-1 (2024). İl ve İlçelere Göre İl/İlçe Merkezi, Belde/Köy Nüfusu ve Yıllık Nüfus Artış Hızı. Erişim Tarihi: 28/03/2024. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/>
- URL-2 (2022). Kurum listeleri. Erişim Tarihi: 16/10/2022. Erişim adresi: <https://mebbis.meb.gov.tr/KurumListesi.aspx>
- Uzut, N. (2020). Okul Öncesi Eğitim Kurumlarının İç Mimarlık Temelinde Mekân Ölçütleri: Diyanet İşleri Başkanlığı 4-6 Yaş Eğitim Merkezleri Örnekleri Üzerinden Bir Model Önerisi. (Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Velázquez-Blázquez, J. S., Silva-Quituisaca, R. G., Nieto-Martínez, J., Sáez-Gutiérrez, F. L., Parras-Burgos, D., & Cañavate, F. J. F. (2020). Conceptual Design of Foldable and Stackable Furniture for Preschool Classrooms. In *Advances in Design Engineering: Proceedings of the XXIX International Congress INGEGRAF*, 20-21 June 2019, Logroño, Spain (pp. 86-93). Springer International Publishing.
- Wang, L., Wu, Z., Gong, M., Xu, Y., & Zhang, Y. (2020). Non-dietary exposure to phthalates for pre-school children in kindergarten in Beijing, China. *Building and Environment*, 167, 106438.
- Xie, X., Zhu, J., Ding, S., & Chen, J. (2023). AHP and GCA Combined Approach to Green Design Evaluation of Kindergarten Furniture. *Sustainability*, 16(1), 1.
- Xue, J., Cai, H., Li, W., Pei, Y., Guan, H., Guo, Z., ... & Liu, J. (2023). Emissions of VOCs and SVOCs from polyvinyl chloride building materials: Contribution to indoor odor and inhalation health risks. *Building and Environment*, 229, 109958. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109958>
- Yeats, B. (1997). Factors that may influence the postural health of schoolchildren (K-12). *Work*, 9(1), 45-55.
- Zakaria, I. B., Mahyuddin, N., & Mohd-Sahabuddin, M. F. (2023). Kindergarten physical setting guidelines: A review from indoor air quality perspectives. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 396, p. 01066). EDP Sciences.
- Zuraimi, M. S., & Tham, K. W. (2009). Reducing particle exposures in a tropical office building using electrostatic precipitators. *Building and Environment*, 44(12), 2475-2485

Sürdürülebilirlik ve Ahşap Malzemede Yaşam Döngüsü Analizi Kullanımı

Göksu ŞİRİN^{1,*}, Deniz AYDEMİR², Gökhan GÜNDÜZ³

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Almus Meslek Yüksekokulu, Ormanlık ve Orman Ürünleri Programı, Tokat, Türkiye

²Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

³İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 17.08.2023

Kabul: 06.06.2024

Yayın: 15.08.2024

Derleme Makalesi



Öz – Bugün var olan ekolojik sistem süreç ve üretkenliğinin gelecekte de devam ettirilebilmesi sürdürülebilirliğin temelidir. Ahşap, doğadaki yenilenebilir ve geri dönüşümlü önemli malzeme kaynaklarından. Sürdürülebilirlik gibi karmaşık sorunları çözmek için büyük verileri işleyerek farklı sistemlerin çevresel etkilerini değerlendiren ve kıyaslayan birçok araç geliştirilmiştir. Yeni uygulamalarda, dar kapsamlı ve kısa vadeli çözümler sunan yöntemlerin yerini, sürdürülebilirliğin çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarını içeren çevre yönetimi ve temiz üretim çalışmalarının almaya başladığı görülmektedir. Yaşam Döngüsü Analizi (YDA), ürünlerin çevresel etkilerini değerlendirmek için uluslararası kabul görmüş ve standartlaştırılmış bir yöntemdir. Analiz yöntemi, endüstriyel ürünlerin yaşam döngüsünde çevresel açıdan değerlendirilmesi amacıyla ortaya çıkmıştır. Üretim süreçlerinin sürdürülebilirliğinin ve çevreye etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan YDA, hammaddelerin üretiminden başlar ve ürünlerin ömrünü tamamlayıp atık haline gelene kadar olan süreci takip eder. Birçok araştırmacı, YDA aracının, ürünlerin daha etkili ve çevresel açıdan daha uygun olarak üretilmesi konusunda olumlu katkısı bulunduğuna dair hemfikirlerdir.

Anahtar Kelimeler – Ahşap malzeme, çevresel etkiler, hayat boyu değerlendirme, sürdürülebilirlik, yaşam döngüsü analizi

Sustainability and Use of Life Cycle Analysis in Wood Material

¹Department of Forestry and Forest Products, Almus Vocational School, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Türkiye

²Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, Bartın, Türkiye

³Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, İskenderun Technical University, Hatay, Türkiye

Article History

Received: 17.08.2023


Accepted: 06.06.2024


Published: 15.08.2024


Review Article

Abstract – Sustainability is possible if the current ecological system process and productivity can be continued in the future. Wood is one of the important renewable and recyclable material resources in nature. Many methods have been developed to evaluate and compare the environmental impacts of different systems by processing big data to solve complex problems such as sustainability. In new studies, it is seen that the methods that offer narrow and short-term solutions have started to be replaced by environmental management and cleaner production studies, which include the environmental, social and economic dimensions of sustainability. Life Cycle Analysis (LCA) is the internationally accepted and standardized method for evaluating the environmental impacts of products. The analysis method has emerged for the purpose of environmental evaluation of industrial products in their life cycle LCA, which is used to evaluate the sustainability of production processes and their impact on the environment, starts from the production of raw materials and follows the process until the products end their life and become waste. Many authors agree on the fact that the use of the LCA tool results in more effective and on appropriate environmental improvement of products.

Keywords – Environmental effects, life cycle analysis, life cycle assessment, sustainability, wood materials

¹  goksu.sirin@gop.edu.tr

²  denizaydemir@bartin.edu.tr

³  gokhan.gunduz@iste.edu.tr

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Modern yaşamın getirdiği teknolojik gelişmeler sayesinde birçok malzeme üretim amacına mümkün olan en iyi şekilde hizmet etmektedir. Ancak kullanımları arttıkça bazı maddelerin olası kıtlığı gelecek için önemli bir tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır (Graedel vd., 2015). Bu nedenle sürdürülebilirlik günümüzde gittikçe daha çok konuşulan bir kavram haline gelmiştir (Yavuz, 2010). Sürdürülebilirlik, üretim ve tasarım çalışmaları ile çevre sorunları gibi faktörler arasındaki kritik kesişimdir (Ekşi ve Çırak, 2017) denilebilir. Bugün var olan ekolojik sistem süreç ve üretkenliğinin gelecekte de devam ettirilebilmesi sürdürülebilirliğin temelidir (Yavuz, 2010) ve anahtar bir kavram olarak birçok disiplini etkilemektedir (Güner vd., 2017). Ekonomi açısından sürdürülebilir kalkınma şeklinde tanımlanan kavram, üretim sürecinde yenilenebilir kaynakları daha çok kullanmak ve üretim faaliyetinin çevreye olan etkilerinden sorumlu olmak anlamını taşır (Yavuz, 2010). Çevresel sorunların engellenmesiyle, ürünlerin toplam yaşam süresi maliyetlerini düşürerek sürdürülebilirliğin sağlanmasına çalışılır (Ekşi ve Çırak, 2017). Tüm bu açılardan ele alındığında sürdürülebilirliğin ancak doğal kaynakların kendilerini yenileyebilmelerine olanak tanınmasıyla ulaşılabilecek bir hedef olduğu söylenebilir (Yavuz, 2010). Doğa sermayesine yatırım yapmak sürdürülebilir ekonomik faaliyetlerin sağlanmasında önemli bir aşamadır. Doğa sermayesi, gelecekteki ürünleri ve hizmetlerini sağlayacak stoklar olarak ifade edilebilir (Yavuz, 2010).

Ormanlar, insanlık için en önemli doğal kaynaklardan biridir. Sürdürülebilir kalkınma politikalarında, ormana dayalı sektörler gibi doğal kaynakların kullanıldığı ekonomik faaliyetler son derece önemlidir (Bennich vd., 2021; Beaussier vd., 2022). Ahşap, doğadaki yenilenebilir ve geri dönüşümlü önemli bir orman ürünüdür. Hafifliği, yüksek dayanımı, emprenye tekniği ile çürüme, böcek tahribatı ve yangına karşı korunması, her türlü yapıda onarım ve plan değişikliğinin kolay olması ahşap malzemenin sürdürülebilirliğini artırmaktadır (Bostancıoğlu ve Birer, 2004; Güleriyüz ve Dostoğlu, 2011). Ahşabın kaynağı olan ormanlar için sürdürülebilir ormancılık “Ormanların ve orman alanlarının biyolojik çeşitliliğinin, verimliliğinin, gençleşme kapasitesinin, canlılığının ve potansiyelinin yerel, ulusal ve küresel düzeylerde, günümüzde ve gelecekte kendilerinden beklenen ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonları yerine getirecek ve diğer ekosistemlere zarar vermeyecek şekilde işletilmesi ve kullanılmasıdır” (Akyol ve Tolunay, 2006) olarak tanımlanmıştır.

Orman kaynaklarının ve ahşap malzemelerin sürdürülebilirliği konularını da içeren, karmaşık sorunları çözmek için büyük verileri işleyerek farklı sistemlerin çevresel etkilerini değerlendiren ve kıyaslayan birçok araç geliştirilmiştir (Lemke, 2021). Stratejik Çevresel Değerlendirme, Çevresel Etki Değerlendirmesi, Çevresel Risk Değerlendirmesi, Maliyet Fayda Analizi, Malzeme Akışı Analizi ve Ekolojik Ayak İzi Sistemleri bunlardan bazılarıdır (Hackenhaar vd., 2022). Bu çalışmada ise Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) üzerinde durulmuştur.

YDA, endüstriyel ürünlerin yaşam döngülerinde (Al-Huthaifi vd., 2021) potansiyel çevresel etkilerinin muhasebeleştirilmesi ve değerlendirilmesi için tasarlanmış nispeten yeni ve gelişen bir araçtır (Kohlmaier vd., 1998). Bu genişletilmiş analiz türünü açıklamak için ekodenge, ekoprofil, beşikten mezara analiz gibi çeşitli isimler önerilmiştir ancak YDA, birçok ülkede, akademi, uygulayıcılar ve endüstri tarafından anahtar isim olarak geniş çapta kabul görmüştür (Kohlmaier vd., 1998). Yöntem, uluslararası standart ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi Standartları'nın bir parçası olarak kullanılmaktadır. ISO 14040 yaşam çevrim analizinin ilkelerini ve sistemini açıklamakta, ISO 14044 ise gereklerini ve ana hatlarını içermektedir (Yavuz, 2010). Çerçeve görevi gören ISO 14040'ın giriş bölümünde YDA şu şekilde tanımlanmaktadır: “Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDA, ekodenge olarak da bilinir), çevresel boyutların ve etkinin ürünle ilgili tahminine yönelik bir tekniktir. YDA, beşikten mezara bir sürecin tüm aşamalarıyla (ham maddelerden malzeme işleme, üretim, dağıtım, kullanım, onarım, bakım ve imha veya geri dönüşümü) ilişkili her bir etkiyi değerlendirir” (Klopffer ve Grahl, 2014). Tanımlamada görüldüğü gibi analizler, hammaddelerin üretiminden başlar ve ürünlerin ömrünü tamamlayıp atık haline gelene kadar olan süreci takip eder (Culaba ve Purvis, 1999). Yöntem, alternatif proseslerin çevresel performanslarını karşılaştırmak, toplam enerji tüketimini yorumlamak, enerji kazanımlarını ve emisyon

azaltma tekniklerini belirlemek, karar vericileri politikalar ve enerji verimliliği yatırımları hakkında bilgilendirmek amacıyla kullanılan (Hossaina vd., 2016; Al-Huthaifi vd., 2021) oldukça güçlü bir sistemdir (Tsalidis vd., 2022).

1.1 Yaşam Döngüsü Analizi'nin Uygulanması ve Ahşap Malzemede Çalışmalar

YDA'nın genellikle dört bileşeni vardır (Deat, 2004). Standart metodolojik çerçeve amaç ve kapsam tanımlarını, yaşam döngüsü envanter analizini, etki değerlendirmesini ve yorumlamayı içerir (Duan vd., 2022).

1. Amaç ve kapsam

Amaç ve kapsam, tanımlamanın yapıldığı ilk adımdır. Çalışmanın amacı, nedeni, hedefler, veriler, sınırlar, uygulama ve yorumlama şekli burada açıklanır.

2. Envanter analizi

Envanter analizinde veriler toplanır, yorumlanır ve envanter sonuçları hesaplanarak sunulur. Analiz, teknik sistemin bir akış modeliyle sonuçlanır.

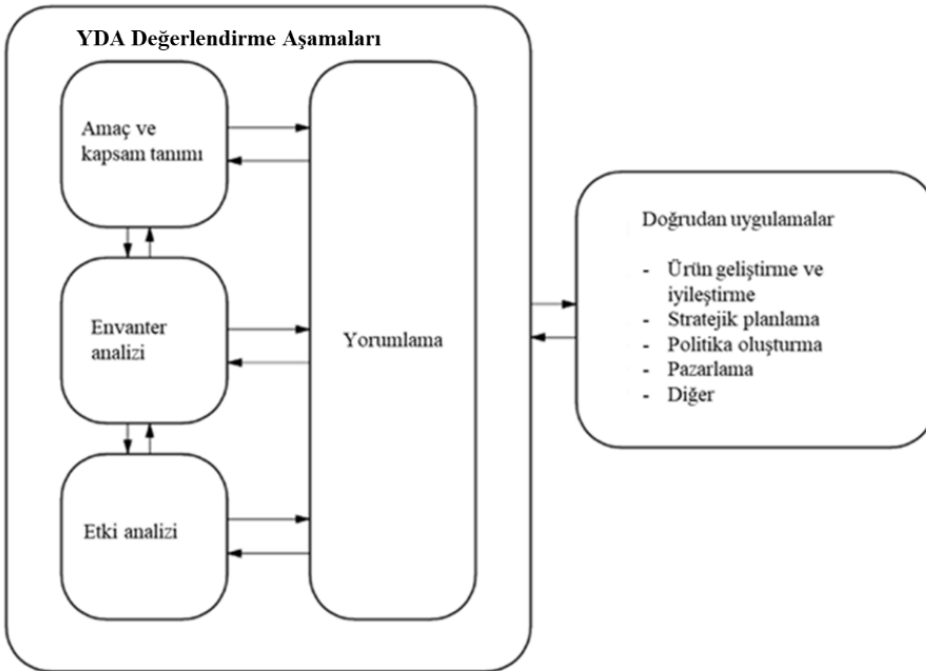
3. Etki değerlendirmesi

Etki değerlendirmesinde ürün veya üretim sistemi çevresel bir bakış açısıyla incelenir. Ayrıca yorumlama aşaması için bilgi sağlar.

4. Yorumlama (İyileştirme değerlendirmesi)

Yorumlama, sonuçların amaç ve kapsam tanımıyla ilişkili olarak analiz edildiği, sonuçlara ulaşıldığı, sonuçların sınırlılıklarının belirlendiği ve önceki aşamaların bulgularına dayalı olarak tavsiyelerin sunulduğu aşamadır.

Şekil 1'de basitleştirilmiş bir biçimde YDA aşamaları görülmektedir.



Şekil 1. Yaşam Döngüsü Analizi adımları (Alanya-Rosenbaum vd., 2022)

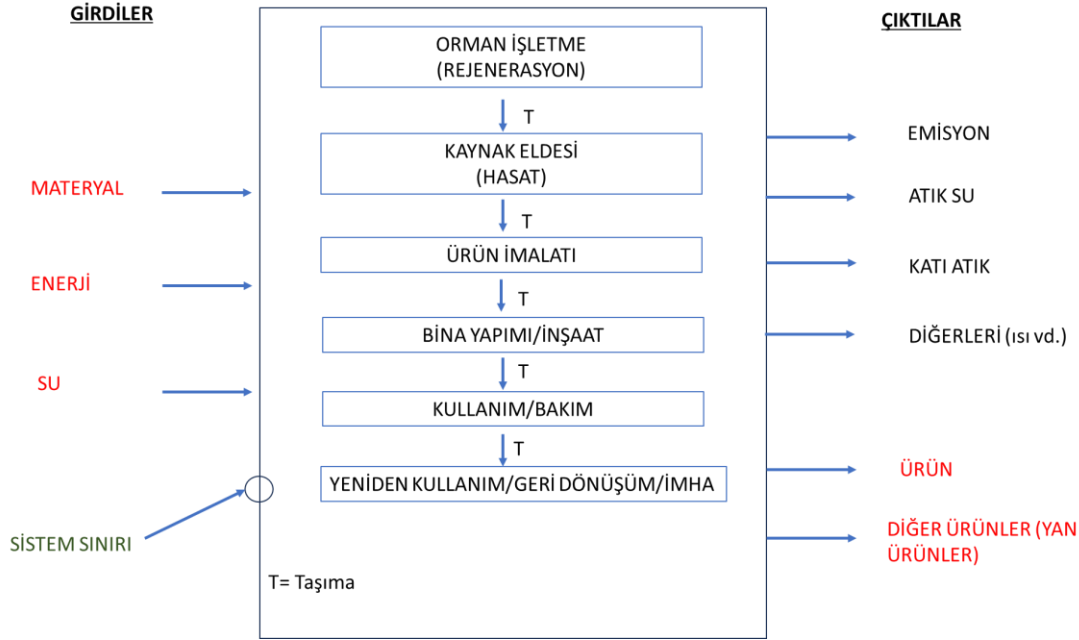
Temel prosedür, görüldüğü gibi tüm sistemin incelenmesi, etkilerin değerlendirilmesi ve en iyi seçeneğin seçilmesi şeklinde kavram olarak nispeten basittir. YDA'nın kapsamı, örneğin yaşam döngüsünün bir aşamasından diğerine, bir bölgeden diğerine veya bir çevresel sorundan diğerine sorun kaymasını önlemek için etkili ve faydalıdır (Quéheille vd., 2022). Yani yaşam döngüsü düşüncesi, sorunları bir yaşam döngüsü adından diğerine aktarmaktan kaçınırken, olumsuz etkileri en aza indirmek ve olumlu etkileri vurgulamak olarak tanımlanabilir (Cobut vd., 2013). Ancak fiili uygulamada birtakım zorluklar vardır. Prosedürü tanımlarken kullanılan anahtar kelimelerin her biri doğru ve tüm yaşam döngüsünü içerecek şekilde olmalıdır. Aksi takdirde önemli etkiler ihmal edilebilir (Gaines ve Stodolsky, 1997). Birbirine bağlı işlem birimleri (ürün ağacının yaşam döngüsü) bir sistem oluşturur. Merkezde bir ürün, bir süreç, bir hizmet veya en geniş anlamıyla insan faaliyeti olacaktır (Klöpffer ve Grahl, 2014). Analizde çok fazla veri işlenmektedir ve sonuçlar duruma göre değişir (Takano vd., 2015). Süreç birimleri ve işlemlerinin dahil edilmesi, çeşitli enerji kaynakları, yan ürünler, atık yönetimi ve benzer eklentiler bile bu basit şemayı çok daha karmaşık bir yapıya dönüştürür (Klöpffer ve Grahl, 2014). Karmaşıklığı yönetilebilir bir forma indirgemek için birçok varsayım, basitleştirme ve tahmin gereklidir (Kohlmaier vd., 1998). YDA yaklaşımlarına genellikle standartlar rehberlik eder. Bununla beraber profesyonel uygulama kuralları da geliştirilmiştir (Deat, 2004). ISO gibi gruplar tarafından çok iyi tanımlanmış olan standart metodoloji, herkesin böyle bir analiz yapmasını kolaylaştırır. Bu durum bazı yaygın hata türlerini ortadan kaldırır ve çalışmalar arasında en azından minimum düzeyde tutarlılık sağlar (Gaines ve Stodolsky, 1997). Fakat dünya genelinde verilerin farklı yorumlanması sonucunda ortak sonuca yönelik değerlendirmeler yapılamaz (Kaya ve Türkeri, 2010) ya da standartlar bazen deneyimli analistlerin bile hata yapmasına neden olabilir (Gaines ve Stodolsky, 1997). Etkilerin değerlendirilmesi analist ya da karar verici açısından zor olabilir (Gaines ve Stodolsky, 1997). Etkileri değerlendirmek için atıfsal ve sonuçsal olarak iki ana YDA modelleme yaklaşımı vardır. Atıfsal döngü analizi ve sonuçsal döngü analizi metodolojileri, yaşam döngüsüyle ilgili farklı soruları ele almak için tasarlanmıştır. Atıfsal ya da ilişkilendirme yaklaşımı, analiz edilen süreçleri açıklamaya uygunken sonuçsal yaklaşım ise, süreç sonuçları ve sonuca ulaşılırken yaşanan doğrudan ya da dolaylı değişiklikleri analiz etmeye daha uygundur (Hackenhaar vd., 2022).

Ahşap malzemeler de yapısal özellikleri ve kullanım alanları itibarıyla YDA çalışmaları içerisinde önemli bir yere sahiptir. Ahşap ürünlerin doğal özellikleri hassas bir konudur ve bu özellikler sıklıkla tartışılmaktadır (Pawelzik vd., 2013; Takano vd., 2015). Günümüzde odun hasadından geri dönüşüme kadar tüm çalışma alanlarında kullanılabilen YDA teknolojisi, bütüncül yaklaşımı ile farklı üretim biçimlerini ve bunun sonucunda ortaya çıkan çevresel etkileri karşılaştırır (Cobut vd., 2013). Ürünler için odun hasat edildikten sonra da odun işleme çalışmaları devam etmektedir (Perez-Garcia vd., 2005). Ahşap malzemelerin yaşam döngüsü; tohum ekimi, ağacın yetiştirilmesi, biyokütlenin hasadı, taşınması, odun esaslı ürünün üretimi, nakledilmesi, montajı, kullanımı ve geri dönüşümü gibi çeşitli alanları içerir (Diederichs, 2014; Şahin vd., 2022). Yuvarlak ve endüstriyel odun gibi doğrudan ormancılık ürünlerinden farklı tipte ahşap bazlı malzemelere, peletlere, ağaç kabuğu, talaş vb. diğer yan ürünlere kadar oldukça çeşitli malzemeler, yakıtlar ve üretim süreçleri programlara entegre edilmiştir. Bu, tüm ağaç işleme zincirinin tutarlı bir şekilde modellenmesi açısından belirli bir metodolojik çalışma ortaya çıkarır (Hischier vd., 2005). Şekil 2'de ağaçların rejenerasyonundan ahşap malzemelerin imhasına kadar tam yaşam döngüsü görülmektedir.

Ahşap ürünler hakkında ürün ve üretim çeşitliliği sayesinde farklı alanlarda araştırmalar görmek mümkündür. Örneğin ambalaj malzemelerinin çevresel öneminin sürekli gündemde olması nedeniyle kâğıt ve karton türleri ile yapılan çeşitli şekillerdeki ambalajların kapsamlı üretim yöntemleri YDA'nın ilk yıllarından itibaren ana odak noktalarından olmuştur (Hischier vd., 2005).

Günümüzde çoğu ahşap ürün ormanlardan temin edilmektedir. Bununla birlikte birçok şehir, altyapıyı genişletmek, rutin bakım ve geliştirme faaliyetlerini yapabilmek için ağaçların kaldırılmasından büyük miktarlarda yüksek değerli atık odun üretmektedir. Bu atık odunlar için YDA kullanarak yapılan bir çalışmada kereste üretiminde çevresel olarak uygun bir seçenek olduğu sonucuna varılmıştır (Alanya-Rosenbaum vd., 2022).

Pehnt, (2006) ise çalışmasında odun ve odun talaşı ile yapılan ısıtmada oluşan sera gazı etkisi için %20 oranında düzelme sağlanabileceğini gösteren bir YDA yapmıştır. Yine başka bir çalışmada karaçam kerestelerinden masif ahşap üretimi ile ilgili YDA'da üretim işlemlerinin çevre üzerindeki etkileri tartışılmıştır (Hu vd., 2018).



Şekil 2. Ağaçların rejenerasyonundan ahşap malzemelerin imhasına kadar tam yaşam döngüsü (Bergman vd., 2014)

Yapılarda ahşap kullanımının etkileri de YDA için önemli bir araştırma alanıdır. Gerilla vd., (2007) farklı ülkelerdeki ahşap ve çelik katkılı betonarme binaların yaşam döngüsü enerjilerini hesaplamışlar ve çevresel etkilerini incelemişlerdir. Buna göre; betonarme binaların ahşap binalardan daha fazla olumsuz etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yine Pajchrowski vd., (2014), binalarda ahşap kullanımının çevresel etkilerini incelemişler, ahşap ürünlerin, doğal özellikleri ve beton yapılara göre daha düşük ağırlıkları sayesinde bina yaşam döngüsüne çevresel bir fayda sağladığını göstermişlerdir. Ahşap bir yapı üzerinde YDA'nın kullanımını gösteren diğer bir çalışmada, ahşap ürünler ve ahşap konstrüksiyonla ilgili olası geliştirme noktaları üzerine öneriler sunulmuştur (Takano vd., 2015). Güteryüz ve Dostoğlu, (2011) sürdürülebilir bir yapı için en önemli konulardan birinin yaşam döngüsü tasarımı olduğu belirtilen çalışmalarında sürdürülebilirlik için uygun yöntem seçimini araştırmıştır.

YDA uygulamaları ile yeşil üretim ve pazarlama yöntemleri adı verilen çalışmalar levha sektörü için de oldukça fazladır. Bu çalışmaların amacı malzeme üretimi ve geri dönüşümü hakkında daha iyi bilgi sahibi olmaktır (Crafford vd., 2021; Şahin vd., 2022). Ahşabın ilk kullanımı ve atık hale geldikten sonra aynı ürünün üretimi için kullanımının araştırıldığı bir çalışmada YDA'nın, mal ve hizmet üretiminin çevresel etkileri hakkında kapsamlı bilgi elde etmek için güçlü bir araç olduğu ifade edilmiştir (Höglmeier vd., 2014).

Bir ahşap ürün, birden fazla yaşam döngüsü aşaması için çevresel etki azaltma konusunda sertifikalandırılabilir. YDA'nın eko-etiket kullanımı için etkili bir araç olabileceği düşünülmektedir. Sertifikalı ürünler, farklı yaşam döngüsü aşamaları için önerilerle değerlendirilir (Cobut vd., 2013). Çevresel bir YDA çalışması, seçeneklerin değerlendirilmesinde önemli kolaylıklar sağlar (Alanya-Rosenbaum vd., 2022). Yaşam döngüsü aşamasındaki kriterlerin sayısı ve yaşam döngüsü aşamalarının kapsamı kullanılan analiz programına bağlı olacaktır (Cobut vd., 2013).

2. Sonuçlar

Çeşitli endüstri dallarında, bilimsel ve çevresel faaliyetlerle ilgili çalışmalarda son dönemlerde sürdürülebilirliğe verilen önem YDA verilerinin kullanımını artırmaktadır. Geri dönüşüm durumu, enerji kullanım ve kayıp oranları analizlerle çok daha net şekilde belirlenebilmektedir. Süreç adımları, olası değişiklikleri, çevresel etkileri, seçenekleri ve onların sonuçlarını belirlemeyi kolaylaştırmaktadır. Uzun vadeli çözümler oluşturmak analizlerin önemli amaçlarından biridir. Elbette yöntem birçok alanda entegre çalışmayı da beraberinde getirmektedir. Ortak çalışmalar analistler ve uygulayıcılar için uzmanlığın artmasında etkili olmaktadır. Bunun yanı sıra çalışmalarla ilgili literatür oluşmasına da katkı sağlamaktadır.

Yaşam döngüsü çalışmalarının etkinliğinin artması akademik ve teknik alanlardaki gelişmelere paralel olarak devam edebilir. Günümüzde bazı alanlarda uzmanlık eksikliği ya da maliyeti yüksek projeler YDA kullanımındaki sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra analizler için veriler kısıtlı miktarda kalmaktadır. Çalışmaların desteklenmesi ve teşvik edilmesi bu alandaki farkındalığı artırabilir. Araştırmalar, ürünlerin üretim ve bertaraf süreçlerinde YDA aracının etkili sonuçlar verdiğini göstermektedir. Ahşap malzemeler her ne kadar yenilebilir bir kaynak olan odunlardan elde edilse de tükenmez olmayan bu kaynağın daha etkin kullanımında giderek gelişen YDA çalışmaları olumlu katkı sağlamaktadır.

Yazar Katkıları

Göksu Şirin: Literatür taraması, araştırma, yorumlama, kontrol yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Deniz Aydemir: Araştırma, yorumlama, kontrol ve düzenleme yapmıştır.

Gökhan Gündüz: Araştırma, yorumlama, kontrol ve düzenleme yapmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Akyol, A. ve Tolunay, A. (2006). Türkiye’de sürdürülebilir orman kaynakları yönetimi, ilkeleri, göstergeleri ve uygulamaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 221-234. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/sdufenbed/issue/20780/221863>
- Alanya-Rosenbaum, S., Bergman, R. D., Wiedenbeck, J., Hubbard, S. S. and Kelley, S. S. (2022). Life cycle assessment of utilizing freshly cut urban wood: A case study. *Urban Forestry Urban Greening*, 76, 127723. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127723>
- Al-Huthaifi, A. A. M. M. ve Altan, M. F. (2021). Yapı sektöründe uygulanan yaşam döngüsü değerlendirmesinde karşılaşılan sorunlara çözüm önerileri. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(1), 194-210. <https://doi.org/10.52520/masjaps.47>
- Beaussier, T., Cauria, S., Bellon-Maurel, V., Delacote, P. and Loiseau, E. (2022). Deepening the territorial Life Cycle Assessment approach with partial equilibrium modelling: First insights from an application to a wood energy incentive in a French region. *Resources, Conservation and Recycling*, 179, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106024>
- Bennich, T., Belyazid, S., Stjernquist, I., Diemer, A., Seifollahi-Aghmiuni, S. and Kalantari, Z. (2021). The bio-based economy, 2030 Agenda, and strong sustainability – a regional- scale assessment of sustainability goal interactions. *Journal of Cleaner Production*, 283, 125174 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125174>
- Bergman, R., E., Puettmann, M., Eastin, I. and Ganguly, I. (2014). Updating of US wood product life-cycle assessment data for environmental product declarations. *World conference on timber engineering*, (pp. 10-14). Quebec City, Canada.
Erişim adresi: https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf2014/fpl_2014_bergman006.pdf

- Bostancıoğlu, E. ve Düzgün Birer, E. (2004). Ekoloji ve Ahşap: Türkiye’de ahşap malzemenin geleceği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9(2), 37-44. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/202835>
- Cobut, A., Beauregard, R. and Blanchet, P. (2013). Using life cycle thinking to analyze environmental labeling: the case of appearance wood products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 722-742. DOI: 10.1007/s11367-012-0505-S
- Crafford, P., L., Wessels, C. B. and Blumentritt, M. (2021). Sustainability and wood constructions: A review of green building rating systems and life-cycle assessment methods from a South African and developing world perspective. *Advances in Building Energy Research*, 15(1), 67-86. <https://doi.org/10.1080/17512549.2018.1528884>
- Culaba, A. B. and Purvis, M. R. I. (1999). A methodology for the life cycle and sustainability analysis of manufacturing processes. *Journal of Cleaner Production*, 7(6), 435-445. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(99\)00231-0](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(99)00231-0)
- Deat, (2004). *Life cycle assessment, integrated environmental management*. Information Series 9, Department of Environmental Affairs and Tourism (DEAT), Pretoria. ISBN 0-9584728-5-8. Erişim adresi: https://www.dffe.gov.za/sites/default/files/docs/series9_lifecycle_assessment.pdf
- Diederichs, S. K. (2014). 2010 Status quo for life cycle inventory and environmental impact assessment of wood-based panel products in Germany. *Wood and Fiber Science*, 3, 340-355. Erişim adresi: <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/191>
- Duan, Z., Huang, Q. and Zhang, Q. (2022). Life cycle assessment of mass timber construction: A review. *Building and Environment*, 221, 109320. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109320>
- Ekşi, G. ve Çırak, C. R. (2017). Farklı bakış açılarıyla LCA incelemesi. *Hacettepe Üniversitesi, Ocak*. Erişim adresi: https://dlwqtxts1xzle7.cloudfront.net/51344961/Farkli_Bakis_Acilariyla_LCA_Inceleme
- Gaines, L. and Stodolsky, F. (1997). Life-Cycle Analysis: Uses and pitfalls. *Air and waste management association 90th annual meeting & exhibition conference*. Ontario, Canada. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/255258522_Lifecycle_analysis_Uses_and_pitfalls
- Gerilla, G., Teknomo, K. and Hokao, K. (2007). An environmental assessment of wood and steel reinforced concrete housing construction. *Building and Environment*, 42, 2778-2784. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.021>
- Graedel, T. E., Harper, E. M., Nassar, N. T. and Reck, B. K. (2015). On the materials basis of modern society. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(20), 6295-6300. <https://doi.org/10.1073/pnas.1312752110>
- Güleryüz, M. ve Dostoğlu, N. (2011). Yapıların strüktürel sisteminde malzeme seçiminin sürdürülebilir tasarım bağlamında değerlendirilmesi. *Mimarlıkta Taşıyıcı Sistemler Sempozyumu*. İstanbul, Türkiye. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/340818564>
- Güner, C., Gökşen, F. ve Koçhan, A. (2017). Sürdürülebilir kalkınma modeli için çevre duyarlı yapılarda malzeme seçiminin incelenmesi. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 1-14. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/adbada/issue/33581/338091>
- Hackenhaar, I. C., Almenar, J. B., Elliot, T. and Rugani, B. (2022). A spatiotemporally differentiated product system modelling framework for consequential life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 333, 130127. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130127>
- Hischier, R., Althaus, H. J. and Werner, F. (2005). Developments in wood and packaging materials life cycle inventories in ecoinvent. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 10, 50-58. <http://dx.doi.org/10.1065/lca2004.11.181.6>
- Hossaina, U., Poona, C.S., Lo, I.M. and Cheng, J.C. (2016). Comparative LCA on using waste materials in the cement industry: A Hong Kong case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 120, 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.12.012>
- Höglmeier, K., Weber-Blaschke, G. and Richter, K. (2014). Utilization of recovered wood in cascades versus utilization of primary wood - a comparison with life cycle assessment using system expansion. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 1755-1766. DOI 10.1007/s11367-014-0774-6
- Hu, S., Guan, X., Guo, M. and Wang, J. (2018). Environmental load of solid wood floor production from larch grown at different planting densities based on a life cycle assessment. *Journal of Forestry Research*, 29, 1443-1448. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0529-x>

- ISO, (2008). International Organization for Standardization. ISO 14000 Essentials. Erişim Tarihi: 12.01.2023. Erişim adresi: http://www.iso.org/iso/iso_14000_essentials
- ISO, (2006). International Organization for Standardization. ISO 14040 Environmental management - life cycle assessment - principles and framework. Erişim tarihi: 12.01.2023. Erişim adresi: <https://www.iso.org/standard/37456.html>
- ISO, (2006). International Organization for Standardization. ISO 14044 Environmental management - life cycle assessment - requirements and management. Erişim Tarihi: 12.01.2023. Erişim adresi: <https://www.iso.org/search.html?q=14044>
- Kaya, M. U. ve Türkeri, N. (2010). Dış duvar sistemlerinde kullanılan yapı malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi. 5. *Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu*. İzmir, Türkiye. Erişim adresi: <https://www.cattider.org.tr/pdf/sempozyum5/Semp%205%20Bildiri%2002.pdf>
- Klöpffer, W. and Grahl, B. (2014). *Life cycle assessment (LCA): A guide to best practice*. Wiley-VCH. ISBN: 9783527655625. DOI:10.1002/9783527655625
- Kohlmaier, G. H., Weber, M., Houghton, R. A. and Richter, K. (1998). *Life cycle assessment of wood products. Carbon dioxide mitigation in forestry and wood industry*, 219-248. Springer Nature. Erişim adresi: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-03608-2>
- Lemke, C. (2021). *Accounting and statistical analyses for sustainable development: Multiple perspectives and information-theoretic complexity reduction* (p. 31). Springer Nature. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33246-4>
- Pajchrowski, G., Noskowiak, A., Lewandowska, A. and Strykowski, W. (2014). Wood as a building material in the light of environmental assessment of full life cycle of four buildings. *Construction and Building Materials*, 52, 428–436. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.066>
- Pawelzik, P., Carus, M., Hotchkiss, J., Narayan, R., Selke, S., Wellisch, M., Weiss, M., Wicke, M. and Patel, M. K. (2013). Critical aspects in the life cycle assessment (LCA) of bio-based materials—reviewing methodologies and deriving recommendations. *Resources Conservation Recycling*, 73, 211–228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.02.006>
- Pehnt, M. (2006). Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies. *Renewable Energy*, 31(1), 55-71. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.03.002>
- Perez-Garcia, J., Lippke, B., Connick, J. and Manriquez, C. (2005). An assessment of carbon pools, storage, and wood products market substitution using life-cycle analysis results. *Wood and Fiber Science, December*, 140-148. Erişim adresi: <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/840>
- Quéheille, E., Ventura, A., Saiyouri, N. and Taillandier, F. (2022). A Life Cycle Assessment model of end-of-life scenarios for building deconstruction and waste management. *Journal of Cleaner Production*, 339, 130694. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130694>
- Şahin, M. E., Kalaycıoğlu, H. ve Aras, U. (2022). Odun esaslı levha sektöründe Yaşam Döngüsü Analizi'ne bir bakış. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 9(Özel Sayı), 342-354. <https://doi.org/10.17568/og-moad.1096193>
- Takano, A., Hafner, A., Linkosalmi, L., Ott, S., Hughes, M. and Winter, S. (2015). Life cycle assessment of wood construction according to the normative standards. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73, 299-312. DOI: 10.1007/s00107-015-0890-4
- Tsalidis, G. A., Soeteman-Hernández, L. G., Noorlander, C. W., Saedy, S., van Ommen, J. R., Vijver, M. G. and Korevaar, G. (2022). Safe-and-sustainable-by-design framework based on a prospective life cycle assessment: Lessons learned from a nano-titanium dioxide case study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 4241. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074241>
- Yavuz, V. A. (2010). Sürdürülebilirlik kavramı ve işletmeler açısından sürdürülebilir üretim stratejileri/concept of sustainability and sustainable production strategies for business practices. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(14), 63-86. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/mkusbed/issue/19556/208640>

Bartın Orman Fakóltesi Dergisi

Bartın Üniversitesi, Orman Fakóltesi , 74100, Bartın, Türkiye

Journal of Bartın Faculty of Forestry

Bartın University, Faculty of Forestry, 74100, Bartın-Turkey