



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN: 2149-3898

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ



ISPARTA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Year:
Yıl: 2022

Volume:
Cilt: 23

Issue:
Sayı: 1

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

(TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ)

e-ISSN: 2149-3898

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

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

Year/Yıl: 2022, Volume/Cilt: 23, Issue/Sayı: 1

Editorial board / Dergi yayın kurulu

Editor-in-chief / Baş editör

Ramazan Özçelik

Editors / Editörler

A. Alper Babalık
Ayşe Deligöz
Esra Bayar
Gürcan Güler
Hasan Alkan
H. Tuğba Lehtijarvi
Hüseyin Fakir
H. Oğuz Çoban
İbrahim Özdemir
İ. Emrah Dönmez
Mehmet Eker
Mehmet Korkmaz
Mustafa Avcı
Onur Alkan
Serkan Gülsoy
Şirin Dönmez
Tuğba Yılmaz Aydın
Yılmaz Çatal

Layout editor / Dizgi editörü

Süleyman Uysal

Publisher / Yayıncı kuruluş

Isparta University of Applied Sciences
Faculty of Forestry – Isparta

Contact / İletişim

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

Advisory board / Danışma kurulu

Alois Skoupy, Czech University of Life Science, Czech Republic
Arif Karademir, Bursa Technical University, Turkey
Asko Lehtijarvi, Isparta University of Applied Sciences, Turkey
Aydın Tüfekçioğlu, Artvin Çoruh University, Turkey
Aynur Aydın, İstanbul University-Cerrahpaşa, Turkey
Bahar Türkyılmaz Tahta, Ege University, Turkey
Cemil Ata, Yeditepe University, Turkey
Ferhat Gökbulak, İstanbul University-Cerrahpaşa, Turkey
Gökhan Abay, Recep Tayyip Erdoğan University, Turkey
H. Hulusi Acar, İstanbul Yeni Yüzyıl University, Turkey
Hakkı Alma, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Turkey
İsmet Daşdemir, Bartın University, Turkey
Kani Işık, Akdeniz University, Turkey (Emeritus/Emekli)
Kenan Ok, İstanbul University-Cerrahpaşa, Turkey
Nihat Sami Çetin, İzmir Katip Çelebi University, Turkey
Nilgöl Karadeniz, Ankara University, Turkey
Osman Karagüzel, Akdeniz University, Turkey
Sadık Artunç, Mississippi State University, USA
Veli Ortaççesme, Akdeniz University, Turkey

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

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

CONTENTS

Research

- Comparative morphometric analysis of Ermenek river basin and Gökçay basin in terms of basin prioritization
Mücahit Coşkun, Ahmet Öztürk 1-10
- Growth of superior Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) provenances
Alper Ahmet Özbey, Mehmet Çalikoğlu, Ali Cem Aydın 11-20
- Development of diameter distribution model for natural cedar stands in Antalya region using Johnson's S_b Distribution
Burak Baş, Ramazan Özçelik 21-29
- The effect of the epidemic of *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785) (Hymenoptera: Diprionidae) on diameter increment in Brutian pine
Mustafa Avcı, Zeynep Eda Akıncı, Şükran Oğuzoğlu 30-37
- Industrial plantations in Turkey and stakeholder views in Burdur-Bucak region
Nevzat Gürlevik, Zeynep Gürdal, Mehmet Korkmaz 38-50
- Investigation of differently coated corrugated cardboard in terms of electrophotographic print chroma and hue angle
Ufuk Yılmaz, Ufuk Kılı, Mustafa Batuhan Kurt, Ahmet Tutuş, Sinan Sönmez 51-57
- Determination of the effects of additives added to pu glue on dimensional stability in fiberboards
İbrahim Bektaş, Gonca Düzkale Sözbir, Ayşenur Kılıç Ak 58-63
- Effect of additive added to cemented wood composite material on board properties
Gonca Düzkale Sözbir, İbrahim Bektaş, Müberra Demirbük 64-68
- Matrix method usage in ecosystem services mapping: Adana Sarıçam sample
Gülay Tokgöz, Asuman Aysu, Sebahat Sinem Özyurt Ökten 69-78
- The Importance of woody plant taxons with edible fruit feature in landscape architecture: KTU Kanuni Campus example
Nilgün Güneroğlu, Sabriye Pektaş 79-89

Review

- Comparison of illegal logging crimes and penalties in forest laws in some selected countries
Hüseyin Çalışkan, Filiz Egi Oğuz, Sezgin Özden 90-95

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Havza önceliklendirmesi bakımından Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının karşılaştırmalı morfolometrik analizi
Mücahit Coşkun, Ahmet Öztürk 1-10
- Üstün kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orijinlerinde büyüme
Alper Ahmet Özbey, Mehmet Çalıkoglu, Ali Cem Aydın 11-20
- Antalya yöresi doğal sedir meşcereleri için çap dağılım modelinin Johnson's S_b Dağılımı ile geliştirilmesi
Burak Baş, Ramazan Özçelik 21-29
- *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785) (Hymenoptera: Diprionidae) salgınının kızılçamda çap artımı üzerine etkisi
Mustafa Avcı, Zeynep Eda Akıncı, Şükran Oğuzoğlu 30-37
- Türkiye'de endüstriyel ağaçlandırmalar ve Burdur-Bucak yöresindeki paydaşların görüşleri
Nevzat Gürlevik, Zeynep Gürdal, Mehmet Korkmaz 38-50
- Farklı kaplanmış oluklu mukavva kartonların elektrofotografik baskı kroma ve ton açısı bakımından incelenmesi
Ufuk Yılmaz, Ufuk Kılı, Mustafa Batuhan Kurt, Ahmet Tutuş, Sinan Sönmez 51-57
- Lif levha yanal yüzeylerine farklı katkı maddeler içeren poliüretan tutkalı uygulamasının boyut stabilitesi üzerine etkileri
İbrahim Bektaş, Gonca Düzkale Sözbir, Ayşenur Kılıç Ak 58-63
- Çimentolu odun kompozit malzemeye eklenen katkı maddesinin levha özelliklerine etkisi
Gonca Düzkale Sözbir, İbrahim Bektaş, Müberra Demirbük 64-68
- Ekosistem hizmetleri haritalamada matris yönteminin kullanımı: Adana Sarıçam örneği
Gülay Tokgöz, Asuman Aysu, Sebahat Sinem Özyurt Ökten 69-78
- Yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitki taksonlarının peyzaj mimarlığındaki önemi: KTÜ Kanuni Kampüsü örneği
Nilgün Güneroğlu, Sabriye Pektaş 79-89

Derleme

- Seçilen bazı ülkelerin orman kanunlarındaki yasa dışı ağaç kesim suçları ve cezalarının karşılaştırması
Hüseyin Çalışkan, Filiz Egi Oğuz, Sezgin Özden 90-95

Havza önceliklendirmesi bakımından Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının karşılaştırmalı morfometrik analizi

Mücahit Coşkun^a , Ahmet Öztürk^{a,*} 

Özet: Araştırmada Ermenek Çayı havzası (EÇH) ve Gökçay havzasının (GH) morfometrik analiz parametreleri, doğal kaynak yönetimi bakımından havzaların önceliklendirilmesine katkı sağlamak amacıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada çizgisel, alansal ve rölyef morfometrilerini kapsayan toplam 23 parametre dikkate alınmıştır. Araştırmanın veri altyapısı, 12.5 m çözünürlüğe sahip ALOS PALSAR (Advanced Land Observing Satellite-1, Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar Mission) uydu görüntülerinden elde edilen sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanılarak oluşturulmuştur. Analizlerde kullanılan akarsu dizinlerinin belirlenmesinde, Strahler yöntemi dikkate alınmış ve ölçümler ArcMap 10.4.1 programı aracılığıyla yapılmıştır. Parametre hesaplarına dayanan sonuçlara göre, EÇH'nin GH'ye oranla; geçirimsiz (R_b, R_L, F_s, I_f, R_e, R_n), dairesel (L_{um}, l_o, T, F_f, R_c, K_g), eğim değeri yüksek (H, R_h, R_{hp}, R_n), jeomorfolojik olarak yaşlılık evresine daha yakın (H_c, H_i) bunlarla birlikte, dolaylı olarak taşkın hassasiyeti ve erozyon duyarlılığı yüksek bir havza olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre, EÇH'nin toprak ve akarsu kaynaklarındaki bu muhtemel sorunları nedeniyle, doğal kaynak yönetimi bakımından GH'ye göre daha öncelikli olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Morfometri, Havza önceliklendirmesi, CBS

Comparative morphometric analysis of Ermenek river basin and Gökçay basin in terms of basin prioritization

Abstract: In the study, the morphometric parameters of Ermenek River Basin (ERB) and Gökçay Basin (GB) have been analyzed, as comparatively aim to contribute to the prioritization of the watersheds in terms of natural resource management. In the study, 23 parameters, including linear, areal, and relief morphometries were calculated. The data infrastructure of the research was created by using the Digital Elevation Model (DEM) obtained from ALOS PALSAR (Advanced Land Observing Satellite-1, Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar Mission) satellite images with a resolution of 12.5 m in determining the stream streams used in the analysis, the Strahler method was taken into account, and the measurements were made using the ArcMap 10.4.1 program. According to the results based on parameter calculations, the ratio of ERB to GB; impermeable (R_b, R_L, F_s, I_f, R_e, R_n), circular (L_{um}, l_o, T, F_f, R_c, K_g), high slope value (H, R_h, R_{hp}, R_n), geomorphologically closer to old age (H_c, H_i), and also indirectly determined to be a basin with high flood sensitivity and erosion susceptibility. According to the data obtained, it has been understood that ERB has a higher priority than GB in terms of natural resource management due to these potential problems in the soil and water resources.

Keywords: Morphometry, Basin prioritization, GIS

1. Giriş

Tüm doğal kaynaklar gibi hayatın temel kaynaklarından biri olan suların sürdürülebilir kullanımı da nüfus artışı, aşırı kullanım ve şehirleşme ile birlikte tehlike altına girmektedir (Wagan ve Khoso, 2013; Kummu vd., 2016; Rosa vd., 2020; Swain vd., 2020). Doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımını planlamak ve yönetmek için en uygun fiziki birimlerin başında, suların toplanma alanlarını ifade eden akarsu havzaları gelmektedir (Chandrashekar vd., 2015). Hatta bilindiği üzere akarsu havzaları, geçmişten günümüze gelişen havza yönetimi anlayışı ile birlikte doğal kaynakların bütüncül yönetiminin planlandığı bir birim olarak değerlendirilmektedir (Omernik ve Bailey, 1997; Barrow, 1998; Grigg, 1999; Sheng, 2001; Van Wijk vd.,

2003; Garipağaoğlu, 2012; Parupalli vd., 2019). Bu bağlamda havzaların jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik yapısı gibi birçok farklı unsurun bir arada değerlendirilmesine imkân veren morfometrik analizler, bütüncül havza yönetimi yaklaşımının bir parçası olarak ele alınmasının da etkisiyle (Biswas vd., 2014; Turoğlu ve Aykut, 2019), her geçen gün önemi artan bir konu haline gelmiştir.

Yıllardır akarsu havzalarının jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik unsurları arasındaki ilişkiyi tutarlı bir şekilde değerlendirebilmek adına Horton (1932; 1945), Strahler (1952; 1957; 1964), Schumm (1956), Melton (1957), Miller (1953), Shreve (1966; 1967) Faniran (1968), Keller ve Pinter (2002), Biswas vd., (1999), Özdemir (2011), Sassolas-Serrayet vd., 2018, Turoğlu ve Aykut (2019),

✉ ^a Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Karabük

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): ahmetozturk2371@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 16.11.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 17.03.2022



Citation (Atf): Coşkun, M., Öztürk, A., 2022. Havza önceliklendirmesi bakımından Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının karşılaştırmalı morfometrik analizi. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 1-10. DOI: [10.18182/tjf.1024569](https://doi.org/10.18182/tjf.1024569)

Rajasekhar vd., (2020), Al-Assadi (2020), Ogarekpe vd., (2020) gibi birçok araştırmacı, arazinin gözlemine dayalı betimleyici bir yaklaşımın ötesinde, farklı çalışma alanlarına uygulanabilen nicel yöntemler geliştirmeye çalışmış veya bu yöntemleri kullanmışlardır. Örneğin, bir havzanın jeomorfolojik özelliklerini gözlemleyerek gençlik, olgunluk ve yaşlılık evresinde olduğu veya drenaj ağını inceleyerek iyi gelişip gelişmediği üzerine betimleyici değerlendirmeler yapılabilir. Bununla birlikte, söz konusu değerlendirmelerin nedenlerinin açıklanması ve ne oranda olduklarının belirtilmesi mümkün olmayacaktır (Horton, 1945). Bu sebeple havzaların jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik vb. durumlarıyla ilgili yapılacak değerlendirmelerin morfolojik analiz parametreleri kullanılarak gerçekleştirilmesi, muhtemel havza temelli çalışmaların birbirleri ile uyumlu olması bakımından önemlidir.

Bir havzanın çizgisel, alansal ve rölyef morfolojilerine ait parametreler hesaplanarak havzanın; akış karakteristiği, toprak koşulları, yüzey suyu potansiyeli, jeolojik yapısı, taşkın hassasiyeti, sızma kapasitesi, bitki örtüsü, neotektonik aktivitesi, erozyon duyarlılığı vs. üzerine değerlendirmeler yapılabilir (Özdemir, 2011; Biswas vd., 2014; Chandrashekar vd., 2015; Atalay, 2018; Aldharab vd., 2019; Coşkun ve Coşkun, 2019; Turoğlu ve Aykut, 2019; Atalay vd., 2020). Bu bağlamda çalışmamızda, Ermenek Çayı havzası ve Gökçay havzasının yukarıda bahsedilen özellikleri ile ilgili, kantitatif sonuçlara dayanan tutarlı çıkarımlar yapılarak, çalışma alanı ölçeğinde havzaların önceliklendirilmesi amaçlanmıştır. Ermenek Çayı havzası ve Gökçay havzasının Türkiye'nin en az yağış alan bölgelerinden birinde bulunması ve endemik bitki potansiyeli en yüksek alanlar arasında yer alması (Atalay, 2010; Muminjanov ve Karagöz, 2018) araştırma kapsamında bu havzaların çalışma alanı olarak tercih edilmesinde etkili olmuştur. Ermenek Çayı havzası ve Gökçay havzasının morfolojik analizlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmada, çizgisel, alansal ve rölyef morfolojilerinin içeren toplam 23 parametre kullanılarak havzaların fiziki özellikleri arasındaki

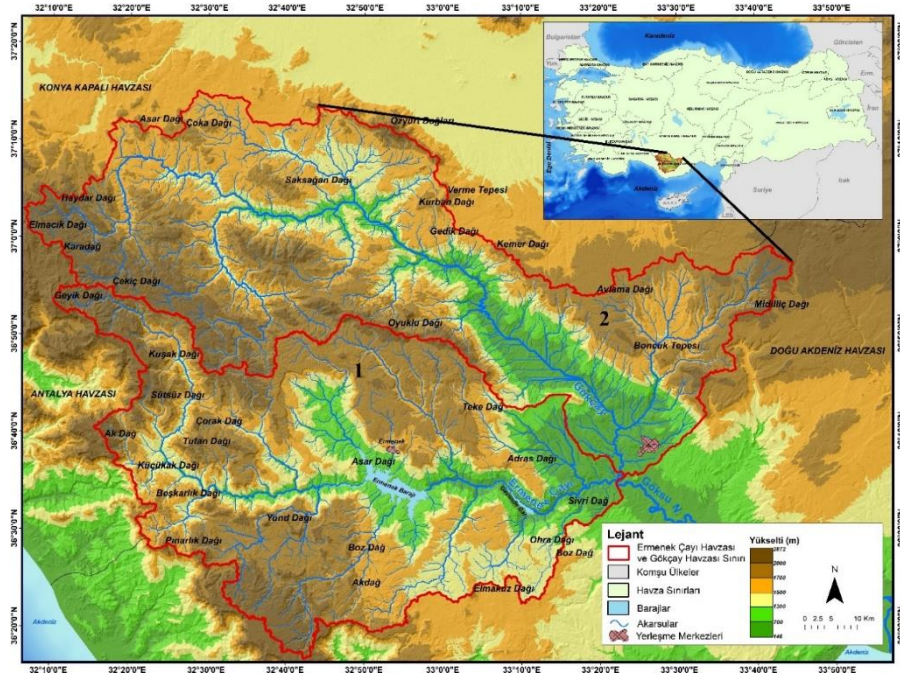
farklılıklar oransal olarak tespit edilmiştir. Böylelikle muhtemel yönetim planları oluşturulurken elde edilen parametreler sonucunda karakteristikleri belirlenen havzaların önceliklendirilmesine katkı sağlanacaktır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırmaya konu olan Ermenek Çayı havzası (EÇH) ve Gökçay havzası (GH), Türkiye'nin 25 ana havzasından biri olan Doğu Akdeniz havzası bünyesindeki Göksu Nehri alt havzasının komşu alt havzalarıdır. Orta ve Batı Toroslara dahil olan (Atalay vd., 2018) bu alanlardan EÇH 4073 km², GH ise 4442 km² alana sahiptir. Havzalar 32°6'32"-33°44'42" doğu boylamları ve 37°15'17"-36°16'24" kuzey enlemleri arasında, Harita Genel Müdürlüğü'nün (HGM) 1/100.000'lik 10 topografik pafta sınırları içerisinde yer almaktadır. Akdeniz bölgesinin Adana ve Antalya bölümlerine dahil olan çalışma alanı Mersin, Karaman, Konya ve Antalya illerinin bir kısmını kapsamaktadır. Havzalar, Toroslar bünyesindeki Boz Dağ, Elmakuz Dağı, Ak Dağ, Geyik Dağı, Çekiç Dağı, Asar Dağı, Özyurt Dağları, Kemer Dağı ve Midilliç Dağı arasında bulunmaktadır. Havzaların en düşük noktası, akarsularının Göksu Nehri olarak birleştiği noktada 146 m, en yüksek noktaları ise Ermenek Çayı havzasında 2872 m ve Gökçay havzasında 2496 m olarak tespit edilmiştir (Şekil 1).

Bölgedeki yoğun karstlaşmanın da etkisiyle endemik bitki potansiyeli konusunda önemli bilinen çalışma alanı (Muminjanov ve Karagöz, 2018), Türkiye'nin en az yağış alan bölgeleri arasında bulunmaktadır (Atalay, 2010). Ayrıca her iki havzayı da kapsayacak şekilde heyelan duyarlılığı bakımından ciddi tehlikeler söz konusudur (Tekin ve Can, 2017; Tekin ve Çan, 2019). Bu gibi ekolojik hassasiyeti artırıcı faktörler, bahsi geçen havzaları, morfolojik analiz parametrelerinin değerlendirilerek önceliklendirilmesi konusunda ön plana çıkarmaktadır.



Şekil 1. Ermenek Çayı havzası (1) ve Gökçay havzasının (2) lokasyonu

2.2. Yöntem

Araştırma alanını oluşturan havzaların sınırları ve morfolojik analiz parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan veriler, ArcMap 10.4.1 programı ve Arc Hydro eklentisi aracılığıyla, ALOS PALSAR'dan (Advanced Land Observing Satellite-1, Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar Mission) elde edilen 12.5x12.5 m²'lik sayısal yükseklik modelleri (SYM) kullanılarak belirlenmiştir. Arc Hydro eklentisinin işleyiş sistemi (Şekil 2) takip edilerek belirlenen havza sınırları, ayrıca HGM'nin N28, N29, N30, O28, O29, O30, O31, P28, P29 ve P30 numaralı 1/100.000'lik paftalarıyla da kontrol edilerek doğrulukları teyit edilmiştir. Belirlenen akarsular, Strahler'in akarsu dizinlerinin birbirlerine hiyerarşik olarak bağlandığı yöntemine göre derecelendirilmiştir (Strahler, 1952). Farklı kaynak veya çözünürlükteki uydu görüntülerine göre değişebilen (Gökgöz vd., 2006; İshak vd., 2016; Reddy vd., 2017; Ozulu ve Gökgöz, 2018; Zhang vd., 2021) akarsu uzunluk eşik değeri ise ArcMap'in ilgili eklentisi ile (Con) 4000 piksel olarak belirlenmiştir. Ayrıca akarsular, topografik paftalardan ve uydu görüntülerinden kontrol edilerek aslına uygun şekilde sayısallaştırılmıştır.

Çalışma kapsamında Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının, toplamda 23 parametreden oluşan çizgisel, alansal ve rölyef morfolojileri analiz edilmiştir. Çizgisel morfolojide Akarsu Dizinleri, Akarsu Dizin Sayısı (N_u), Akarsu Uzunluğu (L_u), Ortalama Akarsu Uzunluğu (L_{um}), Çatallanma Oranı (R_b), Uzunluk Oranı (R_L), Yüzeysel Akış Uzunluğu (I_o), Tekstür Oranı (T); Alansal morfolojide Havza Alanı (A), Havza Çevresi (P), Havza Uzunluğu (L_b), Drenaj Yoğunluğu (D_d), Akarsu Sıklığı (F_s), İnfiltrasyon Değeri (I_f), Form Faktörü (F_r) ve Dairesellik Oranı (R_c), Havza Uzunluk Oranı (R_e) ve Gravelius İndeksi (K_g); Rölyef morfolojisinde ise Havza Rölyefi (H), Rölyef Oranı (R_h), Bağlı Rölyef (R_{hp}) ve Engebellek Değeri (R_n), Hipsometrik Eğri (H_c) ve Hipsometrik İntegral (H_i) parametreleri kullanılmıştır (Çizelge 1).

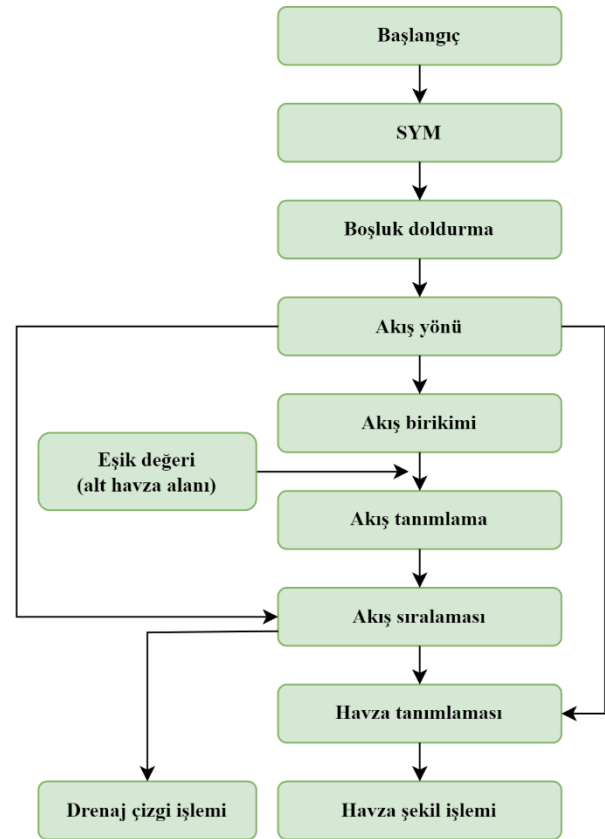
3. Bulgular ve tartışma

3.1. Çizgisel Morfoloji

Çalışma alanının çizgisel morfoloji parametreleri, Strahler (1952) yöntemi dikkate alınarak belirlenen akarsu dizinleri temelinde hesaplanmıştır (Çizelge 1). Bu sisteme göre bağlandığı akarsu kolu bulunmayan ilk dizin, birleşerek bir sonraki dizini meydana getirir. Bu sistem, son dizine kadar aynı değerdeki dizinlerin birleşerek bir sonraki dizini oluşturduğu hiyerarşik bir yapıyı ifade eder (Şekil 3). Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının Strahler sistemine göre 6 dizine ayrıldığı tespit edilmiştir (Çizelge 2 ve 3).

3.1.1. Çatallanma oranı (R_b)

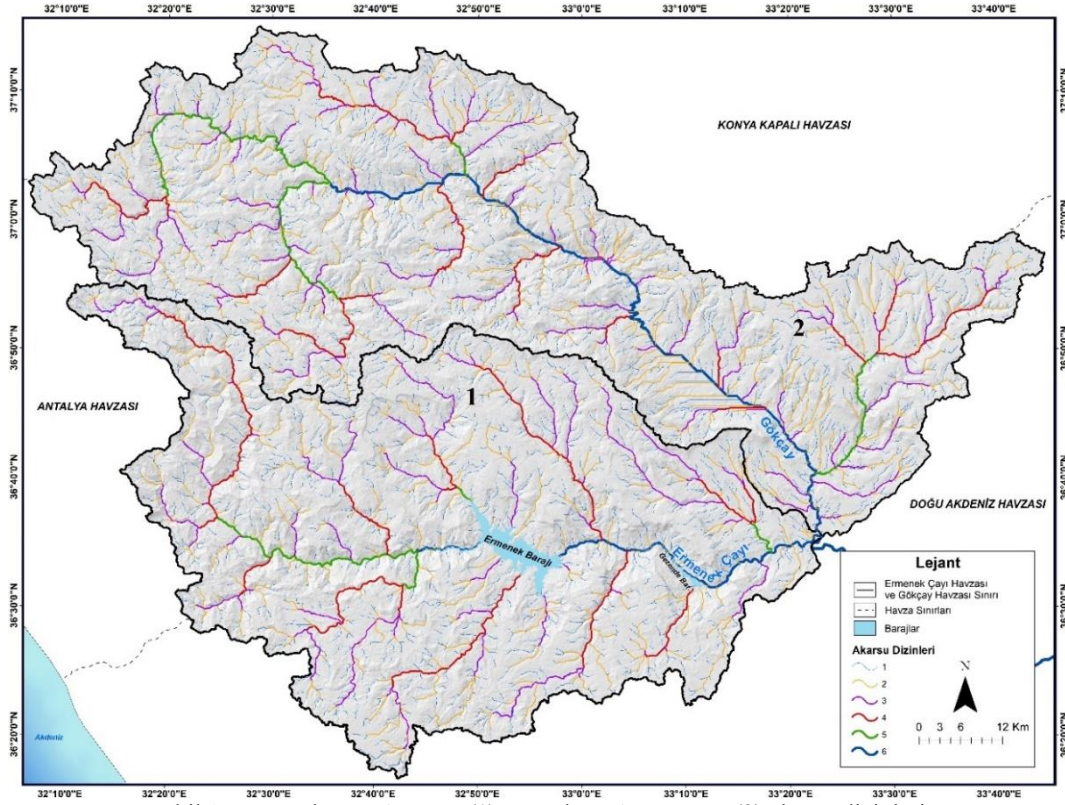
Çatallanma oranı (R_b) havzadaki bir akarsu dizin sayısının (N_u) bir sonraki dizin sayısına (N_{u+1}) oranını ifade eder (Çizelge 1). Tüm dizinler arası R_b değerlerinin ortalaması ise havzaların çatallanma oranı değerini verir (Horton, 1945; Schumm, 1956). R_b değeri, bir havzanın jeolojik açıdan homojenliği, infiltrasyon potansiyeli ve debisi gibi özellikleri hakkında yorum yapabilmeyi mümkün kılar. R_b değerinin 3-5 arasında bir değerde olması havza litolojisinin daha homojen olduğunu gösterirken, bu değer düşük olması havzada sızma kapasitesinin düşük olduğunu ve yüksek debi sebebiyle taşkın duyarlılığının da yüksek olduğunu işaretidir (Özdemir, 2011; Erdede ve Öztürk, 2016; Turoğlu ve Aykut, 2019). Çalışmada Ermenek Çayı Havzasının R_b değeri 4.46; Gökçay Havzasının R_b ise 4.50 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2 ve 3).



Şekil 2. Arc Hydro eklentisinin iş akış şeması

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan morfometrik analiz parametreleri

| Cizgisel morfometri | Sembol | Formül | Referans |
|---|----------|--|-------------------------|
| Akarsu dizin sayısı (<i>Number of streams</i>) | N_u | $N_u = N_1 + N_2 + \dots + N_n$ | Horton (1945) |
| Çatallanma oranı (<i>Bifurcation ratio</i>) | R_b | $R_b = N_u / N_{u+1}$ | Horton (1945) |
| Akarsu uzunluğu (km) (<i>Stream length</i>) | L_u | $L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_n$ | Horton (1945) |
| Ortalama akarsu uzunluğu (km) (<i>Mean stream length</i>) | L_{um} | $L_{um} = L_u / N_u$ | Strahler (1964) |
| Akarsu uzunluk oranı (<i>Stream length ratio</i>) | R_L | $R_L = L_u / L_{u+1}$ | Horton (1945) |
| Yüzeysel Akış Uzunluğu (<i>Length of overland flow</i>) | ℓ_o | $\ell_o = 1/2D_d$ | Horton (1945) |
| Tekstür Oranı (<i>Texture ratio</i>) | T | $T = N_{u1} * (1/P)$ | Horton (1945) |
| Alansal Morfometri | Sembol | Metot | Referans |
| Havza alanı (km ²) (Basin area) | A | Alan hesabı | Schumm (1956) |
| Havza çevresi (km) (Basin perimeter) | P | Çevre ölçümü | Schumm (1956) |
| Havza uzunluğu (km) (Length of the basin) | Lb | Uzunluk ölçümü | Schumm (1956) |
| Drenaj yoğunluğu (Drainage density) | Dd | $Dd = \sum L_u / A$ | Horton (1945) |
| Akarsu sıklığı (Stream frequency) | Fs | $Fs = N_u / A$ | Horton (1945) |
| Form faktörü (Form factor) | Ff | $Ff = A / L_b^2$ | Horton (1932) |
| Dairesellik oranı (Circularity ratio) | Rc | $Rc = 12,57 * (A/P^2)$ | Miller (1953) |
| Havza uzunluk oranı (Elongation ratio) | Re | $Re = 2/L_b * \sqrt{(A/\pi)}$ | Schumm (1956) |
| İnfiltrasyon değeri (Infiltration number) | If | $If = Fs * Dd$ | Faniran (1968) |
| Gravelius İndeksi (Gravelius index) | Kg | $Kg = P/2\sqrt{\pi} * A$ | Gravelius (1914) |
| Rölyef Morfometrisi | Sembol | Metot | Referans |
| Havza rölyefi (Basin relief) | H | $H = H_{max} - H_{min}$ | Schumm (1956) |
| Rölyef oranı (Relief ratio) | Rh | $Rh = H / L_b$ | Schumm (1956) |
| Bağıl rölyef (Relative relief) | Rhp | $Rhp = H * 100 / P$ | Melton (1957) |
| Engebelilik değeri (Ruggedness number) | Rn | $Rn = H * Dd$ | Melton (1957) |
| Hipsometrik eğri (Hypsometric curve) | Hc | $X = a/A \quad Y = h/H$ | Strahler (1952) |
| Hipsometrik integral (Hypsometric integral) | Hi | $Hi = Hort. - H_{min} / H_{max} - H_{min}$ | Keller ve Pinter (2002) |



Şekil 3. Ermenek Çayı havzası (1) ve Gökçay havzasının (2) akarsu dizinleri

3.1.2. Akarsu uzunluk oranı (R_L)

Akarsu uzunluk oranı (R_L) değeri, bir dizindeki toplam akarsu uzunluğunun (L_u), bir sonraki dizindeki toplam akarsu uzunluğuna (L_{u+1}) bölünmesi ile elde edilir (Horton, 1945). Dizinler arası akarsu uzunluk oranlarının (R_L) ortalaması ise akarsu ağının içerisinde bulunduğu havzanın R_L değerini ifade eder. R_L değeri yüzeysel akışı ve akarsuyun drene olmasına bağlı olarak taşkın hassasiyeti konusunda değerlendirme yapma imkanı sağlayabilir (Babu vd., 2016; Aldharab vd., 2019). Havza R_L değerinin nispeten düşük olması, akarsuyun kolayca drene olduğu uzunlamasına havzalara işaret etmektedir (Özdemir, 2011). R_L değerinin yüksekliği ise yüzeysel akışlardaki daha az kayıpla beraber ana koldaki birikime bağlı olarak taşkın hassasiyetinin arttığı nispeten dairesel havzaların bir göstergesidir. Çalışmada bir havzanın uzunlamasına veya dairesel olması hakkında bilgi verebilen (Turoğlu ve Aykut, 2019) ortalama akarsu uzunluğunun (L_{um}) dizinler arası artışı da incelenmiş ve Gökçay havzasındaki L_{um} değerinin, üst dizinlere doğru daha fazla arttığı gözlenmiştir. Strahler (1952)'e göre derecelendirilen akarsu dizinlerinin uzunlukları dikkate alınarak uygulanan formül sonucunda Ermenek Çayı Havzasının R_L değeri 2; Gökçay Havzasının R_L değeri ise 1.9 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2 ve 3).

3.1.3. Yüzeysel akış uzunluğu (l_o)

Belirli bir akarsu yatağında yoğunlaşmayan suların yüzey akış uzunluğunu ifade eden l_o değeri, $1/2D_d$ formülü ile hesaplanır. Drenaj yoğunluğunun (D_d) yarısına eşit olan yüzeysel akış uzunluğu (l_o), havzadaki hem hidrolojik hem jeomorfolojik gelişimini etkileyen en önemli bağımsız değişkenlerden biridir (Horton, 1945; Dubey vd., 2015; Withanage vd., 2015). Bir havzada l_o değerinin düşük olması, havzanın nispeten dairesel olduğuna işaret eder (Özdemir, 2011). Araştırmada Ermenek Çayı Havzasının l_o değeri 0.45 iken Gökçay Havzasının l_o değeri 0.46'dır (Çizelge 4).

3.1.4. Tekstür oranı (T)

Smith (1950) tarafından "akarsular tarafından parçalanmış alanlar" ve "en küçük dizindeki akarsular arasındaki aralıklar" olarak tanımlanan tekstür oranı (T), günümüzde de birçok araştırmacı tarafından benzer şekilde, akarsu dizinleri arasındaki göreceli aralığın (km cinsinden) sayısal ifadesi olarak tanımlanmaktadır (Smith, 1950; Biswas vd., 2014; Withanage vd., 2015; Sidral ve Zende, 2016; Turoğlu ve Aykut, 2019). T değeri, Horton'un (1945) "parmak ucu" olarak ifade ettiği ilk dizindeki toplam akarsu sayısının (N_{u1}), havza çevresine (P) oranını ifade eder (Horton, 1945; Chandrashekar vd., 2015; Rana vd., 2016). Litoloji, infiltrasyon kapasitesi ve havzanın bakışı ile ilişkili olan T değerinin, ilk dizin akarsuların sayılarına bağlı olarak nispi yüksekliği, dairesel havza gelişiminin bir göstergesidir (Özdemir, 2011). Belirtilen formül doğrultusunda Ermenek Çayı Havzasının T değeri 3.52; Gökçay Havzasının T değeri ise 3.14 olarak hesaplanmıştır.

3.2. Alansal Morfometri

Ermenek Çayı havzası ve Gökçay havzasının alansal morfometrisi 10 parametre kapsamında değerlendirilmiştir (Çizelge 1). Çalışmada, Ermenek Çayı Havza alanının (A) 4073 km², Gökçay Havza alanının ise 4442 km² olduğu belirlenmiştir. Havzaların çevre (P) değerleri hesaplandığında; Ermenek Çayı havzasının 485 km, Gökçay havzasının 575 km çevre uzunluğuna sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Ermenek Çayı havzasının bazı çizgisel morfometri parametrelerinin sonuçları

| Akarsu dizinleri | Akarsu sayısı (N_u) | Km biriminde akarsu uzunluğu (L_u) | Km biriminde ortalama akarsu uzunluğu (L_{um}) | Çatallanma oranı (R_b) | Uzunluk oranı (R_L) |
|------------------|-------------------------|--|--|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 1706 | 1880.68 | 1.10 | - | - |
| 2 | 409 | 915.93 | 2.24 | 4.2 | 2.1 |
| 3 | 78 | 441.71 | 5.66 | 5.2 | 2.1 |
| 4 | 21 | 252.19 | 12.00 | 3.7 | 1.8 |
| 5 | 5 | 9191 | 18.38 | 4.2 | 2.7 |
| 6 | 1 | 63.24 | 63.24 | 5 | 1.5 |
| $\Sigma = 2220$ | | $\Sigma = 3645.7$ | | Ort. = 4.5 | Ort. = 2.0 |

Çizelge 3. Gökçay havzasının bazı çizgisel morfometri parametrelerinin sonuçları

| Akarsu derecesi | Akarsu sayısı (N_u) | Km biriminde akarsu uzunluğu (L_u) | Km biriminde Ortalama akarsu uzunluğu (L_{um}) | Çatallanma oranı (R_b) | Uzunluk Oranı (R_L) |
|-----------------|-------------------------|--|--|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 1803 | 2124.66 | 1.18 | - | - |
| 2 | 397 | 1063.32 | 2.68 | 4.5 | 2 |
| 3 | 96 | 481.95 | 5.02 | 4.1 | 2.2 |
| 4 | 17 | 194.11 | 11.47 | 5.6 | 2.5 |
| 5 | 4 | 110.75 | 27.68 | 4.3 | 1.8 |
| 6 | 1 | 117.85 | 117.85 | 4 | 0.9 |
| $\Sigma = 2318$ | | $\Sigma = 4092.64$ | | Ort. = 4.5 | Ort. = 1.9 |

Çizelge 4. Havzaların D_d ve l_o değerleri

| Havza adı | Drenaj yoğunluğu (D_d) | Yüzeysel akış uzunluğu (l_o) |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Ermenek çayı havzası | 0.90 | 0.45 |
| Gökçay havzası | 0.92 | 0.46 |

3.2.1. Drenaj yoğunluğu (D_d)

Bir havzadaki tüm dizinlerin toplam uzunluğunun ($\sum L_u$), havza alanına (A) bölünmesi ile hesaplanan drenaj yoğunluğu değeri (D_d), birim alandaki ortalama akarsu uzunluğunu ifade eder (Horton, 1945). Havzaların iklim, litoloji, vejetasyon, topografya ve infiltrasyon özellikleriyle bağlantılı olan D_d değeri, ayrıca Smith (1950) tarafından tekstür ile ilişkilendirilerek beş sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflamaya göre her iki havza da “çok kaba” tekstür sınıfına dahil olmaktadır (Çizelge 5). Çalışmada, Ermenek Çayı Havzasının D_d değeri 0.90; Gökçay Havzasının D_d değeri ise 0.92 olarak hesaplanmıştır.

3.2.2. Akarsu sıklığı (F_s)

Akarsu sıklığı (F_s), bir havzadaki toplam akarsu dizin sayısının (N_u), havza alanına (A) oranını ifade etmektedir (Horton, 1945). Akarsu Sıklığı (F_s) havzaların litolojik yapısı, bitki örtüsü ve rölyef özellikleri ile ilişkilidir. Bir havzada F_s değerinin yüksek çıkması, görece geçirimsiz litolojik yapı, seyrek bitki örtüsü ve yüksek rölyefin göstergesi iken bu değerinin düşüklüğü için aksi yönde değerlendirmeler yapılabilir (Uzun, 2014; Rajasekhar vd., 2020; Öztekin ve Coşkun, 2021). Ayrıca F_s değerinin yüksekliği, geçirimsiz yapı ile birlikte doğal olarak taşkın potansiyelinin de nispi artışına işaret etmektedir. Araştırma kapsamında Ermenek Çayı Havzasının F_s değeri 0.55 iken Gökçay Havzasını F_s değeri 0.52 olarak hesaplanmıştır.

3.2.3. İnfiltrasyon değeri (I_f)

Faniran (1968) tarafından tanımlanan infiltrasyon değeri (I_f), akarsu sıklığı değeri (F_s) ile drenaj yoğunluğu değerinin (D_d) çarpılmasıyla elde edilir (Çizelge 1). İnfiltrasyon değeri (I_f) havzaların sızma kapasitesi, yüzey akışı ve dolayısıyla taşkın potansiyeli hakkında bilgi verebilir. I_f değerinin görece yüksek olması; havzada akışa geçen suların hızının düşük olduğunu, yüzeysel akışın hızlı ve dolayısıyla taşkın potansiyelinin nispi yüksekliğini gösterir (Dubey vd., 2015; Sidral ve Zende, 2016; Gosavi vd., 2018; Rai vd., 2019). Çalışmada, Ermenek Çayı Havzası I_f değerinin 0.50; Gökçay Havzası I_f değerinin ise 0.48 olduğu tespit edilmiştir.

3.2.4. Form faktörü (F_f)

Horton (1932) tarafından “havza genişliğinin, uzunluğuna oranı” olarak tanımlanan form faktörünün (F_f) formülü, havza alanının (A) havza uzunluğunun karesine (L_b^2) bölünmesi şeklinde ifade edilmiştir (Horton, 1932). Havzaların şekilleri hakkında değerlendirme yapabilmek için yaygın olarak kullanılan F_f değeri daima, tam bir daireyi temsil eden 0,754 değerinden küçük olmalıdır (Sidral ve Zende, 2016). F_f değerindeki görece yükseklik daha dairesel havzaların bir göstergesi olmakla birlikte akışın aniden pik yaptığı ve dolayısıyla taşkın potansiyeli yüksek havzaları işaret eder. Uzunlamasına havzaların göstergesi olan düşük

F_f değeri ise, pik akımlarının daha az gözlemlendiği ve dolayısıyla taşkın potansiyelinin görece düşük olduğu havzaların bir göstergesidir (Rai vd., 2018). Belirtilen formüle göre Ermenek Çayı Havzasının F_f değeri 0.32 iken Gökçay Havzasının F_f değeri 0.21'dir.

3.2.5. Dairesellik oranı (R_c)

Dairesellik oranı (R_c), Miller (1953) tarafından; havza alanının, havza ile aynı çevreye sahip olan bir daire alanına oranı olarak tanımlanmıştır (Gray, 1961). R_c değeri 12.57 sabit sayısı ($4*\pi$) ile alan (A) bölü havza çevresi karesinin (P^2) çarpılması formülü ile hesaplanabilmektedir (Çizelge 1). Havza şekli betimlemek için önerilen R_c değerinin 1'e yaklaşması bir havzanın daireselliğinin göstergesidir. Ayrıca R_c değerinin düşüklüğü görece uzunlamasına havzaların ve havza gelişiminde yapı kontrolünün daha az etkili olduğunu işaret eder (Babu vd., 2016). Araştırma alanındaki havzaların R_c değerleri, Ermenek Çayı Havzasında 0.21; Gökçay Havzasında ise 0.16'dır.

3.2.6. Havza uzunluk oranı (R_e)

Havza uzunluk oranı (R_e) Schumm (1956) tarafından, havza ile aynı alana (A) sahip bir dairenin çapı ile havza uzunluğu (L_b) arasındaki oran olarak tanımlanmıştır. Formülde kullanılan havza uzunluğu değeri (L_b), bir havzanın iki noktası arasındaki maksimum uzaklık olarak ifade edilmiştir (Schumm, 1956). Havza uzunluk oranı (R_e) değerinin 1'e yaklaştığı oranda havzanın nispeten dairesel olduğu çıkarımı yapılabilir. Havza şekilleri Strahler (1964) tarafından R_e değerlerine göre 5 sınıfa ayrılmıştır (Gosavi vd., 2018; Rai vd., 2019). Bu sınıflandırmaya göre iki havza da “uzun” sınıfa dahil olmakla beraber Ermenek Çayı havzasının R_e değerinin dairesel şekle daha yakın olduğunu tespit edilmiştir (Çizelge 6). R_e değeri havzaların infiltrasyon kapasitesi, erozyon ve taşkın duyarlılığı hakkında değerlendirme yapılmasını sağlayabilir. Görece yüksek R_e değeri, havzadaki infiltrasyon kapasitesinin düşüklüğü ve yüzeysel akışın yüksekliğine bağlı olarak taşkın duyarlılığının artışına işaret eder. Ayrıca R_e değerinin yüksekliği havzadaki sediment yükünün artışı ve erozyon duyarlılığının nispi yüksekliğinin de göstergesidir (Erdede ve Öztürk, 2016; Banerjee vd., 2017; Aldharab vd., 2019; Turoğlu ve Aykut, 2019). Araştırma kapsamında Ermenek Çayı Havzasının R_e değeri 0.64; Gökçay Havzasının R_e değeri 0.53 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Smith (1950)'e göre D_d değeri sınıflaması

| Drenaj yoğunluğu (km/km ²) | Tekstür |
|--|----------|
| < 2 | Çok Kaba |
| 2 – 4 | Kaba |
| 4 – 6 | Orta |
| 6 – 8 | İyi |
| > 8 | Çok İyi |

Çizelge 6. R_e değerine göre havza şekli sınıflaması

| Havza uzunluk oranı (R_e) | Havza şekli |
|-------------------------------|-------------|
| > 0.9 | Dairesel |
| 0.9 – 0.8 | Oval |
| 0.8 – 0.7 | Az Uzun |
| 0.7 – 0.5 | Uzun |
| < 0.5 | Çok Uzun |

3.2.7. Gravelius indeksi (K_g)

Gravelius (1914), havza şekillerini standart olarak karşılaştırmak için bir havza çevresinin, aynı alana sahip dairenin çevresine oranını ifade eden ve kompaktlık katsayısı (compactness coefficient) olarak da bilinen bir indeks önermiştir. Bilindiği üzere daire, herhangi bir çevre değeri (P) için, alanı (A) maksimum olan şekil iken herhangi bir alan değeri için çevresi minimum olan şekildir. Bu sebeple herhangi bir havzanın çevresinin, aynı alana sahip daire çevresinden daha büyük olması gerekir (Bendjoudi ve Hubert, 2002). Bu sebeple Gravelius indeksi (K_g), tam bir daireyi ifade eden 1 değerinden büyüktür ve K_g değerleri 1'e yaklaştığı oranda havzalar, görece dairesel özellikte olacaktır. K_g değerinin artışı ile bu değerden uzaklaşma, havza sınırlarındaki düzensizliğin ve uzunlamasına havzaların bir göstergesidir (Sassolas-Serray et al., 2018). Hesaplama sonucunda, Ermenek Çayı Havzasının K_g değerleri 2.03; Gökçay Havzasının K_g değerleri ise 2.43 olarak bulunmuştur.

3.3. Rölyef Mofrometrisi

Havzaların üç boyutlu topografik özellikleri ile ilişkili olan rölyef morfometrisi, çalışmada; havza rölyefi (H), rölyef oranı (R_h), bağlı rölyef (R_{hp}), engebelilik değeri (R_n), hipsometrik eğri (H_c) ve hipsometrik integral (H_i) parametreleri kapsamında değerlendirilmiştir (Çizelge 1).

3.3.1. Havza rölyefi (H)

Havza rölyefi (H), bir havzanın en yüksek ($H_{max.}$) ve en düşük ($H_{min.}$) noktası arasındaki uzaklığı ifade etmektedir (Schumm, 1956). H değerinin artışı, bir havzadaki yamaçların dikliği, akarsu yatak eğiminin artışı, yüzeysel akışın daha hızlı toplanması ve bu gerekçelerle akarsu hacmindeki yükselişi takiben taşkın hassasiyetinin de görece artışının bir göstergesidir (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). Çalışmada, Ermenek Çayı Havzasının H değeri 2726 m; Gökçay Havzasının H değeri 2350 m olarak tespit edilmiştir.

3.3.2. Rölyef oranı (R_h)

Schumm (1956) tarafından tanımlanan rölyef oranı (R_h) havza rölyefinin (H), havza uzunluğuna oranını ifade etmektedir. Topografya hakkında ayrıntılı bilgi eksikliği bulunması durumunda kullanışlı olan bu parametre, farklı topografyalara sahip havzaların karşılaştırılmasına imkân vermesi bakımından önemlidir. Bununla birlikte Schumm (1956), formülde kullanılacak havza rölyefi (H) değeri hesaplanırken anormal oranda yüksek noktaların göz ardı edilmesi gerektiğini ifade etmiştir (Schumm, 1956; Strahler, 1957). R_h değerinin görece yükselmesi engebeli arazi yapısına, düşmesi ise geniş vadilere işaret etmekle birlikte genel olarak havza rölyefi (H) değeri ile benzer göstergelere sahiptir (Rajasekhar vd., 2020). Belirlenen H değerine göre Ermenek Çayı Havzasının R_h değeri 0.024; Gökçay Havzasının R_h değeri ise 0.016'dır.

3.3.3. Bağlı rölyef (R_{hp})

Bağlı rölyef (R_{hp}), Melton (1957) tarafından zirveden akarsu ağzına kadar, havzanın genel dikliğinin bir ölçüsü

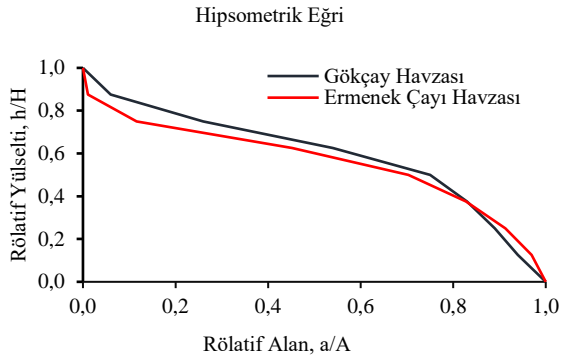
olarak tanımlanmıştır. Havza rölyefinin (H) çevreye (P) oranını ifade eden bu parametre; zirvenin akarsu ağzına göre konumunun, ölçümü etkilememesi amacıyla oluşturulmuştur (Melton, 1957). Bir yıl öncesinde Schumm (1956)'un "anormal yükseklikteki zirveler göz ardı edilmeli" ifadesi ile rölyef oranı (R_h) formülünde de bu sorunu düzeltmeye çalıştığı düşünüldüğünde, bağlı rölyef (R_{hp})'in önemi daha iyi anlaşılacaktır (Schumm, 1956). Bir havzadaki yamaç eğiminin artışı ile arasında pozitif doğrusal ilişki bulunan R_{hp} değeri, Ermenek Çayı Havzasında 0.56; Gökçay Havzasında ise 0.41'dir.

3.3.4. Engebelilik Değeri (R_n)

Havza rölyefi (H) ile drenaj yoğunluğunun (D_d) çarpılması sonucu elde edilen engebelilik değeri (R_n), bir havzanın yarılma durumunu ifade etmektedir (Melton, 1957). R_n değeri bir havzanın eğimi, yapının geçirimsizliği, yüzeysel akışı gibi özellikleri ile ilgili değerlendirme yapma imkânı sağlar. R_n değerinin yüksekliği havzadaki eğimin artışına, yapının daha az geçirimli olduğuna ve yüzeysel akışa geçen suyun fazlalığı ile birlikte taşkın hassasiyetinin artışına işaret eder. Ayrıca görece yüksek R_n değerine sahip havzalarda erozyon duyarlılığının arttığı yorumu da yapılabilir (Aldharab vd., 2019; Turoğlu ve Aykut, 2019; Al-Assadi, 2020). Araştırma kapsamında Ermenek Çayı Havzasının R_n değerinin 2.45; Gökçay Havzasının R_n değerinin 2.16 olduğu tespit edilmiştir.

3.3.5. Hipsometrik eğri (H_c) ve hipsometrik integral (H_i)

Hipsometrik analizler Strahler (1952) tarafından, belirli bir yüzey alanının yüksekliğe göre dağılımının incelenmesi olarak tanımlanmıştır (Strahler, 1952). Hipsometrik eğri (H_c) ve hipsometrik integral (H_i) gibi çıktılarına sahip olan bu analizler, farklı ölçekteki havzaların tektonik aktivite, yüzey akışı, jeomorfolojik gelişmişlik gibi özellikleri bakımından karşılaştırılmalarını mümkün kılar (Luo ve Harlin, 2003; Ahmed ve Srinivasa Rao, 2016). Hipsometrik eğri (H_c) kısaca, göreceli yüksekliğin (h/H), göreceli alana (a/A) dağılımını temsil eden eğridir (Şekil 4). Hipsometrik eğrinin dışbükey olması havzanın gençlik evresinde olduğunu gösterirken, S şeklinde olması olgunluk evresinin, içbükey olması ise yaşlılık evresinin bir göstergesidir (Sharma ve Mahajan, 2020). Ayrıca bilindiği üzere havzalar yaşlılık evresine yaklaştığı yani içbükey hipsometrik eğriye sahip oldukları oranda, havzadaki taşkın karakterli su baskınlarında artış gerçekleşecektir (Özdemir, 2011). Yükseltinin R_h 'ye oranı olarak da ifade edilen hipsometrik integral (H_i) ise hipsometrik eğri altında kalan toplam alanın sayısal ifadesi olarak tanımlanmaktadır (Strahler, 1952). Havzalar H_i değerlerine göre; az aşınmış yüzeylerin bulunduğu gençlik evresi ($H_i \geq 0.60$), yamaç erozyonunun şiddetlendiği olgunluk evresi ($0.30 \leq H_i \leq 0.60$) ve erozyona yatkın olmakla birlikte topografyanın yarı denge aşamasında olduğu yaşlılık evresi ($H_i \leq 0.30$) olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca havzaları, H_i değerinin yükseldiği oranda tektonik aktivitenin arttığı gençlik evresinde; H_i değerinin azaldığı oranda ise tektonik aktivitenin daha durağan hale geldiği yaşlılık evresinde kategorize eden sınıflandırmalar da mevcuttur (Ajaykumar ve Gopinath, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019). Araştırma kapsamında belirlenen H_i değerleri Ermenek Çayı Havzasında 0.49; Gökçay Havzasında ise 0.50'dir (Çizelge 7).



Şekil 4. Havzaların hipsometrik eğrileri (H_c)

Çizelge 7. Morfometrik analiz parametrelerinin sonuçları

| Morfometrik parametre | Sembol | Ermenek çayı havzası | Gökçay havzası |
|---|----------|----------------------|----------------|
| Yüzeysel Akış Uzunluğu (Length of overland flow) | L_o | 0.45 | 0.46 |
| Tekstür Oranı (Texture ratio) | T | 3.52 | 3.14 |
| Havza alanı (km ²) (Basin area) | A | 4073 | 4442 |
| Havza çevresi (km) (Basin perimeter) | P | 485.2 | 575 |
| Havza uzunluğu (km) (Length of the basin) | L_b | 113 | 146 |
| Drenaj yoğunluğu (Drainage density) | D_d | 0.90 | 0.92 |
| Akarsu sıklığı (Stream frequency) | F_s | 0.55 | 0.52 |
| Form faktörü (Form factor) | F_f | 0.32 | 0.21 |
| Dairesellik oranı (Circulatory ratio) | R_c | 0.21 | 0.16 |
| Havza uzunluk oranı (Elongation ratio) | R_e | 0.64 | 0.53 |
| İnfiltrasyon değeri (Infiltration number) | I_f | 0.50 | 0.48 |
| Gravelius İndeks (Gravelius index) | K_g | 2.03 | 2.43 |
| Havza rölyefi (Basin relief) | H | 2726 | 2350 |
| Rölyef oranı (Relief ratio) | R_h | 0.024 | 0.016 |
| Bağıl rölyef (Relative relief) | R_{hp} | 0.56 | 0.41 |
| Engebellelik değeri (Ruggedness number) | R_n | 2.45 | 2.16 |
| Hipsometrik integral (Hypsometric integral) | H_i | 0.49 | 0.50 |

4. Sonuç

Gelişmekte olan havza temelli doğal kaynak yönetimi anlayışı ile birlikte doğal kaynakların, havza sınırları dikkate alınarak korunması ve sürdürülebilir kullanımına yönelik önceliklerin belirlenmesi giderek önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, havzaların jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik açıdan potansiyel sorunlarının tespitine yönelik çeşitli göstergeler içeren morfometrik analizler, sorunlara müdahale konusunda alt havzalar arasında önceliklendirme yapabilmeyi de mümkün kılan kullanışlı bir yöntem olarak görülmüştür (Poongodi ve Venkateswaran, 2018; Amiri vd., 2019; Malik vd., 2019; Rahmati vd., 2019; Sharma ve Mahajan, 2020). Araştırma kapsamında Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının çizgisel, alansal ve rölyef morfometrilerine ait toplam 23

parametre, morfometrik analizler ve bulgular kısmında belirtildiği şekilde tespit edilmiştir. Çatallanma oranı değerleri (R_b) incelendiğinde, Ermenek Çayı Havzası R_b değerinin (4.46), Gökçay Havzası R_b değerinden (4.50) düşük olması sebebiyle, Ermenek Çayı Havzasının görece düşük sızma kapasitesine ve yüksek debiye sahip bir havza olduğu anlaşılmaktadır. Ermenek Çayı Havzası akarsu uzunluk oranı (R_L) değerinin (2.0), Gökçay Havzasına (1.9) oranla yüksek çıkması da Ermenek Çayı Havzası için ifade edilen düşük sızma kapasitesi fikrini desteklemektedir. Ayrıca havzaların dizinler arası ortalama akarsu uzunlukları incelendiğinde, üst dizinlere doğru ortalama uzunluğunun (L_{um}) Gökçay Havzasında daha fazla artması, R_L , l_o ve T değerlerinin de desteklediği şekilde Gökçay Havzasının, Ermenek Çayı Havzasına oranla daha uzunlamasına bir havza olduğunu göstermektedir.

Drenaj yoğunluğu (D_d) değerlerine göre iki havza da "çok kaba" tekstür sınıfına dahil olmaktadır. Ermenek Çayı Havzasında akarsu sıklığı (F_s) değerinin görece yüksek çıkması havzada seyrek bitki örtüsü, yüksek rölyef ve geçirimsiz litolojiye işaret etmektedir. Bununla birlikte R_b , R_L , I_f , F_f , R_c ve R_n parametrelerinin de desteklediği şekilde düşük sızma kapasitesine bağlı olarak Ermenek Çayı Havzasının Gökçay Havzasına oranla daha yüksek taşkın potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Gravelius indeksi (K_g), dairesellik oranı (R_c) ve havza uzunluk oranı (R_e) değerlerinin 1'e yaklaştığı oranda havzaların dairesel olacağı bilindiğinden, Gökçay Havzasının bu değere nispeten uzak olmasıyla uzunlamasına havza özelliğinde; Ermenek Çayı Havzasının ise görece dairesel havza özelliğinde olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca Ermenek Çayı Havzasının nispi daireselliğini gösteren bu durum, form faktörü (F_f) parametresi tarafından da doğrulanmıştır. R_e değerine göre yapılan sınıflandırmada iki havza da uzunlamasına havza sınıfına dahil olmakla birlikte bilindiği üzere bu sonuçlar havzaların göreceli uzunluk veya daireselliğini ifade etmektedir.

Havza rölyefi (H), rölyef oranı (R_h), bağıl rölyef (R_{hp}) ve engebellelik değeri (R_n) parametreleri Ermenek Çayı Havzasında, Gökçay Havzasına oranla daha yüksek değerlerde çıkmıştır. Bu parametreler, ortak bir şekilde Ermenek Çayı Havzasının görece yüksek eğime sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu değerlere göre, Ermenek Çayı Havzasının nispi daireselliğine (L_{um} , l_o , T, F_f , R_c , K_g) ve geçirimsizliğine (R_b , R_L , F_s , I_f , R_e , R_n) işaret eden diğer parametrelerle uyumlu olarak, gerçekleşecek akışların daha çok taşkın karakterli olacağı yorumu yapılabilir. Hipsometrik eğri (H_c) ve hipsometrik integral (H_i) değerleri dikkate alındığında hem Ermenek Çayı Havzasının hem de Gökçay Havzasının S şekilli hipsometrik eğriye sahip olmalarıyla olgunluk evresinde oldukları değerlendirilerek birlikte Ermenek Çayı Havzasının yaşlılık evresine daha yakın olduğu söylenebilir (Şekil 4). H_i değerlerine bakıldığında ise Gökçay Havzasının gençlik evresine daha yakın olmakla birlikte iki havzanın da olgunluk evresinde olduğu anlaşılabacaktır. Sonuç olarak iki havza karşılaştırıldığında Ermenek Çayı Havzasının, görece düşük infiltrasyon potansiyeli, yüksek taşkın hassasiyeti ve yüksek daireselliğe sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca erozyon duyarlılığının nispi artışı gösteren parametreler (R_e , R_n) dikkate alındığında, su kaynaklarının yanı sıra Ermenek Çayı Havzasındaki toprakların da koruma ve yönetime duyulacak ihtiyaç bakımından dezavantajlı durumda olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple Gökçay

Havzasına oranla Ermenek Çayı Havzasının muhtemel havza temelli doğal kaynak yönetimi planlamalarında daha öncelikli olduğu anlaşılmaktadır. Araştırmaya konu olan iki havza özelinde görüldüğü üzere morfolojik analizlerin, Türkiye ölçeğinde yapılacak muhtemel havza çalışmaları için kullanışlı bir yöntem olabileceği ve havza önceliklendirmesi konusunda karar vericilere katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Ahmed, F., Srinivasa Rao, K., 2016. Hypsometric analysis of the Tuirini drainage basin: A Geographic Information System approach. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 6: 1685-1695.
- Ajaykumar, B.N., Gopinath, G., 2018. Geospatial techniques for the analysis of hypsometric parameters of a humid tropical river basin, south western Ghats, India. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 13: 465-476.
- Al-Assadi, K.H.F., 2020. Analyzing the morphometric characteristics of Wadi Mezal basin using geographical information systems. *Groundwater for Sustainable Development*, 11: 1-7. DOI: 10.1016/j.gsd.2020.100436.
- Aldharab, H.S., Ali, S.A., Ghareb, J.I.S.A., 2019. Analysis of basin geometry in Ataq region, part of Shabwah Yemen: Using remote sensing and geographic information system techniques. *Bulletin of Pure and Applied Sciences*, 38: 1-15. DOI: 10.5958/2320-3234.2019.00001.5.
- Amiri, M., Pourghasemi, H.R., Arabameri, A., Vazirzadeh, A., Yousefi, H., Kafaei, S., 2019. Prioritization of Flood Inundation of Maharloo Watershed in Iran Using Morphometric Parameters Analysis and TOPSIS MCDM Model. In: *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences* (Ed: Pourghasemi, H.R., Gokceoglu, C.), Elsevier Inc., pp. 371-390. DOI: 10.1016/b978-0-12-815226-3.00016-8.
- Atalay, İ., 2010. Uygulamalı Klimatoloji. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, İzmir.
- Atalay, İ., Altunbaş, S., Khan, A.A., Coşkun, M., 2018. The Mountain Ecology of the Taurus Mountains and Its Effects on Nomadism. *International Geography Symposium on the 30th Anniversary of TUCAUM*, 3-6 October, Ankara, Turkey, pp. 623-640.
- Atalay, İ., 2018. Uygulamalı Hidrografiya. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, İzmir.
- Atalay, İ., Altunbaş, S., Coşkun M., Siler, M., 2020. Taşların Ekolojisi ile Topografyanın Toprak Oluşumu, Tarım ve Ormancılık Açısından Önemi. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, İzmir.
- Babu, K.J., Sreekumar, S., Aslam, A., 2016. Implication of drainage basin parameters of a tropical river basin of South India. *Applied Water Science*, 6: 67-75. Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/s13201-014-0212-8.
- Banerjee, A., Singh, P., Pratap, K., 2017. Morphometric evaluation of Swarnrekha watershed, Madhya Pradesh, India: An integrated GIS-based approach. *Applied Water Science*, 7: 1807-1815. DOI:10.1007/s13201-015-0354-3.
- Barrow, C., 1998. River basin development planning and management: A critical review. *World Development*, 26: 171-186.
- Bendjoudi, H., Hubert, P., 2002. Le coefficient de compacité de Gravelius: Analyse critique d'un indice de forme des bassins versants. *Hydrological Sciences Journal*, 47: 921-930. DOI: 10.1080/02626660209493000.
- Biswas, A., Das Majumdar, D., Banerjee, S., 2014. Morphometry governs the dynamics of a drainage basin: Analysis and implications. *Hindawi Publishing Corporation Geography Journal*, 27 (3): 1-14. DOI: 10.1155/2014/927176.
- Biswas, S., Sudhakar, S., Desai, V.R., 1999. Prioritisation of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 27: 155-166. DOI: 10.1007/BF02991569.
- Chandrashekar, H., Lokesh, K.V., Sameena, M., Roopa, J., Ranganna, G., 2015. GIS based morphometric analysis of two reservoir catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. *Aquatic Procedia*, 4: 1345-1353. DOI: 10.1016/j.aqpro.2015.02.175.
- Coşkun, M., Coşkun, S., 2019. Yer Kabuğu'nu Oluşturan Maddeler: Mineraller, Kayaçlar ve Topraklar. *Yer Bilimi* (Ed., Doğanay, S., Alım, M.), Pegem Akademi Yayınları, Ankara, s: 194-243.
- Dubey, S.K., Sharma, D., Mundetia, N., 2015. Morphometric analysis of the Banas river basin using the geographical information system, Rajasthan, India. *Hydrology*, 3: 47-54. DOI: 10.11648/j.hyd.20150305.11.
- Erdede, B., Öztürk, D., 2016. Kızılırmak havzasının taşkın potansiyelinin çizgisel, alansal ve rölyef morfolojik indisler kullanılarak değerlendirilmesi. 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (Uzal-CBS 2016), 5-7 Ekim, Adana, s.392-399.
- Faniran, A., 1968. The index of drainage intensity- A provisional new drainage factor. *Australian Journal of Science*, 31: 328-330.
- Garipagaoglu, N., 2012. Havza planlamalarında coğrafyanın rolü ve Türkiye'de havza planlamacılığı. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16 (2): 303-336.
- Gosavi, V.E., Kumar Thakur, P., Kumar, K. 2018. Study of drainage system and its hydrological implications using geo-spatial techniques: A morphometric analysis in Mohal Khad watershed of Kullu district, Himachal Pradesh, India. *International Journal of Advanced Research*, 6: 456-463. DOI: 10.21474/ijar01/8158.
- Gökgöz, T., Ulugtekin, N., Basaraner, M., Gulgen, F., Dogru, A.O., Bilgi, S., Yucel, M.A., Cetinkaya, S., 2006. Watershed delineation from grid DEMs in GIS: Effects of drainage lines and resolution. *Proceedings of the 10th International Specialised Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management*, 18-22 September, İstanbul, Turkey, pp. 1-8.
- Gravelius, H., 1914. *Grundriß der gesamten Gewässerkunde Band 1: Flufikunde*. Goschen, Berlin, Germany.
- Gray, D.M., 1961. Interrelationships of watershed characteristics. *Journal of Geophysical Research*, 66: 1215-1223. DOI: 10.1029/jz066i004p01215.
- Grigg, N.S., 1999. Integrated water resources management: Who should lead? Who should pay? *Journal of The American Water Resources Association*, 35: 527-534.
- Horton, R.E., 1932. Drainage-basin characteristics. *American Geophysical Union of Transactions*, 13: 350-361. DOI: 10.1029/tr013i001p00350.
- Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56: 275-370.
- Ishak, N.A., Ahamad, M.S.S., Abujayyab, S.K.M., Ab Ghani, A., 2016. Effects of DEMs from different sources in deriving stream networks threshold values. *Engineering Challenges for Sustainable Future. 3rd International Conference on Civil, offshore and Environmental Engineering*, 15-17 August, Malaysia, pp. 361-364.
- Keller, E.A., Pinter, N., 2002. *Active Tectonics Earthquakes, Uplift and Landscape*. Prentice Hall, New Jersey.
- Kumm, M., Guillaume, J.H.A., de Moel, H., Eisner, S., Flörke, M., Porkka, M., Siebert, S., Veldkamp, T.I.E., Ward, P.J., 2016. The world's road to water scarcity: Shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. *Scientific Reports*, 6: 1-16. DOI: 10.1038/srep38495.
- Luo, W., Harlin, J.M., 2003. A theoretical travel time based on watershed hypsometry. *Journal of the American Water Resources Association*, 39: 785-792. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2003.tb04405.x.
- Malik, A., Kumar, A., Kandpal, H., 2019. Morphometric analysis and prioritization of sub-watersheds in a hilly watershed using weighted sum approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 12: 1-12. DOI: 10.1007/s12517-019-4310-7.
- Melton, M.A., 1957. *An analysis of the relations among elements of climate, Surface properties and geomorphology*. Columbia University, Technical Report, NR 389042.
- Miller, V.C., 1953. *Quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Varginia and Tennessee*. Columbia University, Department of Geology, ONR, Geography Branch, Technical Report, NR 389042, New York.
- Muminjanov, H., Karagöz, A., 2018. Biodiversity of Turkey: Contribution of Genetic Resources to Sustainable Agriculture and Food Systems. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

- Ogarekpe, N., Obio, E., Tenebe, I., Emenike, P., Nnaji, C., 2020. A dataset for the flood vulnerability assessment of the upper Cross River basin using morphometric analysis. *Data in Brief*, 30: 1-9. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105344.
- Omernik, J.M., Bailey, R.G., 1997. Distinguishing between watersheds and ecoregions. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 33: 935-949. DOI: 10.1111/j.1752-1688.1973.tb01754.x.
- Ozulu, I.M., Gökğöz, T., 2018. Examining the stream threshold approaches used in hydrologic analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7: 1-12. DOI: 10.3390/ijgi7060201.
- Özdemir, H., 2011. Havza Morfometrisi ve Taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistematik ve Bölgesel* (Ed., Ekinci, D.), Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, İstanbul, s: 457-474.
- Öztekin, S.Y., Coşkun, M., 2021. Devrek Çayı Havzasının Vejetasyonu ve Hidrografyası. İKSAD Yayınevi, Ankara.
- Parupalli, S., Padma Kumari, K., Ganapuram, S., 2019. Assessment and planning for integrated river basin management using remote sensing, SWAT model and morphometric analysis (case study: Kaddam river basin, India). *Geocarto International*, 34: 1332-1362. DOI: 10.1080/10106049.2018.1489420.
- Poongodi, R., Venkateswaran, S., 2018. Prioritization of the micro-watersheds through morphometric analysis in the Vasishta Sub Basin of the Vellar River, Tamil Nadu using ASTER Digital Elevation Model (DEM) data. *Data in Brief*, 20: 1353-1359. DOI: 10.1016/j.dib.2018.08.197.
- Rahmati, O., Samadi, M., Shahabi, H., Azareh, A., Rafiei-Sardooi, E., Alilou, H., Melesse, A.M., Pradhan, B., Chapi, K., Shirzadi, A., 2019. SWPT: An automated GIS-based tool for prioritization of sub-watersheds based on morphometric and topo-hydrological factors. *Geoscience Frontiers*, 10: 2167-2175. DOI: 10.1016/j.gsf.2019.03.009.
- Rai, P.K., Chandel, R.S., Mishra, V.N., Singh, P., 2018. Hydrological inferences through morphometric analysis of lower Kosi river basin of India for water resource management based on remote sensing data. *Applied Water Science*, 8: 1-16. DOI: 10.1007/s13201-018-0660-7.
- Rai, P.K., Singh, P., Mishra, V.N., Singh, A., Sajan, B., Shahi, A.P., 2019. Geospatial approach for quantitative drainage morphometric analysis of varuna river basin, India. *Journal of Landscape Ecology (Czech Republic)*, 12: 1-25. DOI: 10.2478/jlecol-2019-0007.
- Rajasekhar, M., Raju, G.S., Raju, R.S., 2020. Morphometric analysis of the Jilledubanderu River Basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India, using geospatial technologies. *Groundwater for Sustainable Development*, 11: 1-30. DOI: 10.1016/j.gsd.2020.100434.
- Rana, N., Singh, S., Sundriyal, Y.P., Rawat, G.S., Juyal, N. 2016. Interpreting the geomorphometric indices for neotectonic implications: An example of Alaknanda valley, Garhwal Himalaya, India. *Journal of Earth System Science*, 125: 841-854. DOI: 10.1007/s12040-016-0696-8.
- Rosa, L., Chiarelli, D.D., Rulli, M.C., Dell'Angelo, J., D'Odorico, P., 2020. Global agricultural economic water scarcity. *Science Advances*, 6: 1-10. DOI: 10.1126/sciadv.aaz6031.
- Reddy, G.P.O., Kumar, N., Sahu, N., Singh, S.K., 2017. Evaluation of automatic drainage extraction thresholds using ASTER GDEM and Cartosat-1 DEM: A case study from basaltic terrain of Central India. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21: 95-104. DOI: 10.1016/j.ejrs.2017.04.001.
- Sassolas-Serrayet, T., Cattin, R., Ferry, M., 2018. The shape of watersheds. *Nature Communications*, 9: 1-8. Springer US. DOI: 10.1038/s41467-018-06210-4.
- Schumm, S.A., 1956. Evolution of drainage system and slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67: 597-646. DOI: 10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2.
- Sharma, S., Mahajan, A.K., 2020. GIS-based sub-watershed prioritization through morphometric analysis in the outer Himalayan region of India. *Applied Water Science*, 10: 1-11. DOI: 10.1007/s13201-020-01243-x.
- Sheng, T.C., 2001. Important and Controversial Watershed Management Issues in Developing Countries. In: *Sustaining the Global Farm* (Ed: Stott, D.E., Mohtar, R.H., Steinhardt, G.C.), International Soil Conservation Organization (ISCO), West Lafayette, pp. 49-52.
- Shreve, R.L., 1967. Infinite topologically random channel networks. *The Journal of Geology*, 75: 178-186.
- Shreve, R.L., 1966. Statistical law of stream numbers. *The Journal of Geology*, 74: 17-37.
- Sidral, A., Zende, A.M., 2016. Quantitative evaluation of morphometric parameters of Sakli River using geospatial techniques. *National Conference on Water Resources and Flood Management with special reference to Flood Modelling*, October 14-15, SVNIT Surat, pp. 1-14.
- Smith, K.G., 1950. Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 248: 655-668.
- Strahler, A.N., 1952. Hypsometric (area-altitude curve) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63: 1117-1141.
- Strahler, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 38: 913-920.
- Strahler, A.N., 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: *Handbook of Applied Hydrology* (Ed: Chow, V.), McGraw Hill, New York, pp. 9-76.
- Swain, S.S., Mishra, A., Sahoo, B., Chatterjee, C. 2020. Water scarcity-risk assessment in data-scarce river basins under decadal climate change using a hydrological modelling approach. *Journal of Hydrology*, 590: 1-53. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.125260.
- Tekin, S., Can, T., 2017. Gökçay Havzasının Karar Ağaç Yöntemi ile Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi. *Ulusal Mühendislik Jeolojisi-Jeoteknik Sempozyumu*, 12-17 Ekim, Adana, s. 12-14.
- Tekin, S., Can, T., 2019. Yapay sinir ağları yöntemi ile Ermenek Havzası'nın (Karaman) kayma türü heyelan duyarlılık değerlendirilmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3: 21-28. DOI: 10.30516/bilgesci.525438.
- Turoğlu, H., Aykut, T., 2019. Ergene nehri havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirilmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2: 1-15.
- Uzun, M., 2014. Lale Dere (Yalova) Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerinin jeomorfolojik analizlerle incelenmesi. *Route Educational and Social Science Journal*, 1: 72-88.
- Van Wijk, F.J., De la Haye, M.A.A., Hehenkamp, M.J., Velde, I.A., De Bruin, E.F.L.M., Schelleman F.J.M., 2003. *Uygulama El Kitabı, Su Çerçeve Direktifi'nin Türkiye'de Uygulanması*. Grontmij Advies ve Techniek, Utrecht.
- Wagan, F.H., Khoso, S., 2013. Water Shortage; Its Causes, Impacts and Remedial Measures. 6th International Civil Engineering Congress, 28 December, Karachi, Pakistan, pp. 1-6.
- Withanage, N.S., Dayawansa, N.D.K., De Silva, R.P., 2015. Morphometric analysis of the Gal Oya river basin using spatial data derived from GIS. *Tropical Agricultural Research*, 26: 175-188. DOI: 10.4038/tar.v26i1.8082.
- Zhang, W., Li, W., Loaiciga, H.A., Liu, X., Liu, S., Zheng, S., Zhang, H. 2021. Adaptive Determination of the Flow Accumulation Threshold for Extracting Drainage Networks from DEMs. DOI: 10.3390/rs13112024.

Üstün kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orijinlerinde büyüme

Mehmet Çalikoğlu^a, Ali Cem Aydın^a, Alper Ahmet Özbey^{a,*}

Özet: Bu çalışmada, ormancılık uygulamacı birimleri tarafından sıklıkla sorgulanan, endüstriyel plantasyonlarda yapılan entansif çalışmaların karşılığının, büyüme açısından alınıp alınmadığı irdelenmiştir. Çalışma, Batı Akdeniz Bölgesindeki altı kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orijin denemesinde yürütülmüştür. Denemelerinin 30. yıl sonuçlarına göre, her bir deneme alanında, göğüs yüksekliği çapı bakımından en iyi iki orijinden, parsel orta ağacı ve çap gelişimi bakımından ona en yakın ağaç olmak üzere ikişer ağaç örneklenmiş ve bu örnek ağaçlar dipten itibaren birer metre aralıklarla kesilerek alınan kesitlerin incelenmesiyle gövde analizine tabi tutulmuşlardır. Gövde analizi ile ağaçların 1.30 m kabuklu- kabuksuz çaplarının ve göğüs yüzeylerinin beşer yıllık değerleri belirlenmiştir. Aynı periyodlar için ISSA yöntemiyle ağaç boyları, Smalian Formülü ile tespit edilen kesit aralıkları hacimlerinin toplamıyla da gövde hacimleri tahmin edilmiştir. Her hasılat ögesine ilişkin büyüme eğrileri 9 m²/ağaç büyüme alanı için geçerli kızılçam ağaçlandırmaları kılavuz bonitet eğrileri ile karşılaştırılarak irdelenmiştir. Sonuçta, bu çalışmayla üstün orijin seçilerek yapılan ağaçlandırmaların, mevcut kızılçam plantasyonlarının bonitet sınıflamasına göre büyüme performansları ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Endüstriyel plantasyon, Hasılat, Bonitet, Gövde analizi

Growth of superior Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) provenances

Abstract: In this study, the response rate of provenance trial efforts was estimated in terms of tree growth in Turkish red pine plantations. Investigations were executed at six different *Pinus brutia* provenance trials in Western Mediterranean Region of Turkey according to breast height diameter (dbh) at the end of the 30th year. Trials were established in randomized complete block design with 3 replications. In two best provenances according to dbh in each site, two trees nearest to plot mean in each block were cut and divided into one-meter stem sections. 5 years values of dbh over bark, dbh inside bark and basal area were calculated by stem analyses. Tree heights by ISSA method and stem volumes by Smalian Formula were estimated for same years. Growth of each characteristics over the years was compared with guide curves of site indexes in the *Pinus brutia* plantation yield table. As a result, in this study, the growth performances of the afforestations made by selecting superior provenances, according to the site classification of the existing Turkish red pine plantations were revealed.

Keywords: Industrial plantation, Yield, Site, Stem analysis

1. Giriş

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), 5.21 milyon hektar toplam alanı ile Türkiye'nin en geniş doğal yayılışına sahip iğne yapraklı ağaç türüdür. Bu ormanların 3.4 milyon hektarı normal, 1.8 milyon hektarı ise boşluklu kapalıdır. Türkiye'deki bozuk orman alanının %19'u kızılçama aittir (OGM, 2021). Bu yüzden ağaçlandırmalarda kızılçamın payı büyüktür. Aynı istatistikler, kızılçamın, yıllık üretilen fidan sayısı bakımından, 69.7 milyon adetle, ilk sırada yer aldığını göstermektedir (OGM, 2021).

1950'li yıllarda Torosların eteklerinde ilk geniş kapsamlı ağaçlandırma çalışmaları, saban çizgilerine kızılçam fidanı dikmekle başlamıştır. Geniş yangınlarla açılan alanlar ile toprak muhafaza konusu alanlar, Ağaçlandırma Grup Müdürlüklerinin farklı teras tiplerinde kızılçam dikim ve ekim yöntemlerini uyguladığı alanlar olmuştur. Yaş sınıfları yönteminin ilk periyodlarında, başarısız doğal gençleştirme çalışmaları, geniş alanlarda, dikim yoluyla kızılçam suni gençleştirmelerine gidilmesine yol açmıştır. 1970'li yıllarda, birinci derecede SEKA taleplerinin yönlendirdiği toplu üretim anlayışı, kızılçam sahalarda da dikimlerin

yaygınlaşmasında etkili olmuştur. Öte yandan Marmara-Keşan gibi, kızılçamın sınır ve bozuk meşcereleriyle kaplı bir yayılış alanında, kızılçam plantasyon ormancılığının potansiyeline işaret eden bir rapor sonucu başlatılan ve sürdürülen çalışmalar, sadece kızılçamda değil, Türkiye'nin plantasyon silvikültüründe de yakın zamanın değerli bir örneğini oluşturmuştur (Boydak, 1982).

1970'lerin sonu ile 1980'li yıllar, uygun sahalarda, sermaye yoğun (makinalı) arazi hazırlığına dayalı kızılçam ağaçlandırma uygulamalarının arttığı yıllardır. Bu ağaçlandırmalardaki dikkat çekici hızlı büyüme, kızılçamın hızlı gelişen tür anlamında farkındalığını artırmıştır (Boydak vd., 2006). Türkiye'de zaman zaman önemi değişen endüstriyel plantasyon düşüncesi ve uygulamaları, 2013 yılından itibaren yeniden gündem teşkil etmeye başlamıştır. Orman ürünleri endüstrisinin kapasitesindeki muazzam artış, odun arzının yetersizliğini gidermek için başvurulmuş ithalatın önemli miktarlara ulaşması ve diğer taraftan yerli kaynaklara yönelme arzusu, geçmişe göre daha ciddi ve kararlı bir endüstriyel plantasyon uygulamasını başlatmış görünmektedir.

✉ ^a Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): alperahmetozbey@ogm.gov.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 09.11.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 11.03.2022



Citation (Atıf): Çalikoğlu, M., Aydın, A.C., Özbey, A.A., 2022. Üstün kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orijinlerinde büyüme. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 11-20.
DOI: [10.18182/tjf.1020457](https://doi.org/10.18182/tjf.1020457)

Endüstriyel plantasyon tanımının iki bileşeni vardır: Entansif kültür ve ıslah edilmiş üretim materyali. Tanımıyla da anlaşılabilir gibi, sanki ormancılığın bu uğraşı, fenotip = yetiştirme ortamı + genotip eşitliğinin en somut şekliyle düzenlenmesidir (White vd., 2007).

Islah çalışmaları, fenotipin ikinci bileşenine, yani genotipe odaklanır. Esasen genotip, bazı genetik ünite kategorilerini ifade eder. Bir tür için bu genetik ünite kategorileri, popülasyon, aile ve klondur. Bu kategorik sıralama boyunca ıslah çalışmalarının entansitesi artar, kazanç yükselir fakat genetik varyasyon azalır. O halde popülasyon, ıslah çalışmalarının başladığı ilk kategoridir. Popülasyon, yüzeysel nitelikte olmak üzere, silvikültürdeki karşılığı meşcere olan bir genetik ünite. Bu genetik ünite, aynı seleksiyon etmenleri ve gen alışverişinin kader ortağı kıldığı bir ağaç topluluğudur. Orijin, bu topluluğun doğal mekânını ve bunun coğrafik konumunu ifade eder. Orijin denemeleri, popülasyon denemeleridir (White vd., 2007).

Hayvan veya bitki ıslahçıları ile ağaç ıslahçıları fikir birliği halinde olmadıkları bir husus, ıslah çalışmalarının kapsamıdır. Tarım ıslahçıları, genotipik özellikleri inceleyip, bir seleksiyon ya da bir melezleme yaparak, yeni bir çeşit ya da varyete oluşturduklarında ıslah çalışması yapmış olduklarını kabul ederler. Ağaç ıslahçıları ise, orijin veya popülasyonları fenotipik olarak karşılaştırarak iyi olanlarını seçmelerini, ıslah sürecinin önemli ve vazgeçilmez bir aşaması olarak kabul ettikleri gibi, diğerlerine ek olarak, bu aşamanın da başlı başına kazancı belirli ölçüde de olsa realize edebileceğimiz bir ıslah çalışması sayarlar (Wright, 1976).

Kızılçamda 50 farklı orijinle, Türkiye ve KKTC'ye dağılmış 18 farklı deneme alanında yürütülen orijin denemeleri, 30. yaş itibarıyla sonuçlanmış bulunmaktadır. Denemelerin sonucunda, bölgelere göre en iyi gelişen, en kaliteli gövde formuna sahip ve genel olarak uyum yetenekleri geniş olan kızılçam orijinleri belirlenmiştir (Çalikoğlu vd., 2020). Yetiştirme ortamı koşullarının mümkün mertebe sabit tutulduğu koşullardaki deneme alanlarında, göğüs yüksekliği çapı gelişimi ve gövde formu bakımından diğer orijinlere göre üstünlük sergilemiş kızılçam orijinleri, artık birer üstün orijin olarak kabul edilebilirler. Buradaki üstünlük, büyük ölçüde, bu orijinlerin veya popülasyonların, genetik ünite olarak kapasitelerinin farklılığından veya ayrıcalığından kaynaklanmaktadır (Callahan, 1964). Buna göre ülkemizde kızılçamda, verimli yetiştirme ortamları için bir idare süresi, verimi daha düşükler için ise bir idare süresinin belki yarısı kadar olan sürede tamamlanmış ilk geniş çaplı ıslah çalışması söz konusu orijin denemeleridir. Özellikleri test edilmiş ilk genetik üniteler de denemelerde yer alan orijinlerdir. Başka bir ifadeyle, bir seleksiyon çalışmasına tabi tutulmuş ve 30 yaşına gelerek uygulama için daha doğru tahminler yapabilmeyi sağlayacak, şu an için mevcut tek genetik materyal orijin denemelerindeki üstün orijinlerdir. Kızılçamda daha entansif yani aile düzeyindeki ıslah çalışmaları (döl denemeleri) ise devam etmektedir (Çalikoğlu vd., 2020).

Ülkemizde pek çok aslı ağaç türü için büyüme ve hasılat araştırmaları bulunmaktadır. Bu çalışmanın materyali olan kızılçam için de günümüze kadar pek çok araştırma mevcuttur. Kızılçamın hasılatı ile ilgili ilk çalışma Alemdağ (1962) tarafından, müdahale görmemiş normal kapalı meşcereler için yapılmıştır. Daha sonra; değişik sıklık ve bonitetteki kızılçam meşcereleri için Yeşil (1992), farklı büyüme alanları için Erkan (1996) ve Batı Akdeniz Bölgesi

kızılçam meşcereleri için Çatal (2009) tarafından hasılat tablosu araştırmaları yapılmıştır.

Ülkemizde kızılçam için ilk ağaç hacim tablosu, Alemdağ (1962) tarafından düzenlenmiştir. Kızılçam için genel hacim tablosu ise Sun vd., (1978) tarafından düzenlenmiştir. Usta (1991) tarafından Antalya, Muğla, Adana, Maraş; Çatal (2009) tarafından Burdur, Isparta, Konya, Afyonkarahisar, Muğla, Denizli, Antalya; Kahrıman vd., (2017) tarafından Antalya ve Mersin illerinde bölgesel; Özer ve Uğurlu (1977) tarafından Antalya-Bük Araştırma ormanında; Carus ve Su (2014) tarafından Antalya-Korkuteli'nde; Özçelik ve Kalkanlı (2018) tarafından Kaş yöresi için yöresel ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir. Ayrıca kızılçamın büyüme ve gelişmesi ile ilgili olarak (Zech ve Çepel, 1972; Uğurlu ve Özer, 1976; Uğurlu, 1977; Sun vd., 1980; Neyişçi ve Cengiz, 1984; Sun, 1983; Çepel ve Dündar, 1985; Usta, 1991; Eler, 1992; Erkan vd., 2017) birçok araştırma yapılmıştır.

Bu çalışmada, Batı Akdeniz Bölgesi'nde kurulu kızılçam orijin denemelerinin her birinde, 30. yaş sonuçlarına göre, büyüme bakımından üstünlük gösteren 2'şer orijinin büyüme gövde analiziyle incelenmiştir. Elde edilen ortalama büyüme eğrileri ile Usta (1991)'ya ait kızılçam ağaçlandırma hasılat tablosundaki büyümeler karşılaştırılmıştır. Çalışma ile endüstriyel plantasyon amaçlı güncel kızılçam ağaçlandırmalarının hasılatı ve idare süresi tahminlerine yarayacak verilerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışma, Batı Akdeniz Bölgesindeki altı kızılçam orijin denemesi alanı esas alınarak gerçekleştirilmiştir. 1988 yılı vejetasyon dönemi sonunda 1+0 yaşlı fidanlarla kurulan kızılçam orijin denemelerinin 30. yıl sonuçlarına (Çalikoğlu vd., 2020) göre, Batı Akdeniz Bölgesindeki her bir deneme alanında, göğüs yüksekliği çapı bakımından en iyi 2 orijinden, parsel orta ağacı ve göğüs yüksekliği çapı bakımından ona en yakın ağaç olmak üzere ikişer ağaç örneklenmiş ve kesilerek gövde analizine tabi tutulmuşlardır.

Her bir orijin denemesi 1988 yılı sonbaharında rastlantı blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü kurulmuştur. Parsel düzenlemesi ise 16 ağaçlı kare parsel şeklindedir (Örtel vd., 2010). Bu çalışma materyali olarak başlangıçta, 6 deneme alanı x 3 tekerrür x 2 orijin x 2 ağaç olmak üzere toplam 72 ağacın gövde analizi öngörülmüştür. Fakat Gazipaşa-Delihöyük deneme alanının üçüncü bloğu sarp arazi nedeniyle ve ağaç kesimi ile gövde kesiti taşımaya müsait olmadığı için o bloktaki dört ağaç örneklenmemiş, toplamda 68 ağaç üzerinde analizler yapılmıştır.

Deneme alanları ile ilgili bazı bilgiler ve o deneme alanında 30. yıl sonuçlarına göre göğüs yüksekliği çapı bakımından üstün orijinler Çizelge 1'de sunulmuştur. Deneme alanlarının yükselteleri 200 ila 950 m arasında değişmektedir. Eğimi %20'nin altında olan dört deneme alanında (Yazır, Gülmez, Palamut, Susuz) arazi hazırlığı tam alanda makineli, eğimi yüksek iki deneme alanında (Gazipaşa-Narma ve Gazipaşa-Delihöyük) ise insan gücü ile teras tesisi şeklinde yapılmıştır (Cengiz vd., 1999).

Denemelerin tesisinde (1988 yılı), fidan başına 4.5 m² büyüme alanı olacak şekilde toplamda 72 m² parsel alanına 16 fidan dikilmiştir. Denemelerin 15. yılında sistematik aralama yapılarak, ağaç başına 9 m² büyüme alanı bırakılmış

ve parseldeki ağaç sayısı sekiz ağaca düşürülmüştür (Örtel vd., 2010).

2019 yılı yeşerim dönemi sonunda, üstün orijin parsellerinde ağaçlar arazide belirlenmiş ve 31. yaşta göğüs yüksekliği çapları ölçülmüştür. Her parselde göğüs yüksekliği çapı ortalama değeri belirlenmiş ve bu değere en yakın iki ağaç toprak seviyesinden kesilmiştir. Kesilen her gövdeden birer metre aralıklarla gövde kesitleri alınmış ve gövde analizi için laboratuvar ortamında muhafaza edilmiştir.

2.2. Yöntem

Bu çalışmada her bir orijine ait göğüs yüksekliği çapı, ağaç boyu, göğüs yüzeyi ve gövde hacmi büyümeleri, altı ağaçtan elde edilen değerlerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Elde edilen ortalama değerler ilgili başlıklar altında açıklanan yöntemlere göre hesaplanmış ve Usta (1991) tarafından kızılçam ağaçlandırma çalışmaları için hazırlanmış araştırma sonuçları ile aynı grafik üzerinde karşılaştırılmıştır.

Göğüs çapı gelişimi dışındaki tüm grafiklerde bonitet sınıflarının sınırları ilgili yaşa ait değerleri üzerinden hesaplanarak ortaya konulmuştur. Göğüs çapı gelişimi grafiklerinde ise özellikle 30 yaşından sonra formülde elde edilen hesap değerlerinin birbirlerine yaklaşmasından dolayı grafik karmaşık hale gelmektedir. Bu yüzden çap gelişimi grafiklerinin görselliğinin artırılabilmesi için ilgili grafiklerde bonitet sınır değerleri yerine her bir bonitet için kılavuz eğriler kullanılmıştır. Elde edilen tüm büyüme grafiklerindeki bonitet sınır ve kılavuz eğrileri, Usta (1991) tarafından geliştirilen formüllerden (9 m² büyüme alanı ve 31 yaş için) yararlanılarak oluşturulmuştur.

2.2.1. Çap gelişimlerinin hesaplanması

Alınan kesitler üzerinde 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 yaşlarındaki çaplar ile kabuklu çap değerleri (milimetre hassasiyetinde) ölçülerek veri karnelerine işaretlenmiştir. Ölçümler kesitlerin özlerinden geçen birbirine dik iki hat üzerinde ilgili yaşlara ait yıllık halkaların işaretlenmesi sureti ile yapılmış, her bir yaşa ait çap değerleri iki ölçümün ortalaması şeklinde veri karnelerine işlenmiştir.

Bir (1.0) ve iki (2.0) metre yüksekliklerinden alınan kesitlerde kabuklu ve beşer yıl aralıklı (5-30) kabuksuz çaplar ölçülmüştür. Elde edilen bu değerler ile beşer yıl aralıklı yaşlarda kabuksuz göğüs yüksekliği çapları kestirimleri

yapılmıştır. Daha sonra hesaplanan kabuksuz göğüs çapları ve kabuk faktörü denkleminde yararlanarak ilgili yaşlar için kabuklu göğüs çapı değerleri elde edilmiştir.

2.2.2. Boy gelişimlerinin hesaplanması

Ağaçların ilgili yaşlardaki boyları ISSA Yöntemi ile hesaplanmıştır. ISSA yöntemi; iki kesit arasındaki ilgili yaşlara ait boy değerlerinin bir önceki ve bir sonraki kesitlerdeki büyümelerini orantısal olarak dikkate alarak hesaplayan bir yöntemdir (Fabbio vd., 1994; Yavuz, 1995; Aydın, 2008; Özbey vd., 2020).

2.2.3. Göğüs yüzeyi gelişimlerinin hesaplanması

Meşcere sıklığını belirlemede en çok kullanılan meşcere özelliği birim alandaki göğüs yüzeyidir. Meşcere göğüs yüzeyi ağaç türüne bağımlılık göstermekle birlikte aynı yetişme ortamı ve yaş için meşceredeki büyüme ortamını kullanım derecesini çok iyi yansıtmaktadır. Örnek ağaçların göğüs çapı ($d_{1.30}$) değerleri ile aşağıdaki formülde yararlanarak her bir ağacın ilgili yaşlarına ait göğüs yüzey alanları hesaplanmıştır.

$$g = \frac{\pi}{4} d_{1.30}^2 \quad (1)$$

2.2.4. Gövde hacmi gelişimlerinin hesaplanması

Örnek ağaçların hacimlendirilmesi Uçlardaki Yüzeyler Ortalaması (Smalian) Formülü ile her bir seksiyona ait hacim değerlerinin toplanması ile elde edilmiştir.

$$v = \frac{\pi}{4} (d_0^2 + d_n^2) \frac{1}{2} \quad (2)$$

Eşitlikte; d_0 seksiyonun dip (kalın) çapı, d_n seksiyonun uç çapı anlamına gelmektedir.

Uç parçalara ait hacimler ise koni formülüne göre hesaplanmıştır.

$$v = \frac{\pi}{12} d_{1.30}^2 h \quad (3)$$

Eşitlikte; h uç parçanın uzunluğunu ifade etmektedir. Her bir örnek ağaç için tüm seksiyonlardaki hacim değerleri toplanarak ilgili yaşlardaki hacim değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Deneme alanlarına ait ilgili bazı bilgiler ve üstün orijinler

| Orman işletmesi | Mevkii | Enlem | Boylam | Yükselti (m) | Biyoklim | Üstün orijinler ve kodları |
|-----------------|-----------|------------|------------|--------------|----------------------|---|
| Finike | Gülmez | 36°20'56"K | 30° 4'55"D | 550 | Yağışlı Alt Yumuşak | Alanya-Kargı (22) Mersin-Davultepe (9) |
| Finike | Yazır | 36°26'49"K | 29°56'33"D | 950 | Yağışlı Alt Yumuşak | Burdur-Bucak (15) Gülнар-Pembecik (7) |
| Korkuteli | Susuz | 37° 2'2"K | 30°10'47"D | 900 | Yarı-Kurak Üst Soğuk | Mersin-Anamur (6) Mersin-Davultepe (9) |
| Kaş | Palamut | 36°25'57"K | 29°19'43"D | 200 | Az Yağışlı Sıcak | Kumluca-Merkez (23) Marmaris-Çetibeli (38) |
| Gazipaşa | Delihöyük | 36° 7'50"K | 32°34'50"D | 300 | Yağışlı Alt Sıcak | Serik-Pınargözü (21) Mersin-Davultepe (9) |
| Gazipaşa | Narma | 36° 8'3"K | 32°34'11"D | 450 | Yağışlı Alt Sıcak | Kumluca-Merkez (23) Kemer-Kesmeçay (24) |

3. Bulgular

Gövde analizine tabii tutulmak üzere her bir deneme alanında kesilen ağaç sayısı ve bu ağaçlara ait basit istatistikler Çizelge 2' de sunulmuştur.

Çalışmaya konu ağaçlar üzerinde yapılan ölçüm ve hesaplamalar, dört ana hasılat parametresi açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular ile Usta (1991)'nin bulguları 9 m²'lik büyüme alanları esas alınarak ve grafikler oluşturularak karşılaştırılmıştır.

Elde edilen bulgular Usta (1991) tarafından yapılmış çalışmadaki 9 m bulguları ile bir arada karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur. Karşılaştırmaların isabetli yapılabilmesi için tüm bulgularımız, çalışma materyalinin büyüme alanı olan 9 m²'lik büyüme alanları üzerinden hesaplanarak grafikler oluşturulmuştur.

Kabuk faktörünün hesaplanması için deneme alanlarındaki örnek ağaçların kabuklu ve kabuksuz çaplarından yararlanılmıştır. Elde edilen regresyon eğrisi $y = a + b d_{kbsz}$ şeklinde doğrusal bir model şeklinde olup, katsayıları $a=0.5563$ $b=1.1316$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). Denklem R^2 değeri 0.947, standart hatası 1.718, F değeri 9469.617 ve anlamlılığı <0.000 olarak hesaplanmıştır.

3.1. Korkuteli-Susuz Deneme Alanı

Bu deneme alanında çap, boy, göğüs yüzeyi ve hacim bakımından Mersin-Anamur (6) ve Mersin-Davultepe (9) orijinlerine ait örnek ağaçların büyümeleri Şekil 1'de sunulmuştur.

Mersin-Anamur (6) orijininin, tüm parametreler bakımından 2. bonitet koşullarında büyüme seyri sergilediği görülmektedir. Mersin-Davultepe (9) orijininin büyüme seyri ise genel olarak 3. bonitet sınırları içerisinde. Hacimsel artım ve büyüme bakımından (Şekil 1D) bu orijin neredeyse 3. bonitet kılavuz eğrisiyle çakışık bir seyir sergilemiştir.

3.2. Finike-Yazır Deneme Alanı

Bu deneme alanında çap, boy, göğüs yüzeyi ve hacim bakımından Burdur-Bucak (15) ve Gülnar-Pembecik (7) orijinlerine ait örnek ağaçların yaşa bağlı büyümeleri Şekil 2'de sunulmuştur.

Her iki orijininin de ortalama göğüs çapı bakımından (Şekil 2A) 1. bonitet koşullarında büyüme seyri sergilediği görülmektedir. Ortalama boy bakımından ise 1 ve 2. bonitet sınırlarında bir büyüme yaptıkları tespit edilmiştir (Şekil 2B). Orijinlerin sergilemiş oldukları gerek göğüs yüzeyi gerekse hacimsel büyüme ise 15 yaşından itibaren belirgin bir yükseliş göstermiş ve 1. bonitet kılavuz gelişim çizgisinin de üzerine çıkmıştır (Şekil 2C ve 2D).

3.3. Gazipaşa-Delihöyük Deneme Alanı

Bu deneme alanında çap, boy, göğüs yüzeyi ve hacim bakımından Serik-Pınargözü (21) ve Mersin-Davultepe (9) orijinlerine ait örnek ağaçların yaşa bağlı büyümeleri Şekil 3'de sunulmuştur.

Her iki orijininin de, ortalama göğüs çapı ve boy bakımından (Şekil 3A ve 3B) 2. bonitet koşullarında büyüme seyri sergilediği görülmektedir. Orijinlerin sergilemiş oldukları gerek göğüs yüzeyi gerekse hacimsel büyüme ise 15 yaşından itibaren belirgin bir yükseliş göstermiş, özellikle Mersin-Davultepe (9) orijini 1. bonitet gelişim düzeyine geçmiştir (Şekil 3C ve 3D).

3.4. Finike-Gülmez Deneme Alanı

Bu deneme alanında çap, boy, göğüs yüzeyi ve hacim bakımından Alanya-Kargı (22) ve Mersin-Davultepe (9) orijinlerine ait örnek ağaçların yaşa bağlı büyümeleri Şekil 4'te sunulmuştur.

Her iki orijininin de, ortalama göğüs çapı ve boy bakımından (Şekil 4A ve 4B) 1 ve 2. bonitet koşulları arasında bir büyüme seyri sergilediği görülmektedir. Orijinlerin sergilemiş oldukları, gerek göğüs yüzeyi, gerekse hacimsel büyüme, bu deneme alanında da 15 yaşından itibaren belirgin bir yükseliş göstermiş, özellikle Mersin-Davultepe (9) orijini 1. bonitet gelişim düzeyi sınırına oldukça yaklaşmıştır (Şekil 4C ve 4D).

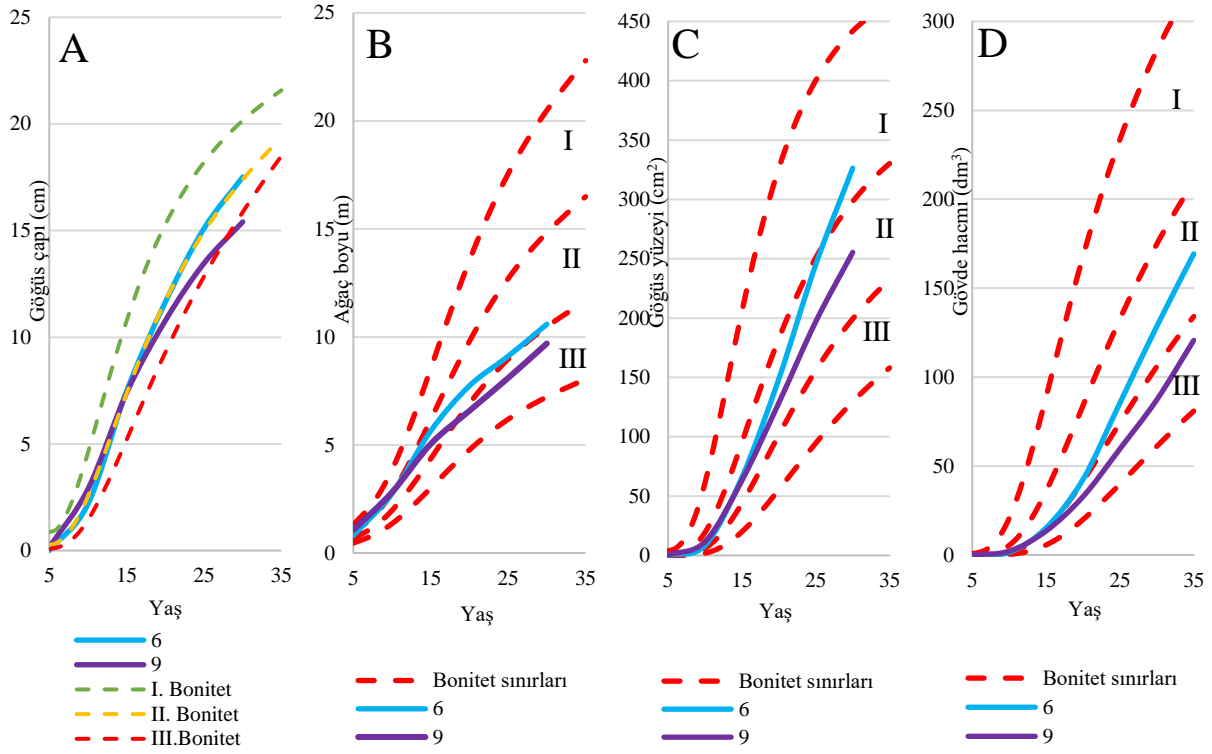
Çizelge 2. Deneme alanlarında gövde analizine tabii tutulan ağaçlara ilişkin basit istatistikler

| Orman işletmesi | Mevkii | Ağaç boyu (m) | | | | | Göğüs yüksekliği çapı (cm) | | | |
|-----------------|-----------|---------------|-----------|------|-------|-------|----------------------------|------|-------|-------|
| | | n | \bar{X} | s | Maks. | Min. | \bar{X} | s | Maks. | Min. |
| Finike | Gülmez | 12 | 15.40 | 1.93 | 19.20 | 12.80 | 21.83 | 2.34 | 25.40 | 17.60 |
| Finike | Yazır | 12 | 14.95 | 1.55 | 17.70 | 12.50 | 23.45 | 1.33 | 25.50 | 21.00 |
| Korkuteli | Susuz | 12 | 10.14 | 0.67 | 11.25 | 9.00 | 19.91 | 1.58 | 22.00 | 17.20 |
| Kaş | Palamut | 12 | 15.09 | 1.16 | 17.70 | 13.30 | 24.00 | 2.93 | 29.00 | 18.50 |
| Gazipaşa | Delihöyük | 8 | 12.61 | 1.74 | 16.00 | 10.25 | 20.11 | 1.58 | 22.50 | 17.00 |
| Gazipaşa | Narma | 12 | 13.65 | 2.34 | 18.40 | 10.00 | 23.08 | 3.70 | 29.00 | 17.00 |

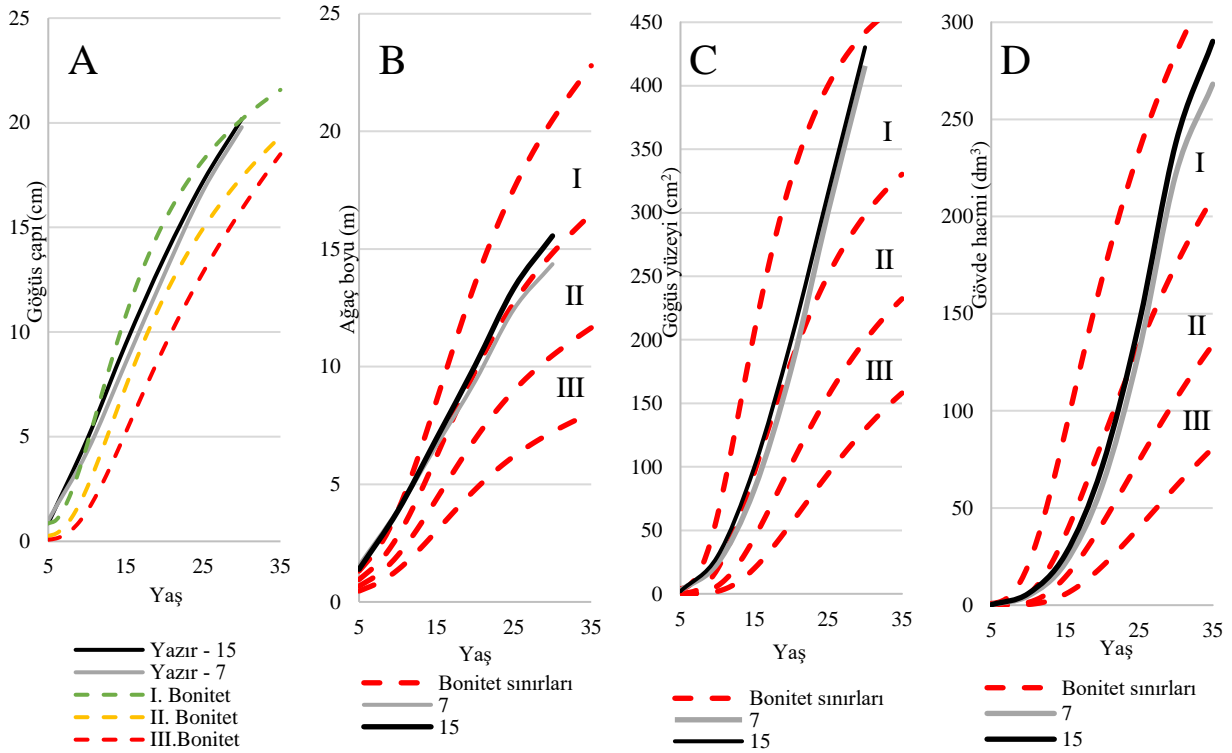
n: gövde analizi yapılan ağaç sayısı, \bar{X} : ortalama, s: standart sapma

Çizelge 3. Kabuk faktörüne ait denklem katsayılarına ait istatistikler

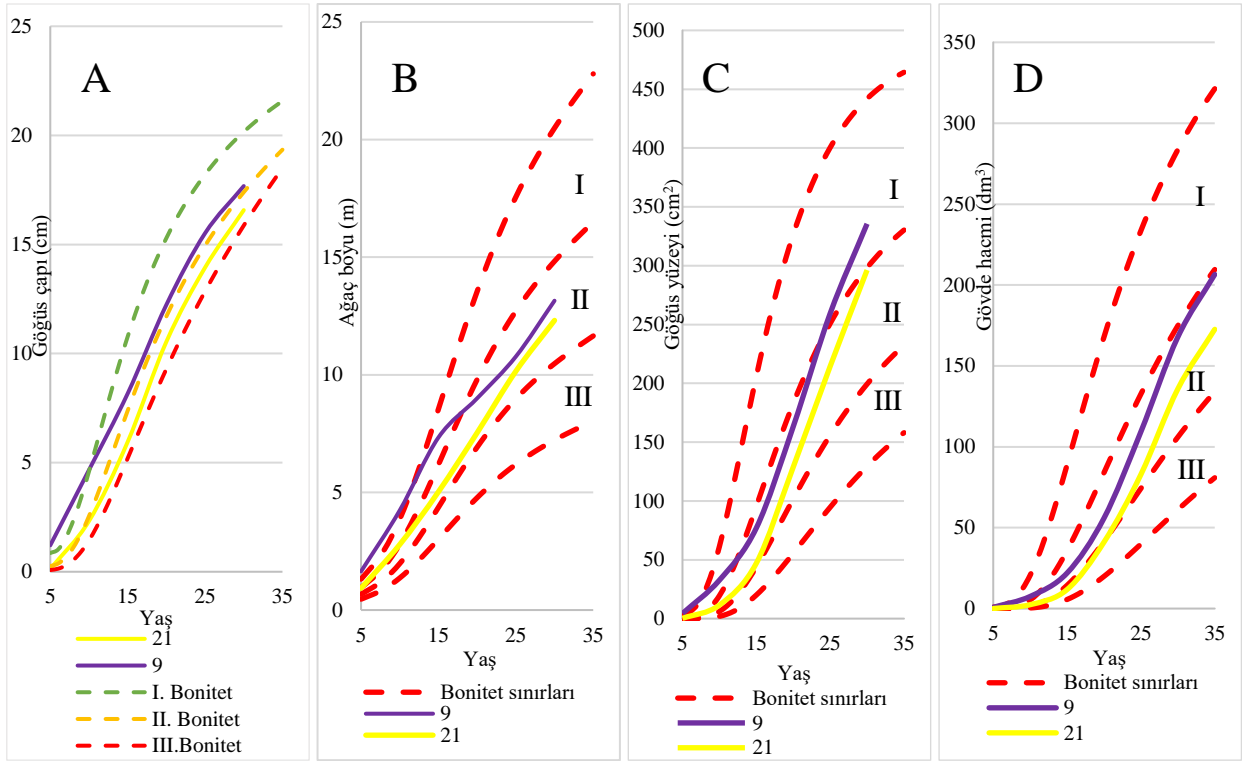
| | Katsayılar | | Standardize edilmiş katsayılar | t | Anlamlılık değeri |
|------------|------------|---------------|--------------------------------|--------|-------------------|
| | B | Standart hata | | | |
| d_{kbsz} | 1.1316 | 0.012 | 0.973 | 97.312 | 0.000 |
| Sabit | 0.5563 | 0.152 | | 3.436 | 0.001 |



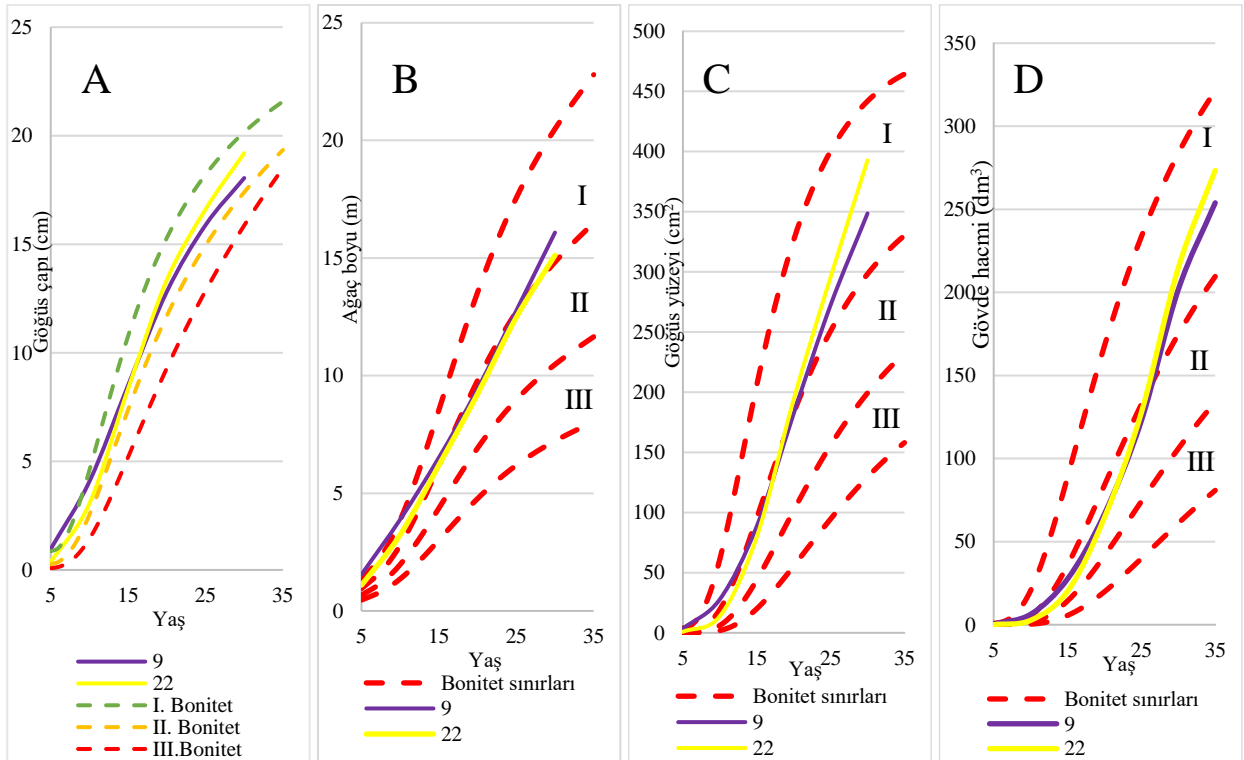
Şekil 1. Susuz deneme alanında 6 ve 9 numaralı orijinlerin büyümeleri (A: göğüs çapı, B: boy, C: göğüs yüzeyi, D: gövde hacmi)



Şekil 2. Yazır deneme alanında 15 ve 7 numaralı orijinlerin büyümeleri (A: göğüs çapı, B: boy, C: göğüs yüzeyi, D: gövde hacmi)



Şekil 3. Delihöyük deneme alanında 21 ve 9 numaralı orijinlerin büyüme eğrileri (A: göğüs çapı, B: boy, C: göğüs yüzeyi, D: gövde hacmi)



Şekil 4. Gülmez deneme alanında 22 ve 9 numaralı orijinlerin büyüme eğrileri (A: göğüs çapı, B: boy, C: göğüs yüzeyi, D: gövde hacmi)

3.5. Kaş-Palamut Deneme Alanı

Bu deneme alanında çap, boy, göğüs yüzeyi ve hacim bakımından Marmaris-Çetibeli (38) ve Kumluca (23) orijinlerine ait örnek ağaçların yaşa bağlı büyümeleri Şekil 5'te sunulmuştur.

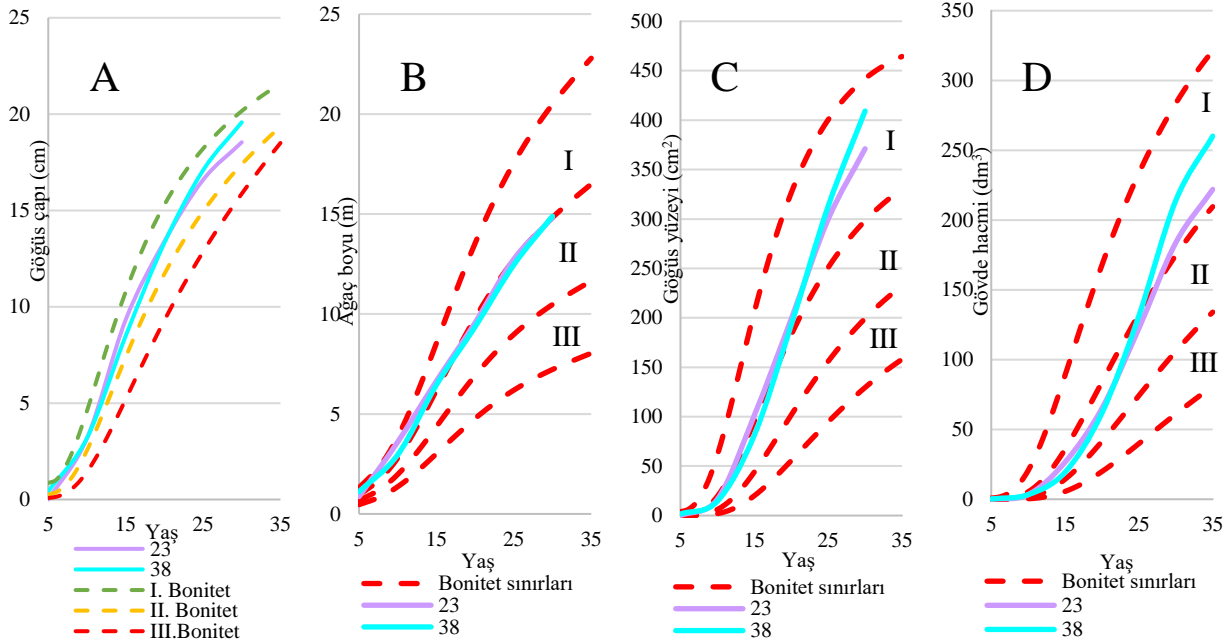
Her iki orijinin çap büyüme seyirleri incelendiğinde (Şekil 5A), 10-20 yaş aralığında Kumluca orijininin Çetibeli'ye oranla daha fazla bir artım ve büyüme yaptığı, ancak 20 yaşından sonra Çetibeli orijininin Kumluca orijininin önüne geçtiği görülmektedir. Her iki orijinin boy artım ve

büyümlerinin neredeyse çakışmış bir seyir izlediği tespit edilmiştir (Şekil 5B).

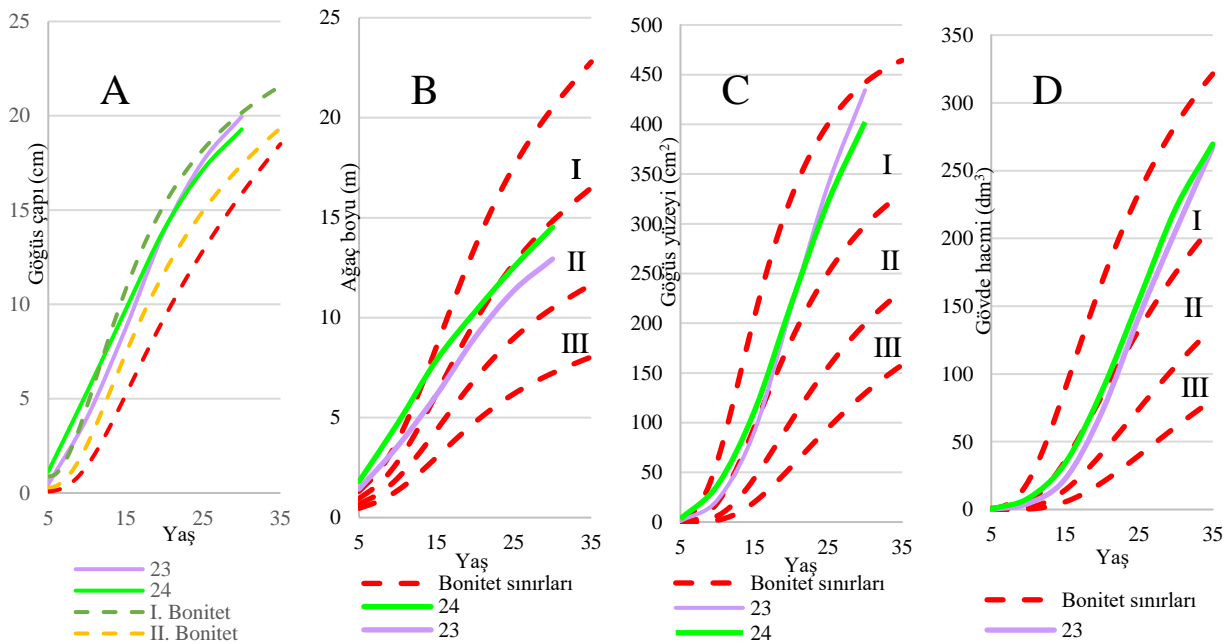
Her iki orijine ait ağaçların göğüs yüzeyi ve hacimsel büyümlerinin 30 yıllık deneme süresini 1. bonitet koşullarında tamamladığı görülmektedir (Şekil 5C ve 5D).

3.6. Gazipaşa-Narma Deneme Alanı

Bu deneme alanında çap, boy, göğüs yüzeyi ve hacim bakımından Kumluca (23) ve Kemer-Kesmeçay (24) orijinlerine ait örnek ağaçların yaşa bağlı büyümeleri Şekil 6'de sunulmuştur.



Şekil 5. Palamut deneme alanında 38 ve 23 numaralı orijinlerin büyümeleri (A: göğüs çapı, B: boy, C: göğüs yüzeyi, D: gövde hacmi)



Şekil 6. Narma deneme alanında 23 ve 24 numaralı orijinlerin büyümeleri (A: göğüs çapı, B: boy, C: göğüs yüzeyi, D: gövde hacmi)

Bu deneme alanında Kumluca orijini, 20 yaşından sonra, çap ve göğüs yüzeyi bakımından Kemer-Kesmeçay orijinine nazaran daha fazla bir artım ve büyüme sergilemiştir (Şekil 6A ve 6B). Ancak boy ile hacimsel artım ve büyüme bakımından durum tam tersidir (Şekil 6C ve 6D).

4. Tartışma ve sonuç

Öncelikle bu çalışmada ele alınan, arazideki 31. yaşlarını tamamlamış kızılçam orijin denemeleri fidan başına 4.5 m² büyüme alanı olacak şekilde kurulmuş, 15 yaşında sistematik aralamaya tabi tutulmuş ve son 16 yılı ağaç başına yaklaşık 9 m² büyüme alanı ile tamamlamıştır. Örnek ağaçların yaşa bağlı olarak büyüme seyirlerinin bonitet kılavuz eğrilerine göre durumunu izlerken bu önemli hususu dikkate almak gerekmektedir. Bu çalışma sonuçlarına göre bilhassa tek ağaç göğüs yüzeyi ve hacim büyümelerinin, söz konusu aralamaların ardından süratle arttığı, 9 m² büyüme alanı için geçerli olan bonitet grafiklerinde üst bonitet sınıflarına geçişler görülmektedir (1C,1D; 2C,2D; 3C,3D; 4C,4D; 5C,5D; 6C,6D).

Genel olarak tüm ağaç türlerinde olduğu gibi, kızılçam plantasyonlarında da dikim aralığı, dolayısıyla ağaç büyüme alanı azaldıkça, ağaçların göğüs çapı, göğüs yüzeyi ve hacimleri azalmaktadır (Boydak, 1982). Elbette değerlendirilen deneme alanlarının aktüel bonitetleri zaman içerisinde değişmemiştir. Yalnızca ağaçların aynı verim sınıfı koşullarında büyüdükları alanlar artmıştır. 15 yaşından itibaren geçerli olan bu büyüme alanı artışı, tek ağaçların hacimlerini de artırmış bulunmaktadır.

15 yaşındaki bu büyüme alanı artışından en az etkilenen parametrenin ağaç boyu olduğu görülmüştür. Her deneme alanı ve orijinde 31 yıllık ağaç boyu doğrusala yakın bir gelişme göstermiştir. Bu husus, ağaçların büyüme alanı artışının boy üzerinde çok az etkili olduğunu göstermektedir. Doğal meşcerelere nazaran, tabakalaşmanın çok daha az olduğu (galip-ortak galip-mağlup farklılaşması) ağaçlandırmalarda, kızılçamda ağaç boyunun, belki aşırı sık veya seyrek koşullar bir yana bırakılacak olursa, büyüme alanı ve bunun doğrudan rekabetten en az etkilenen, yetişme ortamının yalın verim gücünü daha iyi gösteren bir parametre olduğu da anlaşılmaktadır (Savill vd., 1997).

Ağaç boyu bakımından, Yazır, Gülmez ve Palamut deneme alanlarındaki üstün orijinlerin, denemelerin başından itibaren 1. bonitet koşullarında büyüdüğü görülmüştür (sırasıyla Şekil 2B, 4B ve 5B). Ancak ileri yaşlara doğru bu büyüme genel olarak 1. bonitet sınırının alt sınırına doğrudur.

Dikkat çeken bir husus, Susuz (Şekil 1B) deneme alanında, 15 yaşındaki aralamadan itibaren boy büyümesinin dikkat çekecek ölçüde yavaşlamış oluşudur. Yarı-kurak ve soğuk yetişme ortamı koşullarındaki bu deneme alanında, ağaç boyu bakımından, 15 yaşına kadar 2. bonitet sınırında büyüyen her iki orijinden, 31 yılın sonunda Anamur orijini (6 numaralı) büyümesini 2 ile 3. bonitet sınırında, Davulpe (9 numaralı) orijini ise 3. bonitet sınırı içinde tamamlamış bulunmaktadır. Usta (1991)'nin vermiş olduğu yaşa bağlı ortalama boy değerleri incelendiğinde ise, 4.5-9 m² büyüme alanlarında genel olarak aynı olmak üzere, boy artımının 2. bonitet koşullarında 20-25 yaşları arasında azalmaya başladığı anlaşılmaktadır. Susuz deneme alanında ise bu azalış aralamanın yapıldığı 15 yaşından itibaren gerçekleşmiştir. Bu olgu, kızılçam için ekstrem (rutubet azlığı, düşük sıcaklık) alanlardaki ağaçlandırmalarda, bakım

müdahaleleri ile boy artımı ve büyümesi arasındaki ilişkilerin farklı olabileceğini ortaya koymakta, bu hususun araştırmaya konu edilebilir olduğunu da göstermektedir.

31 yılın ardından, değerlendirilen altı deneme alanından dördünde (Yazır, Gülmez, Palamut ve Narma) orijinler hacimsel büyümelerini 1. bonitet koşullarında devam ettirmektedir (Şekil 2D, Şekil 4D, Şekil 5D, Şekil 6D). Delihöyük deneme alanında da örnek ağaçların ortalama hacimsel büyümeleri 1. bonitet sınırına ulaşmış olup 1-2 yıl içinde bu sınıfa geçecekleri açıktır (Şekil 3D). Kızılçam için ekstrem bir sahada kurulu Susuz deneme alanında ise yalnızca Anamur (6 numaralı) orijini 2. bonitet koşullarında hacimsel büyümesini tamamlamıştır.

Hacim artımlarında en dikkat çekici husus tüm deneme alanlarında ve orijinlerde bu artımların halen yukarı yönde oluşudur. Başka bir ifade ile hacimsel büyüme eğrilerinin 2. kulminasyon noktalarına halen ulaşmamış, hacim artımı azalmaya başlamamıştır. Usta (1991)'ya göre, ağaç başına 9 m² büyüme alanında, hacim artımının azalışı, 1. bonitette 20, 2. bonitette 25 yaşında başlamaktadır. 3. bonitette ise hacim artımı azalışı 35. yıl içinde gerçekleşmemektedir. Çalışmada belirlediğimiz, 2. ve 1. bonitet koşullarında, 31. yılda da hacim büyümesinin hız kesmeden artarak devam edişinin nedenini, 15. yılda yapılan sistematik aralamada aramız yerinde olacaktır. Söz konusu yaşta, ağaç başına düşen büyüme alanının 2 katına çıkmasıyla ağaçların gövde gelişimi halen hızını kesmeden devam etmektedir.

Belirtilen olgu bizleri şu sonuca götürmektedir: Daha sık dikilip ileriki yaşlarda sistematik şekilde aralanan kızılçam plantasyonlarında büyüme alanının darlığından kaynaklanan sıkışmanın önüne geçerek büyüme gelişiminin devam ettirilmesinin sağlanmasıdır. Aksi halde, aralama yapılmayan fertlerin hacim büyümesi, yeterli büyüme alanı bulunmadığı için sınırlanma eğiliminde olacaktır.

Ağaç ıslahı çalışmaları ilerleyip yaygınlaştıkça, ıslahçılar göğüs çapı ve boy parametrelerini ölçüp değerlendirmenin yanında, gövde hacmini de doğru tahmin etme gereksinimi duymaktadırlar. Usta (1991) tarafından verilen tek ağaç hacim denklemi göğüs yüksekliği çapı ve ağaç boyunu değişken olarak aldığından dolayı orijin denemeleri için önemli bir gösterge olan gövde dolgunluğu değişkeni hacim açısından bir varyasyona sebep olmaktadır. Bu durum üstün orijin seçiminde Usta (1991) tarafından geliştirilen denklemle elde edilen hacimsel karşılığını yeterince açıklayamamaktadır.

Yani, bazı orijinler arasındaki gövde dolgunluğu farklılıkları o kadar barizdir ki, sadece göğüs çapı ve boy parametrelerini kullanan hacim denklemi gövde hacmini gerçek değerinden ya yüksek ya da düşük tahmin edilmesine yol açabilmektedir. Günümüzde, kızılçam döl denemelerindeki aralama materyallerinden gövde analizleri için yararlanılarak, mümkünse her deneme alanı için gövde dolgunluğunu da dikkate alan ayrı hacim denklemlerine ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Düzgün ve dolgun gövdelerin gövde hacmine etkisi, Çalikoğlu vd., (2020) tarafından ortaya konulmuş 30. yıl sonuçlarına göre Gazipaşa-Narma deneme alanında, gövde formu kötü olan Kumluca (23 nolu) ve iyi olan Kesmeçay (24 nolu) orijinleri, en fazla çap büyümesini yaparak büyüme bakımından üstün orijinler olarak belirginleşmişler ve çalışmamız dâhilinde bu deneme alanındaki irdelemelerin konusu olmuşlardır. Göğüs yüzeyi artım ve büyümesi bakımından daha üstün olan Kumluca orijini (Şekil 6C),

gövde hacmi bakımından Kesmeçay orijininin gerisinde kalmıştır (Şekil 6D). Burada Kesmeçay orijininin, Kumluca orijinine göre 30. yaş için ortalama boyunun (sırasıyla 14.53 ve 12.93 m) biraz daha fazla oluşunun da etkisi olduğu düşünülmektedir (Şekil 6B). Kızılçam orijin denemelerinin sonuç raporunda (Çalikoğlu vd., 2020) ağaçlandırma zonları için önerilen orijinler hem göğüs çapı hem de buna ek olarak gövde formu en iyi olan orijinlerdir. Gövde formunun, ağaç boyunun yeteri kolaylık ve duyarlılıkta ölçülemediği ileri yaştaki denemelerdeki kızılçam orijinlerinin seçiminde çap büyümesi ile birlikte kıstas olarak alınmasının ne kadar isabetli olduğu burada ortaya çıkmış bulunmaktadır.

Çalışmamızda 68 örnek ağaçta hasılat öğelerinin tahminleri yapılmış bulunmaktadır. Bu örnek ağaçlar 9 farklı orijine aittirler. 5 deneme alanında deneme alanı başına 12 ağaç düşmekte olup, 1 deneme alanında ise 8 ağaç örneklenebilmektedir. Örnek ağaçlar göğüs çapı bakımından 30. yaşta en üstün olan orijinlere aittirler. Çalışmamızı yürüttüğümüz deneme alanlarımızın kızılçam ağaçlandırmaları bağlamında verim gücü nedir? Bunun cevabını ortaya koyarak, büyüme bakımından üstün kızılçam orijinlerinin kullanılması ile elde edilebilecek hasılat kazançları hakkında tahminler yürütülebilir. Deneme alanlarının verim güçleri için, bu alanlarda kullanılmış tüm orijinlerin büyümesini dikkate almak, bizleri düşük tahminler yapmaya yöneltebilir. Çünkü kullanılan 49-50 kızılçam orijininin birçoğu Batı Akdeniz, hatta Akdeniz Bölgesi dışından olup bunların bir kısmının uyum sorunlarından kaynaklanan düşük gelişimi mevcuttur. Diğer taraftan, bu tip bölge dışı orijinlerden çok iyi büyüyenler, hatta bölgenin yerel orijinlerinden bile daha iyi büyüyenler söz konusudur. Bunların ön plana çıktığı deneme alanlarında da yüksek tahminler yapma riski mevcuttur.

Sonuç olarak, deneme alanlarının verim güçleri hakkında en doğru tahminleri yapabilmek için, yakın geçmişte veya hâlihazırdaki kızılçam ağaçlandırmalarında kullanılan, Batı Akdeniz Bölgesi için yerel ve popüler orijinlerin bu denemelerdeki büyümeleri esas alınmalıdır.

Denemelerde ağaç boyları, güvenilir bir şekilde, en son 20. yaşta ölçülebilmektedir. Parsellerdeki üst boyların ortalaması, deneme alanlarının verim güçlerini ortaya koyabilecektir. Bunun için Batı Akdeniz Bölgesi üst kuşağında yer alan 2 deneme alanında (Finike-Yazır, Korkuteli-Susuz); Kaş-Lengüme 1, Kaş-Lengüme 2, Burdur-Bucak, Burdur-Melli ve Gündoğmuş-Eskibağ gibi bölgenin yüksek kuşağını temsil eden 5 orijinin 20. yaş üst boy ortalamaları belirlenmiştir.

Batı Akdeniz Bölgesi alt kuşağında yer alan 4 deneme alanında ise (Finike-Gülmez, Kaş-Palamut, Gazipaşa-Delihöyük, Gazipaşa-Narma); Kumluca, Kemer-Kesmeçay, Düzlerçamı, Serik ve Alanya-Kargı gibi bölgenin alçak kuşağını temsil eden 5 orijinin 20. yaş üst boy ortalamaları dikkate alınmıştır. Deneme alanlarının belirtilen esaslara göre belirlenen verim güçleri Çizelge 4’de sunulmuştur.

Çizelge 4. Deneme alanlarının, yerel orijinlerin her bir parseldeki 20. yaş üst boy ortalamalarına göre belirlenen bonitetleri (Usta 1991’den yararlanarak)

| | | Üst boy (m)-20 Yaş |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Batı akdeniz üst kuşağı | Finike-Yazır | 10 (II) |
| | Korkuteli-Susuz | 7.7 (III) |
| Batı akdeniz alt kuşağı | Finike-Gülmez | 9.3 (II) |
| | Kaş-Palamut | 10.6 (II) |
| | Gazipaşa-Delihöyük | 9.9 (II) |
| | Gazipaşa-Narma | 10 (II) |

Çizelge 4’den, kızılçam ağaçlandırmaları için, ortalama olarak, Korkuteli-Susuz deneme alanının 3. diğer deneme alanlarının 2. bonitetinde oldukları görülmektedir. 31. yaşta yaptığımız analizler sonucunda ise, üstün orijinlerin, tek ağaç gövde hacmi bakımından, Yazır, Gülmez, Palamut ve Narma deneme alanlarında 1. bonitet sınıfında hasılat performansı gösterdiklerini belirlemiştik. Bu yaşta, belirtilen hasılat ögesi bakımından, Delihöyük deneme alanında üstün orijinlerin 2. bonitet koşullarında büyümüş olduğunu, ancak artımın azalmaya başlamadan devam etmesi yüzünden, söz konusu orijinlerin bir müddet sonra 1. bonitet sınıfı sınırlarını zorlayacaklarını, hatta bu sınıfa geçebilecekleri daha önce ifade edilmiştir. Susuz deneme alanında ise 1 üstün orijin (Anamur), hacim bakımından 2. bonitet sınıfı içinde büyüme performansı sergilemiştir.

Skovsgaard ve Vanclay (2008), orman alanlarının verimliliğinin, gerçekleştirilmiş verimlilik ve potansiyel verimlilik olarak ikiye ayrıldığını belirtmektedirler. Gerçekleşmiş verimlilik, potansiyel verimliliğin, belirli koşullar altında ulaşılabilecek kısmıdır. Uygulanan yetiştirme yöntemleri ve genetik seçimlerle gerçekleşen verimlilik, potansiyel verime yaklaşabilir ya da ondan uzaklaşabilir.

Kızılçam ağaçlandırma alanlarında verimi; toprak işlemenin yoğunluğunu, dikim aralık-mesafesini, aralamaların zamanını ve şiddetini, sulama ve/veya gübrelemeyi düzenleyerek artırabiliriz. Ancak bu çalışmalar, her idare süresinde tekrarlanması gereken işlemlerdir. Bunun yanında, doğru yapılan genetik seçimlerle verimi artırmamızı sağlayan bir tohum kaynağı (üstün orijin ve/veya üstün aileler seti ile bunların tohum bahçeleri), bir kez sahip olduğu üstünlüğü, yeni ve daha entansif bir seleksiyon yapılarına kadar, her zaman koruyacaktır.

Bu çalışmamızın sonuçları, kızılçam plantasyonlarının gerçekleşen veriminin, üstün orijin seçimleriyle, yaklaşık bir verimlilik sınıfı artırabileceğini göstermektedir. Uygun orijin seçimiyle gerçekleşebilecek bu verim artışına, döl denemeleriyle seçilen üstün ailelerden gelecek verim artışı da eklendiğinde, kızılçam ağaçlandırmaları hasılat tablosundaki 1. bonitet sınıfının üst sınırının rahatlıkla ve yüksek miktarda aşılabilirliğini söyleyebiliriz.

Açıklama

Bu makale Orman Genel Müdürlüğü, Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne yürütülmüş OGM-19.3226/2018-2020 numaralı “Üstün Kızılçam Orijinlerinde Büyüme” isimli araştırma projesinin sonuçları kapsamında hazırlanmıştır. Bu bağlamda kurumlara ve emeği geçenlere desteklerinden ötürü teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye’deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat Ve Amenajman Esasları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi, No: 11, Ankara.
- Aydın, A.C., 2008. Antalya ili sedir ormanlarında poliformik yöntemle meşcere verim gücünün saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boydak, M., 1982. Keşan Yöresi Saf Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmalarında kültür yöntemleri ile doğal faktörlerin gelişim üzerindeki etkileri ve dikim aralıklarının saptanması. Doçentlik Tezi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 3049/325.

Antalya yöresi doğal sedir meşcereleri için çap dağılım modelinin Johnson's S_B Dağılımı ile geliştirilmesi

Burak Baş^a , Ramazan Özçelik^{b,*} 

Özet: Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ekonomik ve ekolojik açıdan Türkiye'deki en önemli asli ağaç türlerinden birisidir. Doğal sedir ormanlarının bugün ve geleceğe dönük yönetim ve planlanması ile ilgili stratejilerinin geliştirilmesinde, bu ormanların büyüme ve hasılatına ilişkin bilgiler son derece önemlidir. Çap dağılımı modelleri, yatay meşcere yapısı hakkında ve birim alandaki hacim, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı gibi her çap sınıfı için bilgilerin elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu bilgiler, meşcereden elde edilecek odun ürününün farklı endüstriyel alanlardaki kullanım yeri ve elde edilmesi muhtemel parasal hasılatın ortaya konmasında önemlidir. Bu çalışmada, Antalya Yöresi doğal sedir meşcerelerinin çap dağılımının ortaya konması amaçlanmıştır. Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, çap dağılımını tanımlamak için, Log-normal, exponential, gama, beta, Weibull ve Johnson's S_B gibi birçok farklı olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılmıştır. Johnson's S_B fonksiyonu, ormancılık araştırmalarında teorik dağılımlara benzedeki esnekliği nedeniyle en çok kullanılan dağılımlardan birisidir. Bu çalışmada, doğal sedir meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesi amacıyla Johnson's S_B dağılım fonksiyonu kullanılmıştır. Bu amaçla, doğal sedir meşcerelerinden 109 adet örnek alan ölçülmüştür. Parametre tahmini için yüzdelik moment metodunu temel alan 3 parametrelilik çözüm yöntemi kullanılmıştır. Yapılan çap tahminleri ile gözlemlenen çap tahminleri arasındaki fark, hata indeksi ve Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiştir. İlgili yörede, Johnson's S_B dağılımı ve parametre tahmini için yüzdelik moment metodunu esas alan 3 parametrelilik çözüm yöntemi kullanılarak doğal sedir meşcerelerinin çap dağılımının gerçeğe yakın şekilde ortaya konabileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Sedir, Çap dağılımı, Hata indeksi, Meşcere yapısı

Development of diameter distribution model for natural cedar stands in Antalya region using Johnson's S_B Distribution

Abstract: Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) forests are economically and ecologically one of the most important forests in Turkey. In this context, knowing the state and limitations of growth and yield of Cedar forests is necessary and important for improving future management and planning strategies. Diameter distribution models are provide information for data about horizontal stand structure and each diameter class: number of trees, basal area, and volume per unit area. These predictions is used to predict volume yield and to forecast the range of products. In this study, diameter distribution models were developed for natural cedar stands in Antalya Region. Many different probability density functions such as log-normal, exponential, gamma, beta, Weibull, and Johnson's S_B have been used to describe diameter distributions. Johnson's S_B function are among the most commonly used in forest research because of their flexibility in mimicking the empirical distributions. In this study, Johnson's S_B distribution was used for modeling diameter distributions of natural cedar stands. For this aim, 109 sample plots measured from natural distribution areas of natural cedar stands. The obtained results from observed and predicted diameter distributions of sample plots were compared using Error index and Kolmogorov-Smirnov Test. The results show good performance of three-parameter recovery method. The major advantage of 3-parameter recovery method relies on the reduced level of input information required.

Keywords: Cedar, Diameter distribution, Error index, Stand structure

1. Giriş

Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich), ülkemiz için ekonomik ve ekolojik açıdan önemli ağaç türlerinden biridir. Tür, doğal yayılış gösterdiği Suriye ve Lübnan'da plansız üretim, aşırı otlama ve yangınlar gibi sebeplerle varlığı neredeyse tükenmiş, yayılış alanı ülkemiz ile sınırlı bir hal almıştır (Boydak, 2003; Boydak, 2007). Bu nedenle, doğal sedir ormanları ülkemiz için, korunması gereken en önemli kültürel miras ve doğal hazine niteliğindedir. Ekolojik açıdan ise; toprak ve su kaynaklarının korunması,

iklim değişiminin olumsuz etkisinin azaltılması ve buna adaptasyon sağlanması ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi önemli çevresel konularda anahtar bir role sahiptir (Fischer vd., 2008). Üstelik, değerli ve çok yönlü kullanıma sahip odunu nedeniyle de önemli bir ekonomik değere sahiptir ve piyasada yüksek miktarda talebe konu olmaktadır. Bu çerçevede, sedir ormanlarının bir taraftan korunması, diğer taraftan da sürdürülebilir yönetimi amacıyla, geleceğe dönük planlama ve stratejilerin oluşturulması için bu ormanların mevcut durumuna, büyüme

✉ ^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta

^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

✉ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): ramazanozcelik@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 05.01.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 07.02.2022



Citation (Atıf): Baş, B., Özçelik, R., 2022. Antalya yöresi doğal sedir meşcereleri için çap dağılım modelinin Johnson's S_B Dağılımı ile geliştirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 21-29.

DOI: 10.18182/tjf.105870

ve gelişme özelliklerine ilişkin güvenilir ve nitelikli bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Büyüme ve hasılat modellerinin en önemli altlıklarından birisi de meşcerelere ilişkin çap dağılımlarıdır (Sakıcı ve Dal, 2021). Orman yöneticileri, ağaç çaplarının büyüklüğü ya da dağılımı yardımı ile ilgili meşcereden elde edilecek odun ürününün farklı endüstriyel alanlardaki kullanım yeri ve farklı ürünlerden elde edilmesi mutemel parasla hasılatın ortaya konabilmesi (Borders vd., 2008; Gorgoso vd., 2012) için bir meşceredeki farklı çap sınıflarındaki ağaçların sayısını tahmin etmek istemektedirler. Diğer yandan çap sınıfları meşcere yapısı, yaş dağılımı, meşcere kuruluşu gibi önemli silvikültürel müdahalelerin planlanması açısından da bilgiler elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Ağaç çapının üretim çalışmalarında da önemli bir faktör olması; üretim çalışmalarında kullanılacak makine tipine ve üretilecek odunun nakliyesine karar verilirken de meşcerelere ilişkin çap dağılımının belirlenmesi gereklidir (Bailey ve Dell, 1973). Yine orman amenajmanı çalışmalarında kullanılmak üzere, biyokütle, karbon veya odundan elde edilebilecek enerjinin her çap sınıfı için tahmini gibi bilgilerin çap dağılımı modelleri yardımı ile kolaylıkla elde edilebileceği belirtilmektedir (Borders vd., 2008). Bankston vd. (2021), meşcerelerin çap dağılımları, bir taraftan farklı yaban hayatı özelliklerine hitap edebilecek meşcere yapıları hakkında bilgi elde edilmesine imkan sağlarken, diğer taraftan da odun üretim faaliyetleri için ilgili meşcereden gelecekte elde edilebilecek ürün miktarı ve bunun farklı ticari standartlara dağılımı (kâğıt üretimi, kereste vb.) hakkında bilgiler elde edilmesine, farklı yönetim ve planlama kararlarının oluşturulmasına da yardımcı olduğunu ifade etmiştir. Sonuç olarak meşcerede çap dağılımının gerçeğe yakın bilinmesi meşcerelere ilişkin büyüme ve hasılat tahminlerinin daha doğru yapılmasına ve dolayısı ile de amenajman planlarının daha tutarlı ve uygulanabilir olmasına yardımcı olacaktır. Ormanların yönetimi konusunda alınan kararlar, kaynakların şimdiki ve gelecekteki durumlarına bağlı olarak şekillenmektedir. Ağacın hacmi ve diğer özellikleri ağacın çapına bağlı olduğundan, çap dağılımı bir meşcerenin özelliklerini iyi bir şekilde karakterize edilmektedir. (Bailey ve Dell, 1973).

Meşcerelere ilişkin çap dağılımlarının modellenmesi amacıyla uzun yıllardır Beta, Log-normal, Johnson's S_B ve Weibull dağılımları gibi çok sayıda ve farklı çap dağılımı modeli kullanılmıştır (Sakıcı ve Dal, 2021). Bu tür modeller çoğunlukla saf meşcerelerde, eşit yaşlı doğal ya da plantasyonlarda yoğun olarak kullanılmıştır. Weibull (Bailey ve Dell, 1973; Borders vd., 1987; Maltamo vd., 1995; Zhang vd., 2003; Palahi vd., 2006; Gorgoso vd., 2007; Palahi vd., 2007; Lei, 2008; Gorgoso vd., 2012; Diamantopoulou vd., 2015) ve Johnson's S_B fonksiyonu (Hafley ve Schreuder, 1977; Parresol, 2003; Scolforo vd., 2003; Fonseca, 2004; Furtado, 2006; Fonseca vd., 2009; Özçelik vd., 2016; Ogana, 2018), diğer modellere göre daha esnek yapıya sahip olmaları nedeniyle ormancılık çalışmalarında yoğun olarak kullanılmıştır.

S_B dağılımı, Johnson (1949) tarafından önerilmiş bir dağılım olup, sahip olduğu özellikleri nedeniyle biyolojik değişkenlerin temsil edilmesinde ya da açıklanmasında diğer modellere göre daha başarılı olmuştur (Parresol, 2003; Özçelik vd., 2016). Bu model, her iki ucuda sınırlandırılmış, diğer dağılımlara göre daha geniş bir dağılım şekli tahmin etmeye yarayacak esnekliğe sahip ve dağılımın şeklini kontrol etmeye izin veren iki adet parametreye sahip bir

modeldir. Yapılan pek çok çalışma, Johnson's S_B dağılımının çap dağılımlarının modellenmesinde diğer modellere göre daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur (Von Gadow, 1983; Tham, 1988; Scolforo ve Thierschi, 1998; Kiviste vd., 2003; Parresol, 2003; Siipilehto ve Siitonen, 2004; Zhang vd., 2003; Fonseca, 2004; Lei, 2008; Fonseca vd., 2009; Mateus ve Tomé, 2011; Özçelik vd., 2016). Johnson's S_B dağılımının parametrelerinin tahmin edilmesi amacıyla farklı parametre tahmin yöntemleri ortaya konmuştur. Yüzdelerik metod, doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modelleri, moment, şartlı maksimum olabilirlik ve Knoebel ve Burkhart metodları (Knoebel ve Burkhart, 1991) bunlar arasında sayılabilir.

Schreuder ve Hafley (1977), Johnson's S_B dağılımının Beta fonksiyonuna; Siipilehto (1999) ve Zhang vd. (2003) ise Weibull dağılımına göre çap dağılımının modellenmesinde daha başarılı olduğu ifade etmiştir. Gorgoso vd. (2012), kuzeybatı İspanyadaki sahil çamı, radiata çamı ve sarıçam meşcerelerinin çap dağılımının modellenmesi amacıyla Weibull, Johnson's S_B ve Beta fonksiyonlarını karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, sahil çamı ve radiata çamı için Beta ve Johnson's S_B dağılımlarının Weibull dağılımına göre, sarıçam için ise Weibull ve Johnson's S_B dağılımlarının Beta dağılımına göre daha başarılı olduğu ortaya konmuştur. Palahi vd. (2007) ise Kuzey-doğu İspanya'nın Katalunya Bölgesinde farklı orman ağacı türlerinden oluşan orman meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek amacıyla Beta, Johnson's S_B , Weibull ve değiştirilmiş Weibull dağılımlarını kullanmış ve elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır. Çap dağılımı modelleri meşcere göğüs yüzeyi ve hektardaki ağaç sayısı kullanarak geliştirmiştir. Çalışma sonucunda, değiştirilmiş Weibull dağılımının meşcere göğüs yüzeyine bağlı olarak çap dağılımının ortaya konmasında diğer modellere göre nispeten daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Ercanlı ve Yavuz (2010), doğu ladini-sarıçam karışık meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesinde, 2 parametrelilik Gamma, 3 parametrelilik Gamma, Beta, Lognormal, Normal, 2 Parametrelilik Weibull, 3 Parametrelilik Weibull ve Johnson S_B fonksiyonları olmak üzere toplam 8 adet olasılık yoğunluk fonksiyonunu kullanmış ve hata indeksi değerlerine göre yapılan karşılaştırmada Doğu ladini için Johnson S_B ve Sarıçam için ise, 3 parametrelilik Weibull fonksiyonunun en başarılı fonksiyonlar olduğunu belirlemiştir. Kahrıman ve Yavuz (2011), sarıçam ile doğu kayını karışık meşcerelerinde çap dağılımının modellenmesi amacıyla; 2 parametrelilik Gamma, 3 Parametrelilik Gamma, Beta, Log-normal, Normal, 2 Parametrelilik Weibull, 3 Parametrelilik Weibull ve Johnson S_B fonksiyonları olmak üzere 8 farklı olasılık yoğunluk fonksiyonunu kullanmıştır. Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının başarı durumları, Rennolds (1998) tarafından geliştirilen hata indeksi kullanılarak karşılaştırılmış ve her iki tür için de 4 parametrelilik Johnson S_B 'nin örnek alanlardaki çap dağılımlarının ortaya konulmasında en uygun fonksiyon olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma ile Antalya Yöresi doğal sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) meşcereleri için çap dağılım modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, biyolojik değişkenlerin temsil edilmesinde ya da açıklanmasında diğer modellere göre daha esnek bir yapıya sahip olması nedeniyle Johnson's S_B dağılımı kullanılmıştır. Model parametrelerinin tahmin edilmesi amacıyla Fonseca vd. (2009) tarafından önerilen yüzdelerik moment metodunu

temel alan 3 parametrelili parametre çözüm (recovery) yaklaşımı kullanılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

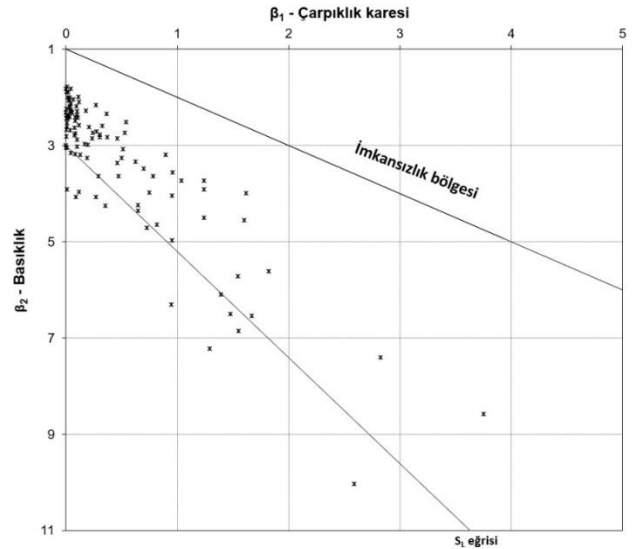
Örnek alan verileri Antalya Yöresi doğal sedir meşcerelerinden toplanmıştır. Bu amaçla, doğal sedir meşcerelerinin yayılış gösterdiği, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Elmalı, Kaş, Akseki Orman İşletme Müdürlüğünden toplam 107 adet örnek alan ölçümü gerçekleştirilmiştir. Örnek alanların seçiminde, yetişme ortamı, meşcere yaşı ve meşcere sıklığı gibi var olan tüm değişkenliğin yansıtılabilmesine özen gösterilmiştir. Örnek alanların büyüklüğü, meşcere sıklığına bağlı olarak 200-3500 m² arasında değişmektedir. Çalışma kapsamında örnek alan içerisindeki tüm ağaçlar numaralandırılmış ve tüm ağaçların 1.30 m yüksekliğindeki çapları ölçülmüştür. Bazı ağaçlarda meşcere ortaya boyunu tahmin etmek amacıyla ağaç boyu Blume-Leiss kullanılarak 0.1 m hassasiyetle ölçülmüştür. Bununla birlikte her örnek alan için bazı meşcere ve dağılım değişkenlerinin ortalamaları hesaplanmıştır. Bunlar; ortalama göğüs çapı (\bar{d}), kareli ortalama göğüs çapı (d_g), hektardaki ağaç sayısı (N), hektardaki göğüs yüzeyi (G), minimum çap (d_{min}), maksimum çap (d_{mak}) ve medyan çap ($d_{0.50}$), vb.. Bütün bu değişkenlere ilişkin nitelendirici istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Tahmin edilen çarpıklık ($\sqrt{b_1}$) değerleri -1.13 ile 2.14 arasında değişirken, tahmin edilen basıklık değerleri ise 1.78 ile 12.83 arasında değişmektedir. Şekil 1'deki grafik iki referans çizgisi ile birlikte tahmin edilen değerleri (β_1, β_2) göstermektedir. β_1 ve β_2 'nin bazı kombinasyonları matematiksel olarak imkansızdır ve $\beta_1 - \beta_2 - 1 = 0$ çizgisinin yukarısındaki bölgede ortaya çıkar. Şekil 1'de 95 ampirik dağılım S_B bölgesinde (bunların bazıları S_L bölgesine oldukça yakındır) ve kalan 12 adedi ise S_U bölgesinde kalmaktadır. Şekil 1, çalışmada kullanılan örnek alanların yaklaşık %10'nuna ilişkin çap dağılımının Johnson's S_B dağılımı yerine başka bir dağılımla ile daha iyi temsil edilebileceğini göstermektedir.

Çizelge 1. Çap dağılımı modeli geliştirmek için kullanılan verilerin meşcere parametreleri ($n = 107$)

| Değişken | Ortalama | Minimum | Maksimum | SD |
|--|----------|---------|----------|-------|
| \bar{d} (cm) | 20.3 | 6.0 | 34.0 | 6.6 |
| d_g (cm) | 21.8 | 6.3 | 35.9 | 6.9 |
| $d_{0.50}$ (cm) | 20.3 | 5.0 | 35.0 | 7.1 |
| d_{min} (cm) | 6.1 | 3.0 | 14.0 | 2.4 |
| d_{mak} (cm) | 38.9 | 12.0 | 60.0 | 10.8 |
| N (ağaç sayısı/örnek alan) | 100.0 | 73.0 | 149.0 | 15.6 |
| G (m ² ha ⁻¹) | 29.9 | 6.2 | 65.6 | 10.6 |
| N (ağaç sayısı/ha) | 1062 | 263 | 5600 | 822 |
| Size (m ²) | 1361.2 | 200.0 | 3500.0 | 717.8 |

\bar{d} , ortalama çap; d_g , kareli ortalama çap; $d_{0.50}$, medyan çap; d_{min} , minimum çap; d_{mak} , maksimum çap; G , göğüs yüzeyi; N , hektardaki ağaç sayısı; SD, standard hata.



Şekil 1. 107 adet ölçülen değerlerin çarpıklık karesi ve basıklık alanındaki (β_1, β_2) dağılımı.

Her bir işaret, tahmini çarpıklık ve basıklık değerleriyle belirlenen bir konuma sahip tek bir dağılımı temsil etmektedir. Üst çizginin üzerindeki alan ($\beta_2 - \beta_1 - 1 = 0$) imkansızlık bölgesini tanımlamaktadır. Alt çizgi S_L dağılımına karşılık gelmekte olup S_B bölgesini (imkansızlık bölgesi ile S_L çizgisi arasındaki alan) S_U bölgesinden (S_L çizgisinin altındaki alan) ayırır.

2.2. Yöntem

Johnson's S_B olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF); Johnson (1949) tarafından geliştirilmiş dağılım sisteminin bir parçasıdır. Johnson tarafından geliştirilen dağılım ailesi S_U, S_L ve S_B sırasıyla, sınırsız değişkenler, bir ucu sınırlı değişkenler ve alt ve üst uçundan sınırlı değişkenler içindir. X değişkeni için PDF S_B olasılık yoğunluk fonksiyonuna uymaktadır ki aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$f(x) = \frac{\delta \lambda}{\sqrt{2\pi} (x - \xi)(\xi + \lambda - x)} \exp\left(-\frac{1}{2} \left[\gamma + \delta \ln\left(\frac{x - \xi}{\xi + \lambda - x}\right) \right]^2\right), x \in (\xi, \xi + \lambda) \quad (1)$$

Burada $\lambda, \delta > 0, -\infty < \xi < \infty, -\infty < \gamma < \infty$. λ parametresi aralığı, ξ parametresi yeri alt aralık olarak temsil etmektedir. δ ve γ parametreleri ise dağılımın biçimini kontrol eden parametrelerdir. $\gamma = 0$ simetriyi ifade etmektedir.

S_B dağılımının sahip olduğu iki özellik, bu dağılımı biyolojik değişkenlerin temsili açısından uygun yapmaktadır. Birincisi, alt sınırı ξ ve üst sınırı $\xi + \lambda$ nedeniyle, S_B olasılık yoğunluk fonksiyonu değişkenlerin kendi fiziksel ve doğal sınırları içerisinde tahmin yapabileceğini sağlamaktadır. İkincisi ise geniş bir dağılım yelpazesi içerisinde iki biçim parametresi ile dağılımın şekli açısından oldukça geniş bir esneklik sağlamaktadır (Fonseca vd., 2009). Johnson's S_B dağılımın parametreleri yüzdelik, maksimum olasılık, moment ve doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon metotları ile tahmin edilebilmektedir. Çoğu yaklaşım dağılım sınırlarından birinin önceden belirlenmesini gerektirir. Büyüme ve hasılat modellerinde çap dağılımı için Johnson's S_B dağılımının ve parametre tahmini için parametre tahmin veya parametre

iyileştirme metodlarının kullanımı sınırlı sayıda olsa da test edilmiştir. Ancak parametre tahminin yöntemi; tahmin edilen meşcere değeri ve dağılımdan elde edilen meşcere değeri arasında bir uyum sağlayamaması ve parametrelerdeki varyasyonun çok küçük bir kısmının meşcere değişkenleri ile açıklanabilmesi gibi bazı önemli dezavantajlara sahiptir. Örneğin, fonksiyonun biçim parametresi yaş ile çok zayıf ilişki göstermektedir. Parametre iyileştirme temelli yaklaşım ile daha başarılı sonuçların elde edildiği ifade edilmektedir (Scolforo vd., 2003).

2.2.1. Üç parametrelili çözüm (recovery) metodu

S_B PDF dağılımını çözmek için genel prosedür dört parametrelili dağılımı iki ya da üç parametrelili dağılıma dönüştürmektedir. Yer ve aralık parametrelerinden bir veya her ikisi örnek verideki ekstrem çap değerlerinin bir fonksiyonu olarak doğrudan tahmin edilebilmektedir. Dağılım modelinin kalan parametreleri ise persentil ya da moment metodu ile çözülebilmektedir. Scolforo vd. (2003), biçim parametrelerini çözmek için bir moment metodu tanımlamıştır. Parresol (2003), aralık ve biçim parametrelerinin eşzamanlı çözümünü için yüzdelik-moment metodu geliştirmiştir. Alternatif olarak, parametre çözüm (recovery) modelleri kullanarak, ortalama meşcere özellikleri doğrudan tahmin edilerek temel çap dağılımının tahmini için kullanılabilir. Parametre çözüm metodu; regresyondan tahmin edilen ve dağılım fonksiyonundan oluşturulan meşcere karakteristikleri arasında uyumu sağlamaktadır. Parametre çözüm (recovery) metodunun uygulanabilmesi için denklem sistemi belirli ağaç karakteristiklerini içermeli ve S_B parametreleri geliştirilmelidir.

Parresol (2003), üç parametrenin çözümünü için yeni bir tahmin yaklaşımı tanımlamıştır. Yöntemde genel olarak çap dağılımının medyan, birinci ve ikinci merkezi olmayan momentleri kullanılarak aralık ve biçim parametreleri için bir parametre çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda, yer parametresi ayrıca tahmin edilmektedir. Parresol (2003), yer parametresi “ ξ ” yi regresyon tekniği kullanarak alt sınır için tesadüfi değişken olarak göğüs çapını kullanarak bulmuştur. Tahmin edilen bu yer parametresi ve Johnson ve Kotz (1970)’de verilen transformasyon kullanılarak, iki biçim ve aralık parametreleri çözülmektedir. S_B olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF) için kapalı form ifadesi olmamasına rağmen şayet tesadüfi değişken $X \sim S_B(\delta, \lambda, \gamma, \delta)$ şeklinde ise, burada X göğüs çapı, sonra

$$z = \gamma + \delta \ln[(x - \xi)/(\xi + \lambda - x)] \sim N(0, 1) \quad (2)$$

yeni bir değişken verilsin,

$$y = (x - \xi)/\lambda \quad (3)$$

denklem 2 kullanılarak aşağıdaki denklem yazılabilir

$$z = \gamma + \delta \ln[y/(1 - y)] \sim N(0, 1) \quad (4)$$

Yeni tesadüfi değişken, Y, X gibi aynı biçim parametrelerine sahip bir dağılımı takip edecektir. Y tesadüfi

değişkeni kullanılarak Johnson S_B için olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$f(y) = \frac{\delta}{y(1-y)\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left[\gamma + \delta \ln\left(\frac{y}{1-y}\right)\right]^2\right), \quad 0 < y < 1 \quad (5)$$

Denklem 4’deki z ’nin düzenlenmesi ile denklem 0’a eşit olacaktır ve γ parametresi için yeniden düzenlendiğinde; biçim parametresi “ γ ” diğer üç parametrenin bir fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\gamma = \delta \ln\left(\frac{1}{y_{0.50}} - 1\right) \quad (6)$$

burada, $y_{0.50}$, Y ’nin medyanıdır ve $y_{0.50} = (d_{medyan} - \xi)$ olarak yazılabilmektedir. Y değişkeni bakımından X^p istatistiksel beklentisi yardımı ile

$$\bar{d} = \xi + \lambda \mu'_1(Y) \quad (7)$$

olarak yazılabilmektedir.

Bu denklem, $Y(\mu'_i, i = 1)$ ’nin ilk merkezi olmayan momentin bir fonksiyonu olarak ağaç çapını (\bar{d}) ifade etmektedir. Halbuki, denklem (5) Y ’nin ilk iki merkezi olmayan momentinin bir fonksiyonu olarak meşcere göğüs yüzeyini ifade etmektedir. N birim alandaki ağaç sayısını ifade etmekte ve k metrekaredeki göğüs yüzeyi için dönüşüm faktörünü ifade etmektedir ($k = \pi/40000$).

$$G = kN\left[\xi^2 + 2\xi\lambda\mu'_1(Y) + \lambda^2\mu'_2(Y)\right] \quad (8)$$

Denklem (6)’daki ilişki, denklem (9)’da yerine konularak, denklem(7) ve (8)’deki γ ’nin eliminasyonu yapılmıştır.

$$\mu'_r(Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} [1 + e^{-(z-\gamma)/\delta}]^{-r} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (9)$$

İki denklemin çözüm sistemi ve iki bilinmeyen parametre doğrusal değildir ve sayısal yöntemle çözülmelidir. G, N ve \bar{d} , medyan çap ($d_{0.5}$) ve yer parametresinin verilen tahminleri ve Denklem 7 ve 8 δ ve λ için denklem sistemi iterasyon ile çözülmelidir. Parametre γ daha sonra Denklem (6)’dan bulunmuştur. Denklem (8) aşağıdaki gibi de yazılabilir.

$$dg^2 = \xi^2 + 2\xi\lambda\mu'_1(Y) + \lambda^2\mu'_2(Y) \quad (10)$$

Denklem (9), Y ’nin ilk iki merkezi olmayan momentinin bir fonksiyonu olarak kareli ortalama çapın (dg)² karesiyle ağaç çaplarının (\bar{d}_G) göğüs yüzeyi dağılımının ortalamasının ürünü olarak ifade edilebilir.

Sonuç olarak daha önce de açıklanmaya çalışıldığı gibi, ξ önceden belirlenmekte, λ ve δ denklem (7) ve (8) kullanılarak iterasyon ile çözülmekte ve daha sonra aralık parametresi γ denklem (6) yardımı ile çözülmektedir. Üç parametrelili çözüm yaklaşımına ilişkin daha fazla ayrıntı Parresol (2003) ve Fonseca vd. (2009)’da bulunabilir.

2.2.2. İstatistiksel değerlendirme

Meşcerelerinin çap dağılımının modellenmesi amacıyla geliştirilen modelinin uygunluğu Kolomogorov-Smirnov (K-S) testi ve Reynolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi (EI) değeri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla Fonseca vd. (2009) ve Özçelik vd. (2016) tarafından önerildiği gibi 5 cm'lik çap sınıfları oluşturulmuştur. Qin vd. (2006), düşük hata indeksi değerinin her çap sınıfındaki göğüs yüzeyinin tahmin edilen ve ölçülen değerleri arasındaki farkın düşük olması anlamına geldiğini belirtmiştir. K-S istatistiği ise, deneysel dağılım ile teorik dağılım arasındaki uyumu ortaya koymak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Küçük K-S değeri, örnekten elde edilen dağılımın topluma uygunluğunun bir göstergesi olduğunu ifade etmektedir (Cao vd., 2010). K-S Testinde; her bir çap basamağı için elde edilen hektardaki birikimli aktüel ağaç sayısı ile Johnson S_B ile tahmin edilen birikimli ağaç sayısı örnek alanın hektardaki ağaç sayısına bölünerek mutlak değeri alınmış ve oransal birikimli frekanslar hesaplanmıştır. Tüm çap sınıfları için hesaplanan oransal birikimli frekanslar içerisinde en yüksek değere sahip olan (Max. Değer) çap sınıfının oransal frekans değeri K-S hesap değeri olarak alınmış ve %95 güven düzeyi için hesaplanan tablo değeri ile karşılaştırılmıştır. Hesap değerinin, tablo değerinden küçük olması durumunda; parametreleri tahmin edilen fonksiyonun, verinin alındığı örnek alanlara uygun olduğu kabul edilmiştir.

Hata indeksi (EI); her çap sınıfı için ve ağırlık fonksiyonu olarak göğüs yüzeyi kullanılarak hesaplanmıştır. Ağırlık fonksiyonu olarak göğüs yüzeyi kullanılmasının en önemli nedeni, göğüs yüzeyinin tam bir değer olarak hesaplanabiliyor olmasıdır. Hacim ya da biyokütle değerleri, kullanılan biyokütle ya da hacim fonksiyonuna bağlı olarak farklı değerler olarak elde edilebilmektedir. Üstelik, ağırlık faktörü olarak göğüs yüzeyinin kullanılması, ağaç boyutlarını temel alan ekonomik farklılıkları da dikkate alabilmek amacıyla, büyük ağaçlarla küçük ağaçlara aynı ağırlık değerinin verilmemesini de sağlamaktadır (Fonseca vd., 2009; Özçelik vd., 2016). Hata indeksi (EI)'ye ilişkin formül aşağıda verilmiştir. Burada, M çap sınıflarının sayısını göstermektedir.

$$EI = \sum_{j=1}^M |G_j - \hat{G}_j| = \sum_{j=1}^M \left| \int_{c_j} \frac{\pi x^2}{4} (\hat{f}(x) - f_{emp}(x)) dx \right| \quad (11)$$

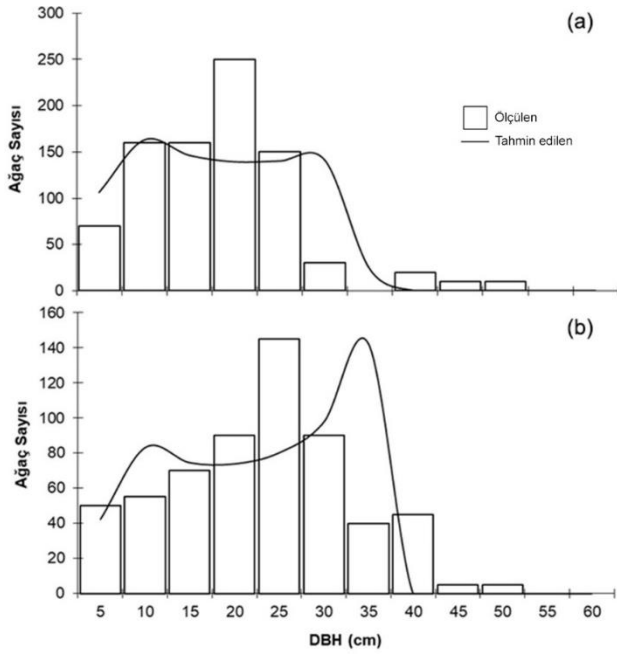
Burada, G_i j . çap sınıfı için gözlemlenen göğüs yüzeyini; \hat{G}_j j . çap sınıfı için tahmin edilen göğüs yüzeyini ifade etmektedir. \hat{f} Johnson S_B dağılımının yoğunluk fonksiyonu Johnson's S_B dağılımının parametre tahminleri, yüzdelik-moment metodunu temel alan parametre çözüm yöntemi ile SAS 9.1 versiyonunda geliştirilen bir program yardımı ile yapılmıştır. Bu program doğrusal olmayan Levenberg-Marquardt (NLPLM) yöntemi ile interaktif matris dili CAPABILITY alt sekmesi yardımı ile gerçekleştirilmiştir (SAS Institute, 2014). Bu programa ilişkin detaylar Parresol vd. (2010)'da bulunabilir.

3. Bulgular ve tartışma

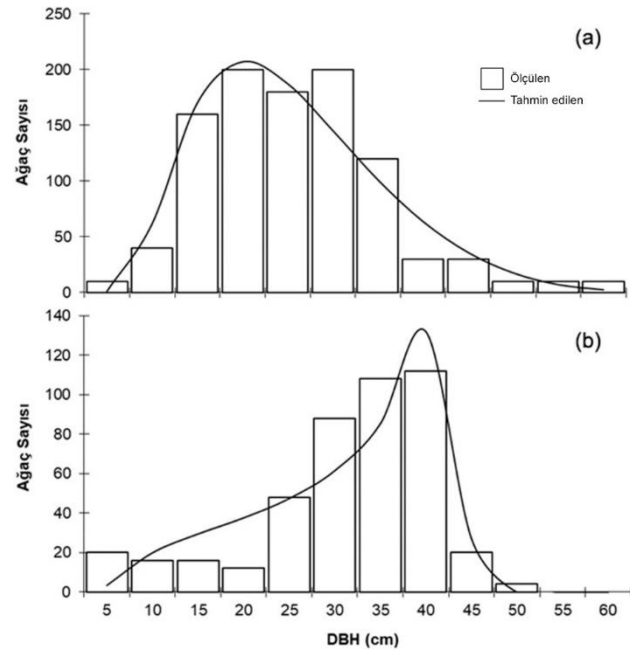
Yüzdelik-moment metodunu temel alan üç parametre çözüm yöntemi kullanılarak 107 örnek alana ilişkin olarak elde edilen parametre tahmin değerlerinin ilk 10 örnek alan için elde edilenleri Çizelge 2'de verilmiştir. Parresol (2003) tarafından geliştirilen üç parametrelili çözüm yöntemi uyarınca, tüm örnek alanlar için dört parametrelili Johnson's S_B dağılımının üç parametresi (aralık (lamda) ve biçim parametreleri (gama ve delta) tahmin edilmiştir. Çizelge 2'deki örneklerde olduğu gibi, hemen hemen tüm örnek alanlara ilişkin L1-norm değerleri oldukça küçüktür. Delta değerinin (δ) < 0.7'den küçük olması genellikle iki modlu dağılımı işaret etmektedir. 107 örnek alana ilişkin δ değerleri yarısı 0.7 değerinden küçüktür. Şekil 2'de 13 ve 14 nolu örnek alanlara ilişkin olarak Johnson's S_B dağılımı ile elde edilen deneysel dağılım ve gözlemlenen dağılımlar verilmiştir. Şekil 2'den de görüleceği gibi, her iki örnek alan içinde deneysel dağılım iki modludur ve bu iki örnek alan içinde δ değerleri 0.7'den daha küçüktür. Diğer yandan 14 nolu örnek alana ilişkin $\delta=0.6$ ve $\gamma=0.07$ 'dir. Bu durum hafifçe sağa çarpık iki modlu dağılıma örnektir. 27 nolu örnek alana ilişkin delta ve gama değerleri sırasıyla $\delta=0.58$ ve $\gamma=-0.62$ ve sola çarpık çift modlu bir dağılımı göstermektedir (Şekil 3). Sonuç olarak delta ve gama değerlerine göre dağılımın sola ya da sağa çarpıklığı konusunda yorumlar yapılabilmektedir. Diğer yandan 15 nolu örnek alandaki durum tipik bir sağa çarpık durumu ve 34 nolu örnek alandaki durum ise, sola çarpık bir dağılımı göstermektedir (Şekil 4).

Çizelge 2. Bazı örnek alanlar için Johnson's S_B dağılımı için parametre tahminleri

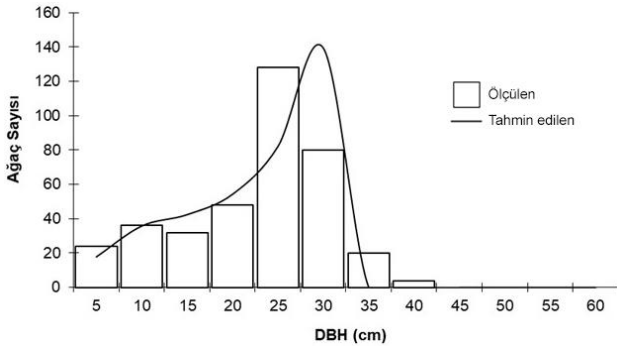
| Örnek alan no | XI | Lamda (λ) | Gama (γ) | Delta (δ) | L1_Norm | Çözüm | RC |
|---------------|----|---------------------|-------------------|--------------------|-------------|-------|----|
| 1 | 4 | 37.11119 | 0.263417 | 0.950228 | 5.98164E-07 | EVET | 3 |
| 2 | 4 | 13.37115 | -0.04661 | 0.495119 | 1.37226E-06 | EVET | 3 |
| 3 | 4 | 29.53557 | 0.062547 | 0.600986 | 2.91155E-09 | EVET | 3 |
| 4 | 4 | 14.79445 | 0.562007 | 0.835851 | 7.81131E-08 | EVET | 3 |
| 5 | 4 | 20.36896 | 0.553039 | 1.26917 | 2.67045E-09 | EVET | 3 |
| 6 | 4 | 90.24 | 4.615921 | 1.218914 | 0.147894978 | EVET | 3 |
| 7 | 4 | 19.99523 | 0.25551 | 0.412998 | 1.88827E-11 | EVET | 3 |
| 8 | 2 | 23.32519 | 0.681581 | 1.048495 | 1.23774E-09 | EVET | 3 |
| 9 | 4 | 38.3172 | 1.220806 | 0.916333 | 3.31486E-11 | EVET | 3 |
| 10 | 7 | 31.46498 | 0.066653 | 0.715275 | 7.65562E-07 | EVET | 3 |



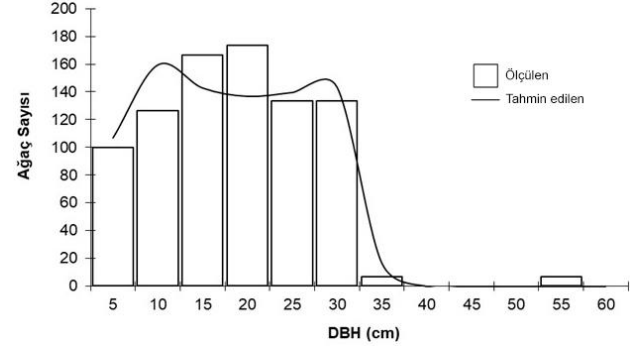
Şekil 2. 13 (a) ve 14 (b) nolu örnek alan ilişkin gözlemlenen ve tahmin edilen çap dağılımlarının karşılaştırılması



Şekil 4. 15 (a) ve 34 (b) nolu örnek alanlara ilişkin sırasıyla sağa ve sola çarpık tek modlu dağılımlara ilişkin örnekler



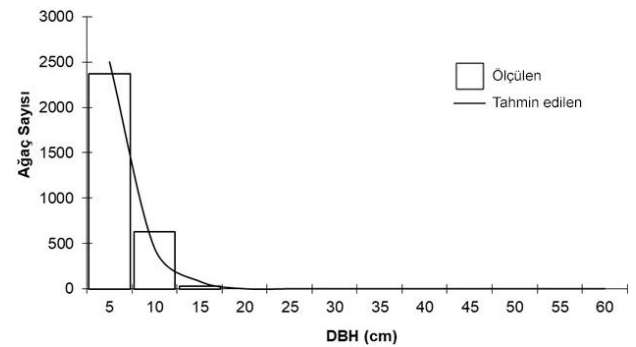
Şekil 3. 27 nolu örnek alana ilişkin deneysel dağılım çift modlu sola çarpık bir dağılım örneği



Şekil 5. 3 nolu örnek alanlara ilişkin tahmin edilen ve gözlemlenen çap dağılımları arasındaki ilişkiler

Şekil 5'te ise diğer bir çift tepeli dağılıma örnek verilmiştir. Burada örnek alan 3'e ilişkin dağılımın şekli görülmektedir. Johnson's S_B dağılımı yardımıyla elde edilen tahmini dağılımda tepe değerleri 10 cm ve 30 cm'de iken gözlemlenen dağılımda tepe değerleri 15 cm ve 20 cm'dir. Gözlemlenen dağılım ile tahmin edilen dağılım arasında kısmen farklılıklar olsa da Johnson's S_B dağılımı ile başarılı bir çap dağılımının ortaya konduğu görülmektedir. Parresol vd. (2010) tarafından da ifade edildiği gibi bu tip dağılımların Weibull ve Log-normal gibi dağılım fonksiyonları ile ortaya konması mümkün olamamaktadır.

Şekil 6'da ise örnek alan 23'e ilişkin olarak gözlemlenen çap dağılımı ile tahmin edilen çap dağılımı arasında oldukça iyi bir eşleşme görülmektedir. Ters J şeklindeki bu dağılım tipi genel olarak değişik yaşlı meşcerelere özgü bir durumdur.



Şekil 6. 23 nolu örnek alana ilişkin olarak tahmin edilen ve gözlemlenen çap dağılımları arasındaki ilişki

Şekil 7'de ise gözlemlenen ile tahmin edilen dağılımlar arasında oldukça yüksek bir başarımın olduğu görülmektedir. Bu dağılımda tek modlu ve uniform bir dağılım şekli görülmektedir.

Bununla birlikte Johnson's S_B dağılımı ile bazı örnek alanlar için başarısız tahminler yapıldığı da görülebilmektedir. Örnek alan 14 için Johnson's S_B dağılımı ile elde edilen tahmini dağılım ile gözlemlenen dağılım arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Örnek alanlara ilişkin olarak elde edilen EI değerleri incelendiğinde bu örnek alanlara ilişkin EI değerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 8).

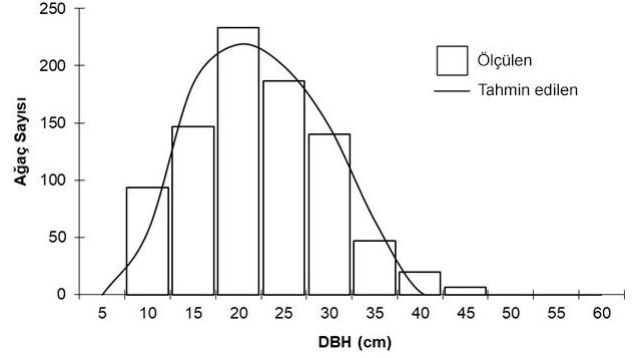
Çizelge 3'te 3 parametrelî çözüm metodu ve Johnson's S_B dağılımı ile bazı örnek alanlara ilişkin olarak elde edilen hata indeksi (EI) değerleri verilmiştir. 107 örnek alana ilişkin EI değerleri 1.53-25.82 arasında değişmekte olup, en yüksek hata indeksi değeri 25.82, en küçük hata indeksi değeri 1.53 ve ortalama hata indeksi değeri 11.10 ve medyan değeri 11.19 olarak elde edilmiştir. Diğer yandan Kolomogorov-Smirnov testi (K-S) ile gerçekleştirilen istatistiksel uygunluk analizi sonucunda, Johnson's S_B dağılımı kullanılarak elde edilen dağılımın, verilerin alındığı örnek alanlara uygun olduğu görülmüştür.

Şekil 9'un incelenmesinden de görüleceği gibi, örnek alanlara ilişkin hata dağılımı değerleri çoğunlukla 5-15 arasında değişmekte olup, bu sonuçlar ve grafiksel olarak da tahmin edilen ve gözlemlenen çap dağılımları arasındaki ilişkiler incelendiğinde Johnson's S_B dağılımı ile doğal sedir meşcereleri için oldukça başarılı çap dağılımı tahminleri yapılabildiğini göstermektedir.

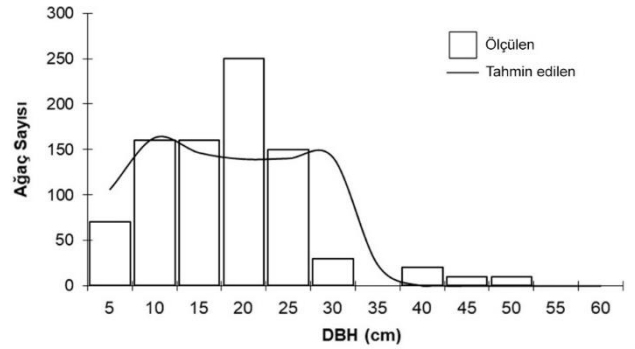
Şekil 10'da ise Johnson's S_B dağılımı kullanılarak doğal sedir meşcereleri için elde edilen hata indeksi değerlerinin sıklık dağılımı verilmiştir. Genel olarak örnek alanların önemli bir kısmının EI değerlerinin 10'dan küçük (51 örnek alan) ve en fazla elde edilen EI değerlerinin 6 ve 8 olduğu görülmektedir.

Çizelge 3 Örnek alanlara ilişkin K-S Testi ve Hata İndeksi değerleri

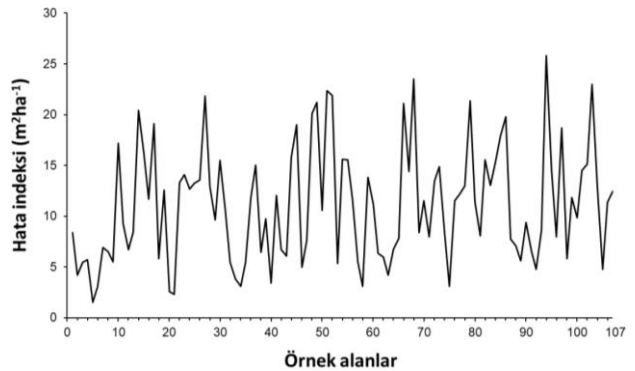
| Örnek alan no | K-S Max | Önem düzeyi | Hata indeksi |
|---------------|---------|-------------|--------------|
| 1 | 0.065 | NS | 8.38 |
| 2 | 0.051 | NS | 4.19 |
| 3 | 0.047 | NS | 5.45 |
| 4 | 0.050 | NS | 5.74 |
| 5 | 0.030 | NS | 1.53 |
| 6 | 0.056 | NS | 3.07 |
| 7 | 0.041 | NS | 6.94 |
| 8 | 0.093 | NS | 6.49 |
| 9 | 0.045 | NS | 5.49 |
| 10 | 0.060 | NS | 17.17 |



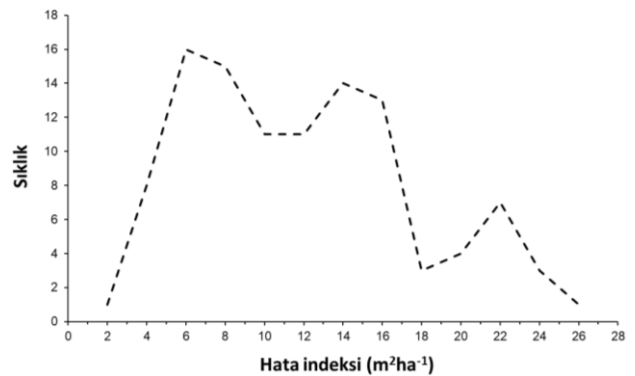
Şekil 7. 61 nolu örnek alanlara ilişkin olarak tahmin edilen ve gözlemlenen ve uyumlu bir uniform bir dağılım



Şekil 8. 14 nolu örnek alana ilişkin olarak tahmin edilen ve gözlemlenen çap dağılımları



Şekil 9. Örnek alanlara ilişkin hata indeksi değerlerinin dağılımı



Şekil 10. Örnek alanlara ilişkin hata indeksi değerlerinin sıklık dağılımı

4. Sonuç ve öneriler

Ormanların büyüme ve hasılatına ilişkin tahminlerde kullanılan en önemli yapı taşlarından birisi, çap dağılım modelleridir. Ağaç sayılarının çap basamaklarına dağılımı, amenajman planlarının düzenlenmesine temel olan büyüme ve hasılat modelleri, orman ürünleri endüstrisinin geleceğe dönük projeksiyonlarının yapılması, biyokütle ve karbon birikim miktarının hesaplanması için kullanılan önemli bir meşcere parametresidir. Bu nedenle, her ağaç türü ve bu türün yayılış gösterdiği farklı yetişme ortamı koşulları için meşcerelerin çap dağılım modellerinin geliştirilmesi bilimsel ve uygulamalı ormancılık çalışmaları için gereklidir.

Bu çalışmada; Antalya Yöresi doğal sedir meşcereleri için çap dağılım modeli geliştirilmiştir. Bu amaçla Johnson's S_B dağılımı ve parametre tahmini amacıyla da yüzdelik (Percentile)-moment metodunu temel alan 3 parametrelili çözüm (Recovery) yöntemi kullanılmıştır. Fonseca vd. (2009) ve Özçelik vd. (2016) tarafından da belirtildiği gibi, bu dağılım sahip olduğu iki biçim parametresi nedeniyle çok farklı dağılım şekillerinin modellenmesine imkan vermesi ve biyolojik değişkenlerin daha iyi temsil edilmesine imkan sağlaması nedeniyle tercih edilmiştir.

Doğal sedir meşcerelerinin çap dağılımının modellenmesi amacıyla Elmalı, Kaş, Akseki ve Finike Orman İşletmelerinden örnek alanlar alınmıştır. Çalışma kapsamında Johnson's S_B dağılımı yardımı ile ortaya konan tahmini çap dağılımı değerleri ile ölçülen çap dağılımı değerleri Kolmogorov-Smirnov Testi (K-S) ve Hata indeksi değerleri yardımı ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla 5 cm genişlikte çap sınıfları oluşturulmuştur. Hata indeksi değerleri hesaplanırken tam bir değer olarak hesaplanabilmesi ve ağaçlar arasındaki boyutsal farklılıkları dikkate alması nedeniyle göğüs yüzeyi ağırlık fonksiyonu olarak kullanılmıştır (Fonseca vd., 2009; Özçelik vd., 2016).

Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda Johnson's S_B dağılımı yardımı ile Antalya Yöresi doğal sedir meşcerelerinin çap dağılımının oldukça başarılı bir şekilde ortaya konabildiği görülmüştür. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bazı meşcerelerin çap dağılımının iki modlu, bazılarının tek modlu ve bazılarında sağa ya da sola çarpık dağılım durumları ortaya çıkmıştır. Ancak, Johnson's S_B dağılımı sahip olduğu özellikleri nedeniyle tüm bu dağılımların tanımlanmasında oldukça başarılı olmuştur.

Johnson's S_B dağılımının parametre çözüm yaklaşımı ile parametrelerinin tahmin edilmesinin sağladığı en önemli avantajı, büyüme ve hasılat modellerinde geleceğe ilişkin çap dağılımlarının tahmin edilmesine imkan vermesidir. Halbuki maksimum olabilirlik metodu doğrudan bu amaçla kullanılamamaktadır.

Sonuç olarak, Antalya Yöresi doğal sedir ormanları uzun yıllar yaşanan tahribatlar nedeniyle oldukça farklı meşcere yapılarına sahiptir. Bu durum, Sedir ormanlarının sürdürülebilir yönetimi için büyüme ve hasılat modellerinin en önemlilerinden biri olan ve meşcere yapılarının ortaya konmasında kullanılan çap dağılım modellerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bolat (2014) tarafından belirtildiği gibi, ülkemiz ormanları, çok farklı ağaç türleri ve yetişme ortamı koşulları ile birlikte oldukça farklı meşcere yapılarına ve çap dağılım dinamiklerine sahip olup, özellikle ülkemiz ormanlarını oluşturan ağaç türlerimiz ve meşcere

kuruluşları için başarılı ve etkin çap dağılım modellerinin geliştirilmesi için çap dağılımlarını en iyi temsil eden parametre tahmin yöntemlerinin belirlenmesi büyük bir önem arz etmektedir. Farklı meşcere yapılarından oluşan ormanlarımızın çap dağılımlarının modellenmesinde, en önemli eksiklik olarak, farklı yetişme ortamlarında gelişim gösteren çeşitli ağaç türlerinin oluşturduğu meşcere yapıları için, çap dağılımlarını en iyi temsil eden parametre tahmin yöntemleri belirlenmemesi gerekmektedir.

Bu çalışma ile Antalya Yöresi doğal sedir meşcerelerinin çok değişkenlik gösteren meşcere yapılarının yüzdelik moment yaklaşımını temel alan parametre çözüm yöntemi ve Johnson's S_B dağılım fonksiyonu yardımı ile başarılı bir şekilde ortaya konabileceği ve bu meşcere yapılarını temel alan planlama ve yönetim alternatiflerinin oluşturulabileceği görülmüştür.

Açıklama

Bu çalışmada kullanılan veriler, SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmekte olan BAP-4753-YL1-16 no'lu "Antalya Yöresi Doğal Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Meşcerelerinin Çap Dağılımının Johnson's S_B Dağılımı Kullanılarak Modellenmesi" isimli proje çalışmasında elde edilmiştir

Kaynaklar

- Bailey, R.L., Dell, T., 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Sciences*, 19(2): 97-104.
- Bankston, J.B., Sabatia, C.O., Poudel, K.P., 2021. Effects of sample plot size and prediction models on diameter distribution recovery. *Forest Science*, 67(3): 245-255.
- Bolat, I., 2014. The effect of thinning on microbial biomass C, N and basal respiration in black pine forest soils in Mudurnu, Turkey. *European Journal of Forest Research*, 133(1): 131-139.
- Borders, B.E., Souter, R., Bailey, R., Ware, K., 1987. Percentile-based distributions characterize forest stand tables. *Forest Sciences*, 33(2): 570-576.
- Borders, B.E., Wang, M., Zhao, D., 2008. Problems of scaling plantation plot diameter distributions to stand level. *Forest Sciences*, 54(3): 349-355.
- Boydak, M., 2003. Regeneration of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) on karstic lands in Turkey. *Forest ecology and Management*, 178(3): 231-243.
- Boydak, M., 20014. Toros sedirinin ekolojisi, doğal gençleştirilmesi ve bu türle karstik alan ağaçlandırmaları. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta, s. 1-25.
- Cao, Q.V., Yao, F., Qinglin, W., 2010. Effect of sample size on characterization of wood-particle length distribution. *Wood and Fiber Science*, 42(1): 46-50.
- Diamantopoulou, M.J., Özçelik, R., Crecente-Campo, F., Eler, Ü., 2015. Estimation of Weibull function parameters for modelling tree diameter distribution using least squares and artificial neural networks methods. *Biosystems Engineering*, 133: 33-45.
- Ercanlı, İ., Yavuz, H., 2010. The probability density functions to diameter distributions for oriental spruce and Scots pine mixed stands. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10(1): 68-83.
- Fischer, R., Lorenz, M., Köhl, M., Becher, G., Granke, O., Christou, A., 2008. The conditions of Forests in Europe: 2008 executive report. United Nations Economic Commission for Europe, Convention on Long-range Trans boundary Air Pollution, International Co-operative Programme on Assessment And Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests), 23 p.

- Fonseca, T.F., 2004. Modelação do crescimento, mortalidade e distribuição, do pinhal bravo no Vale do Tamega. Ph.D. dissertation, Univ. of Trás-os-Montese e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
- Fonseca, T.F., Marques., C.P., Parresol., B.R., 2009. Describing Maritime pine diameter distributions with Johnson's S_B distribution using a new all-parameter recovery approach. *Forest Sciences*, 55(4): 367-373.
- Furtado, A.X., 2006. Modelação da estrutura dinâmica de povoamentos de *Eucalyptus globulus* em primeira rotação. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisbon.
- Gorgoso, J., González, J.Á., Rojo., A., Grandas-Arias., J., 2007. Modelling diameter distributions of *Betula alba* L. stands in northwest Spain with the two-parameter Weibull function. *Forest Systems*, 16(2): 113-123.
- Gorgoso, J., Rojo, A., Cámara-Obregón., A., Diéguez-Aranda., U., 2012. A comparison of estimation methods for fitting Weibull, Johnson's SB and beta functions to *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* and *Pinus sylvestris* stands in northwest Spain. *Forest Systems*, 21(3): 446-459.
- Hafley, W., Schreuder., H., 1977. Statistical distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 7(3): 481-487.
- Johnson, N.L., 1949. Systems of frequency curves generated by methods of translation. *Biometrika*, 36(1-2): 149-176.
- Johnson, N.L., Kotz., S., 1970. *Continuous Univariate Distributions*. Vol. 1. John Wiley & Sons, New York, NY.
- Kahriman, A., Yavuz, H. 2011. Sariçam (*Pinus sylvestris* L.)-Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerinde çap dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları ile belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (2): 109-125.
- Kiviste, A., Nilson, A., Hordo., M., Merenäkk., M., 2003. Diameter distribution models and height-diameter equations for Estonian forests. In: *Modelling Forest Systems* (Ed: Amaro, A., Reed, D., Soares, P.), CABI Publishing, Portugal, pp. 169-179.
- Knoebel, B.R., Burkhart, H.E., 1991. A bivariate distribution approach to modeling forest diameter distributions at two points in time. *Biometrics*, 47: 241-253.
- Lei, Y., 2008. Evaluation of three methods for estimating the Weibull distribution parameters of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*). *Journal of Forest Science*, 54(12): 566-571.
- Maltamo, M., Puumalainen., J., Päivinen., R., 1995. Comparison of beta and Weibull functions for modelling basal area diameter distribution in stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10(1-4):284-295.
- Mateus, A., Tomé., M., 2011. Modelling the diameter distribution of eucalyptus plantations with Johnson's S B probability density function: parameters recovery from a compatible system of equations to predict stand variables. *Annals of Forest Science*, 68(2):325-335.
- Ogana, F.N., 2018. Evaluation of four methods of fitting Johnson's S_{BB} for height and volume predictions. *Journal of Forest Science*, 64(4): 187-197.
- Özçelik, R., Fidalgo Fonseca, T. J., Parresol, B.R., Eler, Ü., 2016. Modeling the Diameter Distributions of Brutian Pine Stands Using Johnson's SB Distribution. *Forest Science*, 62(6): 587-593.
- Palahí, M., Pukkala, T., Blasco., E., Trasobares., A., 2007. Comparison of beta, Johnson's SB, Weibull and truncated Weibull functions for modeling the diameter distribution of forest stands in Catalonia (north-east of Spain). *European Journal of Forest Research*, 126(4): 563-571.
- Palahí, M., Pukkala., T., Trasobares., A., 2006. Modelling the diameter distribution of *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* and *Pinus halepensis* forest stands in Catalonia using the truncated Weibull function. *Forestry*, 79(5): 553-562.
- Parresol, B.R., 2003. Recovering parameters of Johnson's S_B distribution. *US For. Serv. Res. Paper SRS-31*, 9 .
- Parresol, B.R., Fonseca., T.F., Marques., C.P., 2010. Numerical details and SAS programs for parameter recovery of the S_B distribution. *US For. Serv. Gen. Tech. Rep. SRS-122*. USDA, USA.
- Qin, J., Cao, Q.V., Blouin, D.C., 2006. Projection of a diameter distribution through time. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(1): 188-194.
- Reynolds, M.R., Burk, T.E., Huang., W.C., 1988. Goodness-of-fit tests and model selection procedures for diameter distribution models. *Forest Sciences*, 34(2): 373-399.
- Sakıcı, O.E., Dal, E., 2021. Kastamonu yöresi sarıçam meşcereleri için çap dağılımlarının modellenmesi ve çeşitli meşcere özellikleri ile ilişkilerinin belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(3): 1026-1041. DOI: 10.24011/barofd.1015603
- SAS Institute Inc., 2014. *SAS/OR(R) 9.2 User's Guide: Mathematical Programming*. <<http://support.sas.com/documentation/cdl/en/ormpug/59679/H/TML/default/viewer.htm#optmodel.htm>, Accessed: May 2014.
- Schreuder, H.T., Hafley., W.L., 1977. A useful bivariate distribution for describing stand structure of tree heights and diameters. *Biometrics*, 33: 471-478.
- Scolforo, J.R.S., Tabai, F.C.V., de Macedo, R.L.S.G., Acerbi., F.W., de Assis., A.L., 2003. S B distribution's accuracy to represent the diameter distribution of *Pinus taeda*, through five fitting methods. *Forest Ecology and Management*, 175(1): 489-496.
- Scolforo, J.R.S., Thierschi., A., 1998. Estimativas e testes da distribuição de frequência diamétrica para *Eucalyptus camaldulensis*, através da distribuição S_B De Johnson, por diferentes métodos de ajuste. *Scientia Forestalis*, 54(1): 93-106.
- Siipilehto, J., 1999. Improving the accuracy of predicted basal-area diameter distribution in advanced stands by determining stem number. *Silva Fennica*, 33(4): 281-301.
- Siipilehto, J., Siitonen., J., 2004. Degree of previous cutting in explaining the differences in diameter distributions between mature managed and natural Norway spruce forests. *Silva Fennica*, 38(4): 425-435.
- Tham, A., 1988. Estimate and test frequency distributions with the Johnson S_B Function from stand parameters in young mixed stands after different thinning treatments. P.255-262 in *Forest growth modeling and prediction: Proc. IUFRO Conference*. US For. Serv. Gen. Tech. Rep. NC-120. North Central Forest Experiment Station, Minneapolis, MN.
- Von Gadow, K., 1983. The Development of Diameter Distributions in Unthinned Stands of *Pinus radiata*. *South African Forestry Journal*, 124(1): 63-67.
- Zhang, L., Packard., K.C., Liu., C., 2003. A comparison of estimation methods for fitting Weibull and Johnson's SB distributions to mixed spruce fir stands in northeastern North America. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(7): 1340-1347.

Neodiprion sertifer (Geoffroy, 1785) (Hymenoptera: Diprionidae) salgınının kızılçamda çap artımı üzerine etkisi

Mustafa Avcı^a , Zeynep Eda Akıncı^a , Şükran Oğuzoğlu^{a,*} 

Özet: Çam yaprak arısı *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785) (Hymenoptera: Diprionidae) dünya genelinde Asya ve Avrupa kıtalarında doğal, Kuzey Amerika'da istilacı bir tür olarak yayılış yapan önemli bir çam zararlısıdır. Bu çalışmada Afyonkarahisar ili, Başmakçı ilçesi, Sarıköy kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarında 2005 yılında çam yaprak arısının yaptığı salgının ağaçlarda çap artımı üzerine etkileri ortaya konulmuştur. Böcek zararına uğrayan ve uğramayan ağaçlardan alınan artım kalemlerinden 2000-2014 dönemine ait yıllık halka genişlikleri değerlendirilmiştir. Böceğin zarar yaptığı ağaçlarda 2005 yılında 2004 yılına göre %42,7, zarar yapmadığı ağaçlarda %20,8 çap artımında azalma tespit edilmiştir. Zarar gören ağaçlarda 2006 yılında 2005 yılına göre %7,1'lik azalma devam ederken, zarar görmeyen ağaçlarda %9,7'lik artış olmuştur. Zarara maruz kalan ağaçlarda 2007 yılında 2006 yılına göre %53,8'lik bir artış görülürken, kalmayan ağaçlarda %24,5 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Zarar gören ağaçlarda 2004 yılı ile zararın olduğu 2005 ve onu takip eden 2006 yılında ortalama yıllık halka genişliklerinde istatistiki olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Böceğin zarar yaptığı ağaçlarda 2005 ve 2006 yıllarında çap artımı üzerinde yağış ve kuraklığın etkisi incelenmiştir. Ağaçlarda meydana gelen çap artımındaki düşüşün böcek kaynaklı olduğu, yağış ve kuraklığın etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Çam yaprak arısı, Zarar, Çap artımı, *Pinus brutia*

The effect of the epidemic of *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785) (Hymenoptera: Diprionidae) on diameter increment in Brutian pine

Abstract: *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785) (Hymenoptera: Diprionidae) is an important pine insect that is distributed naturally in Asian and European continents and as an invasive species in North America. In this study, the effects of the outbreak caused by pine sawfly on the diameter increment of trees in 2005 in Sarıköy brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) forests situated in the province of Afyonkarahisar, district of Başmakçı were determined. The annual ring widths for 2000-2014 were evaluated in the increment cores taken from the trees that were damaged and not damaged by insects. Diameter increment was found to decrease by 42.7% in trees that were damaged by the insects and by 20.8% in the trees that were not damaged in 2005 compared to 2004. While a decrease of 7.1% persisted in the damaged trees in 2006 compared to 2005, while there was an increase of 9.7% in the undamaged trees. The damaged trees had an increase of 53.8% in 2007 compared to 2006 while a decline of 25.5% was found in the undamaged trees. A statistically significant difference was found in the mean annual ring widths of the damaged trees between 2004 and 2005 when the damage occurred and the following year, 2006 ($p<0,05$). The effects of precipitation and drought on the diameter increase in the trees damaged by the insect were investigated in 2005 and 2006. It was concluded that the decline in the diameter increment of the trees was related to the insects whereas precipitation and drought did not have any impact.

Keywords: Pine sawfly, Damage, Diameter increment, Brutian pine

1. Giriş

Türkiye'nin 22.933.000 hektar orman alanının 5.215.292 hektarını (%22,74) kızılçam ormanları oluşturmaktadır (OGM, 2021). Ülke genelinde toplam kızılçam serveti 323.286.041 m³, kızılçam ormanlarının yıllık artımı 10.185.229 m³/yıldır (TOD, 2019). Kızılçam iyi yetişme ortamında (I. bonitet) 11,4 m³/ha/yıl (Erkan, 1996), ağaçlandırma alanlarında 15,4 m³/ha/yıl artım yapmaktadır (Usta, 1991). Ülkemizde ihtiyaç duyulan odun hammaddesine olan talebin karşılanmasında oldukça önemli bir doğal kaynak durumundadır. Kızılçam ormanları başta

yangınlar ve böcekler olmak üzere çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlerin baskısı altındadır.

Çam yaprak arısı *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785) (Hymenoptera: Diprionidae) hemen hemen Avrupa'nın tamamı ile Asya ve Kuzey Amerika'da çam ormanlarında geniş alanlarda sık sık önemli zararlara yol açan bir ibre zararlısıdır (Virtanen vd., 1996). *N. sertifer*'in Türkiye'de yayılış gösterdiği Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz Bölgelerinde konukçusu kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*P. nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ormanlarında tüm yaş sınıflarında görülmektedir (Baş, 1973; Tosun, 1975; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; Şimşek ve Kondur, 2006; Aksu, 2010; Akıncı ve Avcı,

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): sukranoguzoglu@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 15.12.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 10.03.2022



Citation (Atf): Avcı, M., Akıncı, Z.E., Oğuzoğlu, Ş., 2022. *Neodiprion sertifer* (Geoffroy, 1785) (Hymenoptera: Diprionidae) salgınının kızılçamda çap artımı üzerine etkisi. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 30-37. DOI: [10.18182/tjf.1036924](https://doi.org/10.18182/tjf.1036924)

2016). *N. sertifer*'in Göller Bölgesi'nde özellikle bonitetin düşük olduğu kızılçam plantasyon sahalarında yaygın olduğu ve yılda bir döl verdiği bildirilmektedir. Bu türün kışı yumurta döneminde geçirdiği, larvaların mart sonu ile nisan ayı başından itibaren yumurtadan çıkmaya başladığı belirlenmiştir. Mayıs ayı ortasından itibaren ibreler arasında ve toprak içinde pupa olmaya başladığı ve sonbahara kadar pupa döneminin devam ettiği, erginlerin uçuş zamanının eylül sonunda başladığı ve aralık ayı başına kadar sürdüğü tespit edilmiştir (Avcı, 2007; Sarı, 2008; Akıncı ve Avcı, 2016).

Neodiprion sertifer'in salgınları ağaçların artım ve büyümesi üzerinde önemli derecede olumsuz etki ederek ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Avrupa'nın kuzeyinde özellikle Finlandiya'da sarıçam ormanlarında *Diprion pini* (L.) ile birlikte çok geniş alanlarda salgınları görülmektedir (Lyytikäinen-Saarenmaa ve Tomppo, 2002). Salgınların çoğunlukla 20-30 yıl aralıklarla büyük alanlarda özellikle bonitetin düşük olduğu genç meşcerelerde gerçekleştiği, bunun yanı sıra her yıl lokal olarak da salgınların meydana geldiği belirlenmiştir (Lyytikäinen-Saarenmaa vd., 2006). *N. sertifer* genellikle doğrudan ağaç ölümüne neden olacak kadar zarar vermese de ağacın ekosistemdeki diğer biyotik ve abiyotik zararlı faktörlere karşı koyma gücünü azaltmak suretiyle, ağacın ölümüne giden yolu açan organizma olarak rol oynayabilmektedir (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; Akıncı ve Avcı, 2016).

Böcek türlerinin yeryüzündeki yayılışı ve popülasyonlarının dağılımında iklim parametrelerinin ve özellikle sıcaklık ve nemin etkisi önemli olmaktadır (Pureswaran vd., 2018). Kuraklık ve yetiştirme ortamında görülen bozulmalardan etkilenen ormanlarda böcek salgınlarının artması daha geniş alanlarda ağaçların zarar görmesine, artım ve büyüme kayıplarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Colbert ve Fekedulegn, 2001; Avcı ve Carus, 2005; Carus ve Avcı, 2005; Çatal, 2011). Çam ormanlarında yaprak zararlısı böcek salgınlarının artması kurak geçen dönemlerde ve özellikle düşük boniteli sahalarda büyük oranda ibre kaybının yaşanmasına neden olmaktadır (Larsson ve Tenow, 1984). Bu yaklaşımla *N. sertifer*'in Afyonkarahisar ili, Başmakçı ilçesi, Sarıköy kızılçam ormanlarında, 2005 yılında yaptığı epideminin çap artımı üzerine etkisini ortaya koymak amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1 Araştırma alanının tanıtımı

Araştırmaya konu olan *Neodiprion sertifer*'in 2005 yılında Afyonkarahisar ili, Başmakçı ilçesi, Sarıköy kızılçam ormanlarındaki salgınına ait veriler Isparta Orman Bölge Müdürlüğü kayıtlarından elde edilmiştir. Saha, Dinar Orman İşletme Müdürlüğü, Başmakçı Orman İşletme Şefliği sınırları içinde kalmaktadır (Koordinat: 37°54'38"K, 30°6'26"D). Salgın alanı Şefliğin 2011-2020 dönemine ait planında 37 ve 39 numaralı bölmelerinde olup Çzb3 ve Çzbc3 meşcere tipindedir. Ağaçlandırma yoluyla tesis

edilmiş bu sahada, ağaçların ortalama 25 yaşında, çaplarının 18-26 cm ve boylarının 4,5-8,0 m arasında olduğu belirlenmiştir. Sahanın yükseltisi 1156-1198 m olup Sarıköy'e uzaklığı 1,0-1,5 km arasındadır (Şekil 1). Arazi genel olarak güney bakıda olup, kuru dere vadileri ile birbirinden ayrılmıştır. Arazinin eğimi %20-30 arasında değişmektedir. Salgın alanının bulunduğu alanda anakaya kireç çimentolu kum taşları ve kireç taşlarından oluşmuştur. Toprak yapısı orta derindir fakat dik yamaçlarda sığlaşmış ve açık renkli anakaya yüzeye çıkmıştır.

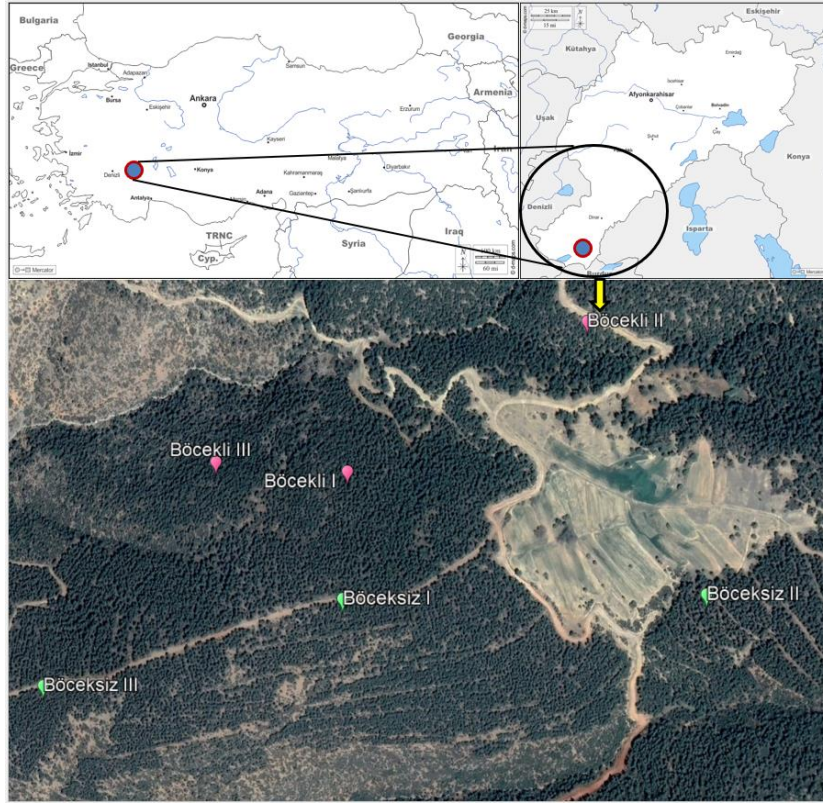
2.2. Örnek alanların belirlenmesi

Zarara uğramış sahanın salgın döneminde çekilmiş fotoğrafları yardımıyla alan gezilerek böceğin zarar yaptığı ve zarar yapmadığı alanlar belirlenmiş ve örnekleme alanı olarak ayrılmıştır (Şekil 1). Çalışma alanı olan plantasyon sahasında larva döneminde 2005 yılı Nisan ve Mayıs aylarında böceğin önemli zararı tespit edilmiştir (Şekil 2). Sahadaki lokal koşullara bağlı olarak larvalar bazı yerlerde ağaçlarda tüm ibreleri tüketirken bazı yerlerde tedrici olarak daha az zarara sebep olmuştur. Bazı alanlarda ise böcek zararının hiç olmadığı görülmüştür. Aynı sahaya on yıl sonra yani 2015 yılında tekrar gidilmiş ve mümkün olduğunca aynı kadrja bağlı kalarak fotoğrafları tarafımızdan çekilmiştir. Böcek zararına uğrayan meşcerelerin 2015 yılı itibariyle tamamen yeşil bir görünümde oldukları görülmüştür (Şekil 3).

2.3. Verilerin toplanması ve değerlendirilmesi

Böceğin larvalarının yoğun zarar yaptığı ve hiç zarar yapmadığı üçer alan tespit edilmiş ve her alandan 10'ar adet ağaç olmak üzere toplam 60 ağaç Mart 2015'te örneklenmiştir. Alanların belirlenmesinde 2005 yılında arazide zarara ilişkin çekilen fotoğraflardan yararlanılmıştır. Bu ağaçlarda göğüs yüksekliğinden (1,30 m) artım kalemleri tek yönden olmak üzere alınmış ve 2000-2014 yıllarına ait yıllık halka genişlikleri stereomikroskopta oküler mikrometre yardımıyla ölçülmüştür. Salgın yılı içinde böcek zararından kaynaklanan olası çap artımı kaybının hem diğer yıllar ile hem de böceğin zarar yapmadığı ağaçlar ile kıyaslanmış ve zararın etkisinin süresi belirlenmiştir. Böceğin zarar yaptığı ve yapmadığı yıllara ait yıllık halka genişlikleri arasında istatistiksel olarak bir farklılığın olup olmadığını belirlemek için tek yönlü Varyans analizi ve farklılığın anlamlı olduğu durumlarda ($p<0,05$) farklılığın hangi yıl veya yıllardan kaynaklı olduğunu belirlemek için Duncan testi uygulanmıştır. Artım kalemlerinden 2000-2014 yıllarında yıllık halka genişliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de sunulmuştur.

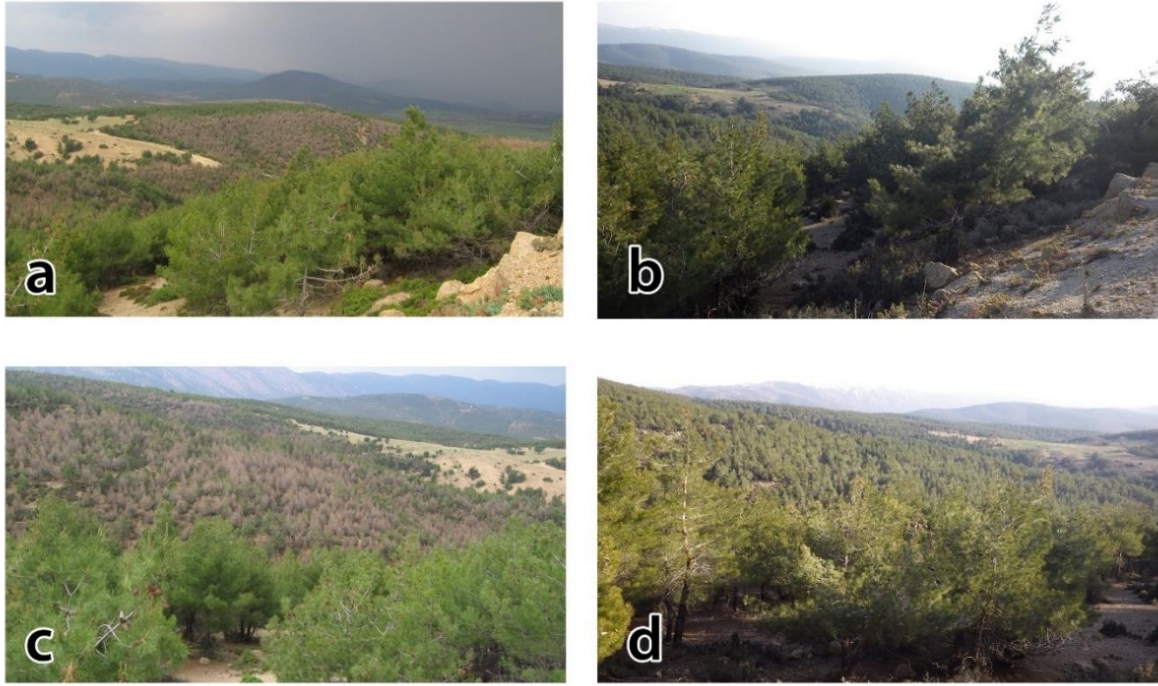
Yıllık halka genişliklerinin değişimi üzerinde bazı meteorolojik verilerin etkisini belirlemek üzere, çalışma alanına en yakın konumdaki (14 km) Dinar meteoroloji istasyonundan ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış verileri alınmıştır.



Şekil 1. Başmakçı/Sanköy’de böcek zararı görülen ve görülmeyen örneklem alanlarının konumları



Şekil 2. a, b) *Neodiprion sertifer* genç ve olgun larvaları, c) 2005 yılında salgın yaptığı saha d) İbreleri tamamen yenmiş ağaçlar



Şekil 3. Salgın sahasının batı kısmının 2005 (a) ve 2015 (b) ile güney kısmının 2005 (c) ve 2015 (d) görünüşleri

Çizelge 1. 2000-2014 yılları arasındaki yıllık halka genişliklerine (mm) ilişkin tanımlayıcı istatistikler

| Yıl | Zarar gören alanlar | | | | Zarar görmeyen alanlar | | | |
|------|---------------------|-----------|----------|----------------|------------------------|-----------|----------|----------------|
| | En düşük | En yüksek | Ortalama | Standart sapma | En düşük | En yüksek | Ortalama | Standart sapma |
| 2000 | 0,71 | 2,27 | 1,35 | 0,41 | 1,49 | 3,62 | 2,41 | 0,48 |
| 2001 | 0,43 | 2,13 | 1,03 | 0,45 | 0,71 | 3,20 | 1,59 | 0,60 |
| 2002 | 0,36 | 3,48 | 1,38 | 0,73 | 1,42 | 4,62 | 2,49 | 0,72 |
| 2003 | 0,36 | 3,41 | 1,50 | 0,60 | 0,99 | 3,91 | 2,08 | 0,65 |
| 2004 | 0,64 | 3,05 | 1,71 | 0,58 | 1,07 | 3,62 | 2,21 | 0,63 |
| 2005 | 0,64 | 1,56 | 0,98 | 0,25 | 0,99 | 3,62 | 1,75 | 0,60 |
| 2006 | 0,36 | 1,49 | 0,91 | 0,32 | 1,07 | 2,98 | 1,91 | 0,44 |
| 2007 | 0,64 | 2,70 | 1,40 | 0,47 | 0,64 | 2,63 | 1,45 | 0,53 |
| 2008 | 0,50 | 1,92 | 1,11 | 0,31 | 0,57 | 2,49 | 1,29 | 0,50 |
| 2009 | 0,28 | 2,34 | 1,08 | 0,51 | 0,71 | 2,70 | 1,64 | 0,55 |
| 2010 | 1,28 | 3,55 | 2,27 | 0,70 | 1,21 | 4,26 | 2,41 | 0,85 |
| 2011 | 0,64 | 3,34 | 2,11 | 0,65 | 1,07 | 3,83 | 1,91 | 0,58 |
| 2012 | 0,71 | 2,84 | 1,86 | 0,54 | 0,85 | 3,20 | 1,89 | 0,50 |
| 2013 | 0,92 | 2,70 | 1,73 | 0,45 | 0,71 | 2,56 | 1,46 | 0,49 |
| 2014 | 0,64 | 3,05 | 1,68 | 0,55 | 0,85 | 3,69 | 1,84 | 0,77 |

3. Bulgular

3.1. Çap artımı analizi

Böceğin zarar yaptığı ve yapmadığı alanlardan alınan üçer örnek alanda 10'ar adet olmak üzere toplam 60 adet ağacın yıllık halka genişliklerinin ortalamaları Çizelge 2'de verilmiştir. 2005 yılında böcek nedeniyle yıllık çap artımında azalma meydana geldiği ve bunun ertesi yılda artarak devam ettiği görülmektedir. Yıllık halka genişliklerinde böceğin zarar yaptığı ağaçlarda 2005 yılında 2004 yılına göre %42,7, yapmadığı ağaçlarda ise %20,8 bir azalma tespit edilmiştir. Böcek zararına uğrayan ağaçlarda 2006 yılında 2005 yılına göre %7,1'lik bir azalma daha görülürken zarara uğramayan ağaçlarda %9,7'lik artış meydana gelmiştir. 2007 yılında ise 2006 yılına göre zararına uğrayan ağaçlarda %53,8'lik bir artış gerçekleşirken zarara uğramayan ağaçlarda %24,5 oranında düşüş gerçekleşmiştir (Şekil 4).

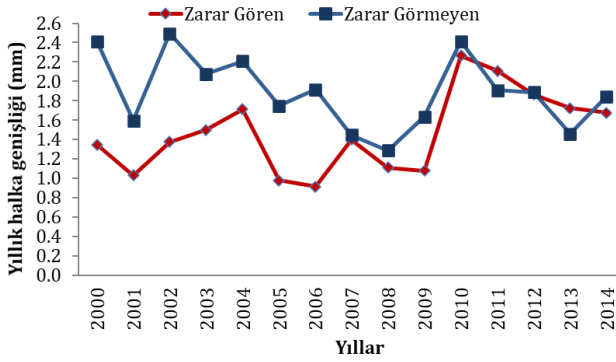
Yapılan istatistiksel değerlendirmede hem böceğin zarar yaptığı hem de yapmadığı ağaçların yıllık artımı

değerlendirildiğinde 2004, 2005, 2006 ve 2007 yılları ortalamaları arasında anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür (Çizelge 3, 4).

Tek yönlü Varyans analizi sonucunda hem böcek zararına uğrayan hem de uğramayan ağaçlardaki dört yıla (2004-2007) ait ortalama yıllık halka genişliği arasında anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre ise hem böcek zararına uğrayan hem de uğramayan ağaçlardaki ortalama yıllık halka genişliğinin 2004 ve 2007 yıllarında 2005 ve 2006 yıllarına göre daha yüksek olduğu, bununla birlikte 2005 ve 2006 yıllarına ilişkin değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı görülmektedir. Ancak, böcek zararının olduğu 2005 yılının yıllık ortalama halka genişliği değeri 2006 yılına göre daha yüksektir. Bu sonuç, tüm ibrelerini kaybeden ağaçların böcek zararının ertesi yılında normal gelişime dönemediğini hatta daha az bir artım yapabildiğini göstermektedir. Böcek zararının olmadığı ağaçlarda 2006 yılında yıllık ortalama halka genişliği 2005 yılına göre daha yüksek olmuştur (Şekil 5, 6)

Çizelge 2. 2000-2014 yıllarında böceğin zarar yaptığı ve yapmadığı ağaçlara ait ortalama yıllık halka genişlikleri (mm)

| Yıllar | Ortalama yıllık halka genişlikleri (mm) | |
|--------|---|------------------------|
| | Zarar gören ağaçlar | Zarar görmeyen ağaçlar |
| 2000 | 1,35 | 2,41 |
| 2001 | 1,03 | 1,59 |
| 2002 | 1,38 | 2,49 |
| 2003 | 1,50 | 2,08 |
| 2004 | 1,71 | 2,21 |
| 2005 | 0,98 | 1,75 |
| 2006 | 0,91 | 1,92 |
| 2007 | 1,40 | 1,45 |
| 2008 | 1,11 | 1,29 |
| 2009 | 1,08 | 1,64 |
| 2010 | 2,27 | 2,41 |
| 2011 | 2,11 | 1,91 |
| 2012 | 1,86 | 1,89 |
| 2013 | 1,73 | 1,46 |
| 2014 | 1,68 | 1,84 |



Şekil 4. Böceğin zarar yaptığı ve yapmadığı ağaçlarda ortalama yıllık halka genişliğinin yıllara göre değişimi

Çizelge 3. 2004-2007 yılları arasında böcek zararına uğrayan ağaçların yıllık artımına ilişkin Varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları

| Tek yönlü varyans analizi | | | | |
|---------------------------|---------------------|--------------------|--------|-------|
| Varyasyon kaynağı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | F | P |
| Yıllar içi | 3 | 0,181 | | |
| Yıllar arası | 116 | 4,238 | 23,368 | 0,000 |
| Toplam | 119 | | | |

| Duncan çoklu karşılaştırma testi | | | |
|----------------------------------|----------|--------|--------|
| Yıllar | Ortalama | | |
| | a | b | c |
| 2004 | | | 1,7135 |
| 2005 | 0,9798 | | |
| 2006 | 0,9135 | | |
| 2007 | | 1,4011 | |

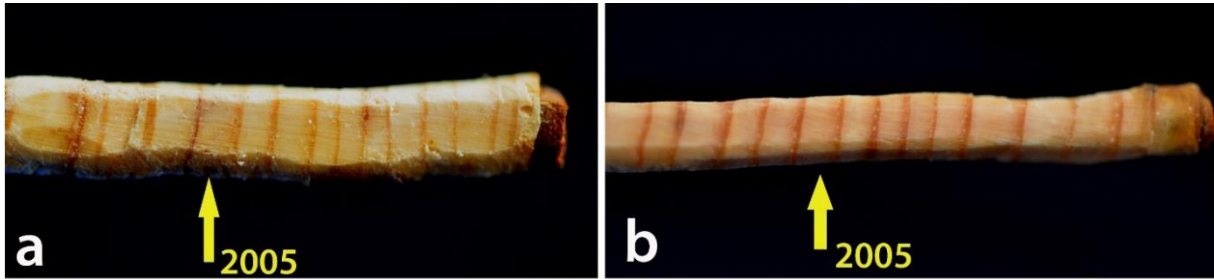
P:Önem düzeyi

Çizelge 4. 2004-2007 yılları arasında böcek zararına uğramayan ağaçların yıllık artımına ilişkin Varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları

| Tek yönlü varyans analizi | | | | |
|---------------------------|---------------------|--------------------|-------|-------|
| Varyasyon Kaynağı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | F | P |
| Yıllar içi | 3 | 0,310 | | |
| Yıllar arası | 116 | 3,019 | 9,753 | 0,000 |
| Toplam | 119 | | | |

| Duncan çoklu karşılaştırma testi | | | |
|----------------------------------|----------|--------|--------|
| Yıllar | Ortalama | | |
| | a | b | c |
| 2004 | | | 2,2081 |
| 2005 | | 1,7513 | |
| 2006 | | 1,9146 | |
| 2007 | 1,4484 | | |

P:Önem düzeyi



Şekil 5. Böceğin zarar yapmadığı alanlardan alınan artım kalemlerinde yıllık halka gelişimi (a, b)



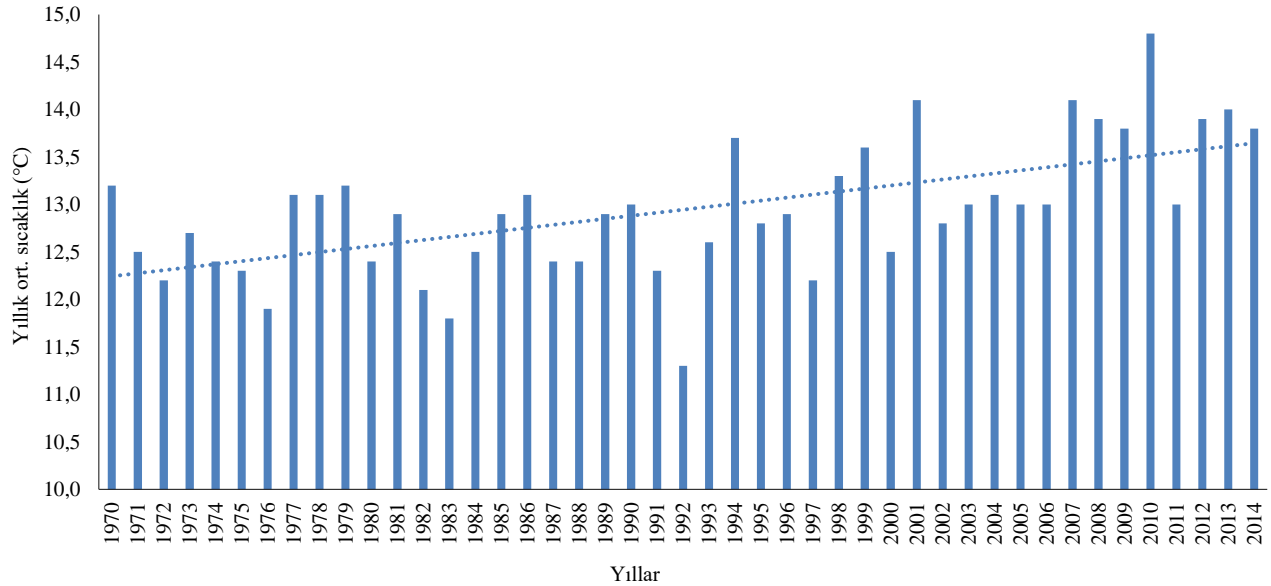
Şekil 6. Böceğin zarar yaptığı alanlardan alınan artım kalemlerinde yıllık halka gelişimi (a, b)

3.2. Çap artımı ve iklim arasındaki ilişkiler

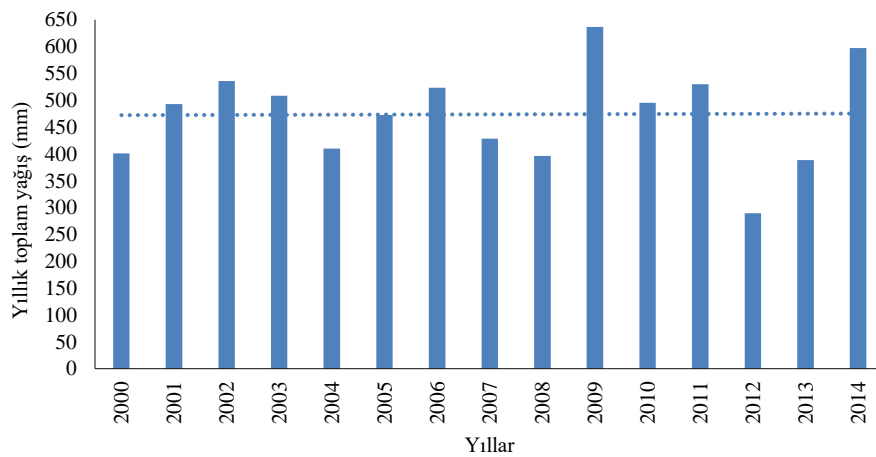
Dinar'da 1970-2014 dönemi sıcaklık ortalaması 12,9 °C olarak gerçekleşmiştir. Sıcaklığın 1994 yılından beri belirgin bir artış gösterdiği, 1970-1993 döneminde ortalama sıcaklık 12,5 °C iken 1994-2014 döneminde 13,4 °C'ye ulaşmıştır. 1970-1980 arasındaki ortalama sıcaklık değerlerine (12,6 °C) göre 2007-2014 arasında yıllık ortalama sıcaklık 1,3 °C artmış ve 13,9 °C'ye ulaşmıştır. Bu artışın yaz aylarına yansımaları 1,1-2,8 °C arasında olup yıllık ve aylık sıcaklık artışı önemli bir ısınma olayını işaret etmektedir (Şekil 7). Dinar meteoroloji istasyonunun verilerine göre sıcaklık değerlerindeki artış topraktan buharlaşmayı ve yapraklardan da terlemeyi arttırmaktadır. Bölgedeki sıcaklık artışı önemli bir kuraklaşma anlamına gelmektedir.

Güney bakılı yamaç arazide, özellikle orta derin ve taşlı topraklarda yetişmiş olan kızılçamların iklim/toprak/su ilişkisi bakımından daha kurak şartlara maruz kaldığı, ortam şartlarının kuraklaşması sonucunda olumsuz etkilendiği ve böcek zararlarına daha uygun duruma geldiği bilinmektedir.

Böcek zararının meydana geldiği 2005 yılı ve önceki üç yıl yağış ve sıcaklıklar ortalamalar seviyesine yakın değerlerdedir. Ancak 2007 ve özellikle 2008 yıllarında hem sıcaklık yükselmiş hem de yağış miktarları düşmüştür (Şekil 8). Böcek zararı olmayan bu iki yılda ağaçlarda kuraklığın etkisi çap artımında belirgin bir düşüşe yol açmıştır. Böceğin zarar yaptığı ağaçlarda ise 2006 yılında yağışın ortalama değerlerin üzerinde gerçekleşmesi ve daha serin bir yıl olması sayesinde ağaçlar büyüme enerjileri kazanmış olup böcek zararı olmayan ağaçların aksine 2007 yılında artımda yükselme yapabilmektedir. Ancak böcek zararından arı olarak 2007 ve 2008 yılları kuraklıklarından etkilenmişler ve 2008 ve 2009 yıllarına ait yıllık halkaları daralmıştır. İncelenen dönemde en yüksek yağış 2009 yılında meydana gelmiş, bunun etkisi ile 2010 yılında yıllık halka genişliklerinde önemli bir artış meydana gelmiştir. Ancak 2012 ve 2013 yıllarında da oldukça yetersiz yağış alan ağaçların tamamında artımda düşüş belirgin olarak görülebilmektedir.



Şekil 7. Dinar meteoroloji istasyonu yıllık sıcaklık ortalamaları (1970-2014)



Şekil 8. Dinar meteoroloji istasyonu yıllık yağış toplamları (2000-2014)

4. Tartışma ve sonuç

Neodiprion sertifer geniş alanlarda ve sık olarak lokal düzeyde salgın yapabilen önemli bir zararlıdır. Çalışma bölgesinde özellikle genç çam plantasyon sahalarında böceğin fazla bulunduğu ve yetiştirme ortamının fakir olduğu sahalarda popülasyonunun bazı yıllar ciddi boyutlara ulaştığı görülmüştür. Zarar gören ağaçların hayatiyetlerini kaybetmediği, ancak zararın olduğu yıl ile onu takip eden yıl artım miktarının önemli ölçüde azaldığı anlaşılmıştır. Bunun sebebi ağaç üzerinde sadece son yıla ait değil iki senelik ibrelerin de bolca bulunduğu, hatta seyrek olarak üç yıllık, maksimum ise beş yıllık ibrelerin (Selik, 1963) bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Güney İsviçre'deki sarıçam ormanlarında 1977 ve 1978'de meydana gelen salgınların yaz kuraklığı ile tetiklendiğini, yalnızca kurak sahalara ile kısıtlı olduğunu, direklik çağındaki meşcerelerin en fazla etkilendiğini, aynı meşceredeki gübrelenen parsellerde zarar ve böcek popülasyonunun gübrelenmeyen parsellerdekenden %40 daha az olduğunu göstermiştir (Larsson ve Tenow, 1985). Austara vd. (1987), Norveç'te yaşlı bir sarıçam ormanında iki yıl devam eden *N. sertifer*'in epidemisinden sonra takip eden dokuz yıl boyunca ağaçlarda hacim kaybının %33 dolayında olduğunu, bunun ağacın üç yıllık normal artımına karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Baronio vd. (1989), 1986 yılında İtalya'nın Romagna bölgesinde sarıçamda *N. sertifer*'in büyüme üzerine olan etkisini araştırmışlar, zararın ağaçların hem boy hem çap büyümesi üzerinde etkili olduğunu belirlemişlerdir. Bunun yanı sıra yaprakların tamamen yenmesi durumunda çap artımının %76 azaldığını ifade etmişlerdir. Britton (1985), İskoçya'da *Pinus contorta* ormanlarında *N. sertifer*'in ağaçlarda maksimum zarar durumunda yapraklarda %20 kayba neden olduğu, çap artımında ise %32'ye varan bir azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Lyytikäinen-Saarenmaa ve Tomppo (2002), Finlandiya'da sarıçam ormanlarında *Diprion pini* ve *N. sertifer* zararının sebep olduğu artım ve büyüme kayıpları ile ağaç ölümleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla, az, orta ve çok zarar gören ağaçlardan artım kalemi almışlardır. Hacim artımının orta derecede zarar gören ağaçlarda %21-86, yoğun zarar gören ağaçlarda ise %38-94 arasında azaldığını belirlemişlerdir. Zarar gören meşcerelerde ölüm *N. sertifer* epidemilerinden sonra %4, *D. pini* epidemilerinden sonra ise %30 olarak kaydedilmiştir. Böcek zararları nedeniyle tahmin edilen ortalama ekonomik değer kaybı yıllık hektar başına *N. sertifer* için 40 dolar, *Diprion pini* için 310 dolar olarak belirlenmiştir. Bu değerler daha önce Avrupa'da yapılan çalışmalarda bulunan değerlerden daha fazla bulunmuştur.

Çanakçıoğlu ve Mol (1998), *N. sertifer*'in zararına uğrayan ağaçların her ne kadar yaşamlarını sürdürmekte iseler de çamların iğne yapraklarına büyük ölçüde zarar yaptıklarından meşcerelerde azımsanmayacak ölçüde artım kaybına sebep olduğunu belirtmektedir. Ülkemizde *N. sertifer*'in artıma etkisi üzerine Çatal (2011) tarafından yapılan çalışmada zararlının fidanların çap, boy ve hacmindeki artım ve büyüme kaybı üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur. Çalışmada kontrol ve zarar grubu örnek ağaçlarda yıllık artımlarının istatistikî açıdan aynı olup olmadığı test edilmiş, zarar grubundaki ağaçların çap, boy ve hacim büyümesinde önemli azalmalar tespit edilmiştir.

Bu oranların sırasıyla %39, %28 ve %71 olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak; çam yaprak arısının zarar yaptığı kızılçam ormanlarımızda yaygın olarak ağaç ölümlerine sebep olmamakla birlikte salgın yaptığı alanlarda en az 2-3 yıl boyunca çap ve hacim artımını önemli miktarda azalttığı ve bunun odun hammaddesi olarak ekonomik kaybının önemli olduğu anlaşılmıştır.

Açıklama

Verilerin yorumlanmasında katkı sağlayan Prof. Dr. M. Doğan KANTARCI, Prof. Dr. Ünal ASAN (İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi emekli öğretim üyeleri), Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi) teşekkür ederiz. Bu çalışma SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlanan yüksek lisans tezinin bir bölümüdür. 3868-YL1-14 no.lu proje ile bu çalışmayı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akinci, Z. E., Avci, M., 2016. *Neodiprion sertifer*'in Göller Bölgesi ormanlarında biyolojisi ve doğal düşmanları. Turkish Journal of Forestry, 17(1): 30-36.
- Aksu, Y., 2010. Ağaçlandırma sahalarda *Pinus sylvestris*'lerde önemli zararlar yapan *Neodiprion sertifer* (Geoff.) (Hymenoptera; Diprionidae) üzerine yapılan araştırma. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Koruma ve Yangınla Mücadele Dairesi Başkanlığı Yayınları, Ankara.
- Austara, Q., Orlund, A., Svendsrud, A., Veidahl, A., 1987. Growth loss and economic consequences following two years defoliation of *Pinus sylvestris* by the Pine Sawfly *Neodiprion sertifer* in West-Norway. Scandinavian Journal of Forest Research, 2(1-4): 111-119.
- Avci, M., 2007. Çam Yaprak Arıları *Diprion pini* L., ve *Neodiprion sertifer* (Geoff.) (Hymenoptera; Diprionidae)'in Göller Yöresindeki zararı, biyolojisi ve doğal düşmanları. Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi, 27-29 Ağustos, Isparta, s. 71.
- Avci M., Carus S., 2005. The impact of cedar processionary moth [(*Traumatocampa ispartaensis* Doğanlar & Avci) (Lepidoptera: Notodontidae)] outbreaks on radial growth of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) trees Turkey. Journal of Pest Science, 78: 91-98.
- Baronio, P., Faccioli, G., Butturini, A., 1989. A study on the influence of defoliation by *Neodiprion sertifer* (Geoff.) (Hymenoptera; Diprionidae) on the growth of *Pinus sylvestris* L. in Romagna. Bollentino dell'istituto di Entomologia 'Guido Grandi' della Università degli Studi di Bologna, 43: 17-24.
- Baş, R., 1973. Türkiye'de Orman Ağaçlarına Zarar Yapan Zar Kanatlılar (Hymenoptera) Üzerine Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Britton, R., 1985. Entomology, effects of the European pine sawfly on lodgepole pine. Report on Forest Research, Forestry Commission, pp 66-67, United Kingdom.
- Carus, S., Avci, M., 2005. Growth loss of Lebanon Cedar (*Cedrus libani*) stands as related to periodic outbreaks of the Cedar Shoot Moth (*Dichelia cedricola*). Phytoparasitica, 33(1): 33-48.
- Colbert, J.J., Fekedulegn, D., 2001. Effects of gypsy moth defoliation on tree growth-preliminary models for effects of cumulative defoliation on individual host tree radial increment. In Proceedings: Integrated management and dynamics of forest defoliating insects, 1999 August 15-19; pp. 16-30. Victoria, British Columbia. US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station.

- Çanakçıoğlu, H., Mol, T., 1998. Orman Entomolojisi Zararlı ve Yararlı Böcekler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Çatal, Y., 2011. Impacts of *Neodiprion sertifer* (Geoff., 1785) (Hymenoptera: Diprionidae) on growth and increment loss in young *Pinus brutia* Ten. Generations. Journal of Entomology, 35(3): 423-435.
- Erkan, N., 1996. Doğal kızılçam meşcerelerinde artım ve büyümenin değerlendirilmesi. Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2: 33-42.
- Larsson, S., Tenow, O., 1984. Areal distribution of a *Neodiprion sertifer* (Hym., Diprionidae) outbreak on Scots pine as related to stand condition. Ecography, 7(2): 81-90.
- Larsson, S., Tenow, O., 1985. Local patterns in the distribution of a *Neodiprion sertifer* outbreak. In: Population Dynamics of Forest Pests (eds. D. Bevan & J.T. Stoakley). Proceedings of a IUFRO conference, Dornoch, Scotland, 1-7 Sept. 1980. Research and Development Paper, Forestry Commission, UK No.135, 85-89.
- Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Tomppo, E., 2002. Impact of sawfly defoliation on growth of Scots pine *Pinus sylvestris* (Pinacea) and associated economic losses. Bulletin of Entomological Research, (92): 137-140s.
- Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Varama, M., Anderbrant, O., Kukkola, M., Kokkonen, A.M., Hedenström, E., Högberg, H.E., 2006. Monitoring the European pine sawfly with pheromone traps in maturing Scots pine stands. Agricultural and Forest Entomology, 8: 7-15.
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü), 2021. 2020 Türkiye Ormanlık İstatistikleri. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Erişim: 21.10.2021.
- Pureswaran, D. S., Roques, A., Battisti, A., 2018. Forest insects and climate change. Current Forestry Reports, 4(2): 35-50.
- Sarı, R., 2008. Isparta ormanlarında zararlı Lepidoptera ve Hymenoptera türleriyle mücadelede biyoteknik yöntemlerin kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Selik, M. 1963. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'in Botanik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar ve Bunların Halepçamı (*Pinus halepensis* Mill.) Vasıfları ile Mukayesesi. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Şimşek, Z., Kondur, Y., 2006. Çankırı ormanlarının zararlı böcekleri ve mücadele yöntemleri. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 6(1): 98-119.
- Tosun, İ., 1975. Akdeniz Bölgesi İğne Yapraklı Ormanlarında Zarar Yapan Böcekler ve Önemli Türlerin Parazit ve Yırtıcıları Üzerinde Araştırmalar. Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- TOD (Türkiye Ormanlıklar Derneği), 2019. Türkiye Ormanlığı: 2019. Kuban Matbaacılık Yayıncılık, Türkiye Ormanlıklar Derneği, Ankara.
- Usta, H.Z., 1991. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi, No: 219, Ankara.
- Virtanen, T., Neuvonen, S., Nikula, A., Varama, M., Niemelä, P., 1996. Climate change and the risks of *Neodiprion sertifer* outbreaks on Scots pine. Siva Fennica, 30(2-3): 169- 177.

Türkiye’de endüstriyel ağaçlandırmalar ve Burdur-Bucak yöresindeki paydaşların görüşleri

Nezvat Gürlevik^{a,*}, Zeynep Gürdal^b, Mehmet Korkmaz^a

Özet: Ülkemizde nüfusun ve odun hammaddesine olan talebin sürekli artması, orman kaynakları üzerindeki baskıyı da artırmaktadır. Uygun sahalarda, hızlı gelişen ağaç türleri ile kısa idare süreli ağaçlandırmalar kurmak bir çözüm yolu olarak görülmektedir. Bu kapsamda, Orman Genel Müdürlüğü bir eylem planı çerçevesinde faaliyetlere başlamıştır. Ancak bu faaliyetlerin başarısı konusunda ciddi çekinceler de bulunmaktadır. Bu çalışmada, Burdur-Bucak yöresinde görev yapan orman mühendislerinin ve özel sektördeki firma temsilcilerinin konuya bakış açılarını belirlemek amacıyla anket çalışmaları yürütülmüştür. Anket çalışmalarına katılan orman mühendisleri, bu bölgede endüstriyel ağaçlandırmaların öncelikli bir konu olmadığını ve uygulamada pek çok sorun olduğunu belirtmişlerdir. Endüstriyel amaçlı ağaçlandırmaların orman alanları dışında yapılması fikri destek bulurken, mevcut doğal ormanların plantasyonlara dönüştürülmesi fikrine karşı çıkmıştır. Firma temsilcileri ise bu bölgedeki endüstriyel ağaçlandırma faaliyetlerine destek verirken, özellikle istihdam ve hammadde tedariki yönünden faydalı olacağını belirtmiştir. Bu konuda daha kapsamlı sonuçlar elde edebilmek için, faaliyetlerin ilerleyen yıllarda da takip edilmesi ve olumlu-olumsuz yönlerinin irdelenmesi gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Arazi kullanımı, Biyoçeşitlilik, Doğal orman, Plantasyon ormancılığı

Industrial plantations in Turkey and stakeholder views in Burdur-Bucak region

Abstract: The continuous increase in the population and the demand for woody raw materials increases the pressure on forest resources in Turkey. Establishing short-rotation plantations with fast growing tree species on appropriate sites is seen as a possible solution. In this context, General Directorate of Forestry has initiated some activities within the framework of an action plan. However, there are serious concerns about the success of these activities. In this study, a survey was conducted to determine the point of view of the forest engineers and the private company representatives working in Burdur-Bucak region. Forest engineers who participated in the survey stated that industrial plantations are not a priority activity in this region and there are many problems in implementation. While the idea of establishing afforestation on open fields for industrial purposes was supported, the idea of converting existing natural forests into plantations was opposed. Company representatives, on the other hand, support the industrial plantations in the region, especially indicating the potential benefits in terms of employment and supply of raw material. In order to reach more comprehensive results on industrial plantations, these activities should be followed up in the coming years and their positive and negative aspects should be examined.

Keywords: Land use, Biodiversity, Natural forest, Plantation forestry

1. Giriş

Dört bin yıl önce yaklaşık 8 milyar ha olduğu tahmin edilen dünya orman alanı yarı yarıya azalarak günümüzde 4 milyar ha (dünya kara yüzeylerinin yaklaşık %31’i) civarına gerilemiştir. (Birler, 1995; FAO, 2020). Buna karşın insan nüfusu hızla artarak günümüzde 8 milyara yaklaşmıştır. Burada, dünya nüfusunun sadece son yarım yüzyılda iki katına çıkması dikkat çekicidir. Dolayısıyla insanoğlunun nüfusundaki hızlı artış ve orman alanlarındaki azalış doğal ormanlar üzerindeki baskıyı da artırmaktadır. Ülkemizde ise 1927’de 13,6 milyonluk ülke nüfusu yaklaşık 6 kat artarak günümüzde 84 milyonu aşmıştır. Bu durum ormanlar üzerindeki baskıyı da gün geçtikçe artırmaktadır. Artan odun hammaddesi talebi karşılırken doğal ormanlardaki baskıyı azaltmanın yollarından bir tanesi de yoğun silvikültür

uygulamalarının esas alındığı ve hızlı gelişen türlerle yapılan kısa idare süreli endüstriyel plantasyonlar tesis etmektir. Endüstriyel orman işletmeciliği ile küçük alanlarda daha büyük miktarlarda odun ürünü elde etmek mümkündür. Zira, Brezilya, Şili, ABD, Yeni Zelanda, Avustralya ve Güney Afrika gibi entansif ormancılığa ağırlık veren ülkelerde yıllık ortalama hacim artımının çam (*Pinus* sp.) cinsi için 14-32 m³/ha/yıl, okaliptüs (*Eucalyptus* sp.) cinsi için ise 15-50 m³/ha/yıl arasında olduğu görülmektedir (Asan, 1998, FAO, 2001b; Fox vd., 2004).

Günümüzde dünyadaki tüm orman alanlarının yaklaşık %93’ü doğal orman niteliğinde olup, geriye kalan %7’si ise ağaçlandırma ormanlarıdır (FAO, 2020). Endüstriyel plantasyonların dünya genelindeki payı ise sadece %3 olup, miktarı giderek artmaktadır (FAO, 2001a; Payn vd., 2015). Alansal olarak nispeten küçük bir paya sahip olmasına karşın,

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): nevzatgurlevik@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 31.12.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 15.02.2022



Citation (Atf): Gürlevik, N., Gürdal, Z., Korkmaz, M., 2022. Türkiye’de endüstriyel ağaçlandırmalar ve Burdur-Bucak yöresindeki paydaşların görüşleri. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 38-50.
DOI: [10.18182/tjf.1051816](https://doi.org/10.18182/tjf.1051816)

ağaçlandırma sahalarının dünya genelinde yuvarlak odun üretimindeki payı yaklaşık %46'dır. Hatta ağaçlandırmaların odun üretimindeki bu payı, Güney Amerika ve Okyanusya'da sırasıyla %90 ve %84 seviyelerine kadar çıkmaktadır (Jürgensen vd., 2014; Payn vd., 2015). Ağaçlandırmalardan elde edilen yuvarlak odun miktarında Brezilya yaklaşık 132 milyon m³ ile 1. sırada, ABD 102 milyon m³ ile 2. sırada ve Çin 64 milyon m³ ile 3. sırada yer alırken, Türkiye yaklaşık 3,5 milyon m³ ile 20. sırada yer almaktadır (Jürgensen vd. 2014). Bu veriler küresel boyutta endüstriyel ağaçlandırmaların günümüzde ne kadar önemli olduğunu gösterirken, gelecekte de öneminin artacağına işaret etmektedir.

Ülkemizde de son yüzyılda hızla artan nüfus, odun hammaddesine olan talebi de artırmış ve bu bağlamda çözümler üretilmeye çalışılmıştır (Boydak ve Dirik, 1998; Erkan, 2021). 1885 yılında Terkos Gölü'nde dikilen *Pinus maritima* ve Adana-Mersin demiryoluna dikilen *Eucalyptus camaldulensis* bu konuda yapılan çalışmaların ilk örnekleri olarak sayılabilir. 20. yüzyılın ortalarına gelindiğinde, *Robinia pseudoacacia* ve kavaklarla yapılan çalışmalar dikkat çekicidir. 1962 yılında İzmit'te, Kavakçılık Araştırma Enstitüsü'nün kurulması ile bu konu daha bir önem kazanmıştır. 1963 yılında yürürlüğe giren "*Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*"nda her yıl 5000 hektar endüstriyel ağaçlandırma yapılması öngörülmüştür. Bu yıllarda çoğunluğu ABD kökenli olmak üzere *Pinus pinaster*, *Pinus taeda*, *Pinus elliotii*, *Pinus radiata*, *Pinus contorta*, *Pinus sitchensis*, *Cupressus arizonica*, *Pseudotsuga menziesii* ile *Eucalyptus* ve *Populus* tür ve klonları denenmiştir. Endüstriyel plantasyonların gerekliliğine, Türkiye Ormancılık Ana Planı'nda, Türkiye 1. Ormancılık Şurası'nda, Orman Bakanlığı Ormancılık Master Planı'nda (1995-1998) ve VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda birinci derecede önem verilmiştir (Boydak ve Dirik, 1998). Günümüzde yaklaşık 125 bin ha kavak, 20 bin ha okaliptüs, 56 bin ha da egzotik çam (54 bin ha'sı *P. pinaster*) ağaçlandırması yapılmıştır. Maalesef bunların pek çoğunun endüstriyel ağaçlandırmadan çok klasik ağaçlandırma niteliği taşıdığı ifade edilmektedir (Boydak ve Çalışkan, 2014).

Geçmişten günümüze piyasadaki arz-talep dengesizliği Orman Genel Müdürlüğünü (OGM'yi) yeni arayışlara sevk etmiştir (Kök, 2009). Geline bu noktada piyasadaki odun hammaddesi talebini karşılayabilmek için doğal ormanlardan yapılan üretim giderek artırılmış, toplam odun üretim miktarı 2010 yılında yaklaşık 12 milyon m³'ten 2019 yılında 22 milyon m³'e çıkmıştır (OGM, 2019). Arz-talep ve ithalat-ihracat dengesini sağlayabilmek için gelecek yıllarda üretimin daha da artırılmasının düşünüldüğü görülmektedir. Bunun yanında hızlı gelişen türlerle tesis edilecek endüstriyel ağaçlandırmalar da son yıllarda OGM politikaları arasında önemli bir yer tutmaktadır.

1.1. OGM Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı 2013-2023

Günümüzde OGM tarafından uygulamaya konulan "Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı (2013-2023)" ile ülkemizin odun hammaddesi ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak, yeniden planlı bir faaliyete başlanmıştır (OGM, 2013). Bu doğrultuda çıkarılan 304 sayılı tebliğ ile konunun tekniğine ilişkin detaylar belirlenmiştir (OGM, 2015). 2019 yılında tebliğde yapılan değişikliklerle (Tebliğ No: 304 Ek-1 ve Ek-2) birlikte aşağıda

belirtilen alanlar, endüstriyel ağaçlandırmaya konu olabilecektir:

- Amenajman planlarında I. ve II. bonitette, eğimin %50, yetiştirme ortamı şartlarının uygun olduğu, arazi hazırlığı, bakım ve üretimde mekanizasyonun uygulanabileceği, mutlak toprak derinliğinin makineli çalışmaları kısıtlamadığı ve fizyolojik derinliğin yeterli olduğu orman alanları,
- Amenajman planında verimli orman olarak ayrılmış kızılçam (*P. brutia*), sahil çamı (*P. pinaster*, sin: *P. maritima*), okaliptüs (*Eucalyptus* sp.), kavak (*Populus* sp.), dişbudak (*Fraxinus* sp.) ve kızılğaç (*Alnus* sp.) türlerinin oluşturduğu meşcereler,
- Amenajman planında boniteti belirtilmeyen ağaçlandırma sahaları, orman içi açıklıklar ve bozuk orman alanlarından endüstriyel ağaçlandırmaya uygun, yeterli toprak derinliğine sahip makineli çalışmaya elverişli alanlar ile amenajman planında III. bonitette olduğu halde aktüel vaziyeti itibarı ile I. veya II. bonitete eşdeğer olan kızılçam, sahil çamı, okaliptüs, kavak, dişbudak ve kızılğaç türlerinin yayılış gösterdiği alanlar ve
- Saha bütünlüğü bakımından 5 ha ve daha büyük sahalar.

Bu sahalar belirlendikten sonra, sahaların boşaltılması, arazinin hazırlanması (kök ve kütüklerin sökülmesi, toprak işleme vb.) ve ardından hazırlanan sahanın uygun orijinden alınan ıslah edilmiş bireylerle ağaçlandırılması öngörülmektedir.

Bu eylem planına göre makinalı çalışmaya uygun yetiştirme ortamlarında kızılçam, sahilçamı, dişbudak, kızılğaç, okaliptüs ve kavak gibi hızlı gelişen türlerde toplamda yaklaşık 165 bin ha alanda plantasyonlar kurulması planlanmıştır. Bunun içerisinde en önemli pay yaklaşık 145 bin ha (%88) ile kızılçama aittir. Kızılçam 5,7 milyon ha'lık yayılış alanı (OGM, 2019) ve 27,8 m³/ha'ya ulaşabilen yıllık cari artımı ile yüksek bir potansiyele sahiptir (Usta, 1991; Durkaya, 2002; Erkan, 2002). Eylem planına göre Isparta Orman Bölge Müdürlüğü (OBM) sınırları içerisinde, 2013 yılından itibaren ilk 10 yıllık sürede 2438 ha, 2042 yılına kadar toplamda 7358 ha alanda tesis faaliyetleri planlanmıştır.

1.2. Endüstriyel ağaçlandırma faaliyetlerinde gerçekleştirmeler

OGM Ağaçlandırma Dairesi Başkanlığı tarafından sağlanan yayınlanmamış verilere göre, 2013-2020 yılları arasında toplam 62324 ha sahada endüstriyel ağaçlandırma yapılmıştır (Çizelge 1). Buna göre, ağaçlandırmaların %94'ünün çam türleri (%76'sı kızılçam, %18'i sahil çamı) ile yapıldığı görülmektedir. Geriye kalan %6'luk kısım ise geniş yapraklı türlerden dişbudak, kavak ve okaliptüs ile yapılmıştır. Ağaçlandırmalar kapsamında Çanakkale, İzmir, Muğla ve Sakarya tüm çalışmaların yaklaşık yarısına sahip bölge müdürlükleridir. Bunlardan ilk üçü kızılçam ağaçlandırmalarının yarısından fazlasına (%52) sahiptir. Sakarya OBM ise sahil çamı ağaçlandırmalarındaki payı (%8) sayesinde öne çıkmaktadır. Diğer taraftan, Isparta OBM ise toplam ağaçlandırılan alan sıralamasında 10. sırada olup, genel toplam içindeki payı %4,4'tür.

Ülke genelinde ilk yıllarda nispeten düşük miktarlarda (5-6 bin ha) gerçekleştirilen endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları, 2020 yılında yaklaşık 20 bin ha'ya kadar

yükselmiştir (Şekil 1a). Isparta OBM sınırları içerisinde de benzer şekilde ilk yıllarda alansal olarak oldukça düşük seyreden ağaçlandırma faaliyetleri, 2020 yılında 1252 ha'ya ulaşmış olup, tamamı kızılçam türündedir (Şekil 1b). Isparta OBM içerisinde bu faaliyetlerin yürütüldüğü il esasen Burdur ili iken Isparta ve Afyon-Dinar oldukça düşük rakamlarla karşımıza çıkmaktadır.

Isparta OBM'de, bu faaliyetlerin büyük bir kısmı, kızılçamın önemli yayılış alanlarından birisi olan Bucak Orman İşletme Müdürlüğünde yürütülmektedir. Bucak Orman İşletme Müdürlüğü genel olarak Akdeniz ve karasal iklim kuşakları arasında geçiş bölgesinde yer alıp, ağırlıklı olarak kızılçam, karaçam ve sedir gibi endüstriyel türlerin ormanları ile kaplıdır. Bu işletme müdürlüğü, bölgede kızılçamın en fazla üretim ve satışının yapıldığı ve en yüksek iktisadilik oranına sahip iki işletmeden birisidir (Korkmaz, 2012; Özen ve Alkan, 2020). Bölgede yapılan ağaçlandırmalar genelde bu türlerle olsa da (Carus ve Çatal, 2012), endüstriyel ağaçlandırma kapsamında geçmişten bu yana sadece kızılçam tercih edilmektedir.

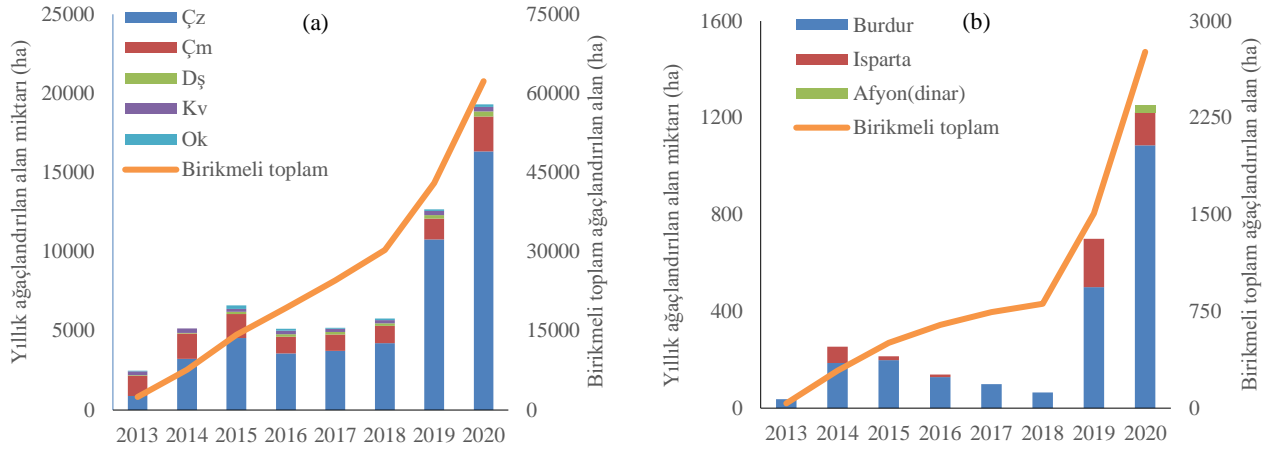
Ancak, bölgenin jeomorfolojik yapısı itibariyle verimli (I. ve II. bonitet), düz veya düze yakın (eğim <30), toprak derinliği en az 60 cm, yüzeysel ve profil taşlılığı düşük, en az 5 ha büyüklüğünde, mekanizasyona uygun saha bulmak her

zaman mümkün olamamaktadır. Isparta OBM arazilerinin büyük çoğunluğu yüksek eğime sahip engebeli arazilerden oluşmaktadır (Çoban ve Eker, 2009). Özellikle bölge müdürlüğünün güneydoğusundaki işletme şeflikleri oldukça engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Bu nedenlerden dolayı, bu bölgede endüstriyel ağaçlandırmalara uygun saha bulmada ve makineli hazırlık ve bakım işlemlerinde sorunlar yaşanabilmektedir. Dahası, orman teşkilatı çalışanlarının, bölgedeki doğal ormanların işletme şeklinin değiştirilerek plantasyonlara dönüştürülmesi hususunda bir hassasiyet gösterdikleri, ormancılığımız için nispeten yeni olan yoğun silvikültüre dayalı plantasyon ormancılığı yaklaşımına inanmışlık seviyelerinin düşük olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca, ilgili personelin konu hakkındaki teknik, bilimsel veya uygulamalı birikimi her zaman yeterli olmayabilmektedir. Bu ve benzeri nedenlerden dolayı saha, tür ve orijin seçiminden, dikim ve bakım işlemlerine kadar pek çok hususta sorunlar yaşanabilmektedir (Gürlevik ve Gürdal, 2017a; 2017b).

Bu çalışma ile Isparta OBM'de en fazla endüstriyel ağaçlandırma yapan işletme olan Bucak Orman İşletme Müdürlüğü ve yakın çevresinde son yıllarda yürütülen faaliyetlerin mevcut durumu ve yaşanan sorunların tespiti amaçlanmıştır.

Çizelge 1. Endüstriyel Ağaçlandırmalar Eylem Planı kapsamında 2013-2020 yılları arasında plantasyona dönüştürülen alanların bölge müdürlüğü ve kullanılan ağaç türü bazında dağılımı (Çatal vd., 2021)

| Bölge müdürlüğü | Ağaçlandırmada kullanılan türler (ha) | | | | | Toplam (ha) |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|--------------|
| | <i>Pinus brutia</i> | <i>Pinus maritima</i> | <i>Fraxinus sp.</i> | <i>Populus sp.</i> | <i>Eucalyptus sp.</i> | |
| Adana | 3627 | - | - | - | - | 3627 |
| Amasya | 49 | - | - | 1078 | - | 1127 |
| Antalya | 2432 | - | - | - | - | 2432 |
| Balıkesir | 1693 | 520 | - | - | - | 2213 |
| Bolu | - | 181 | - | - | - | 181 |
| Bursa | 2300 | 1527 | - | 51 | - | 3878 |
| Çanakkale | 7932 | 634 | - | 183 | - | 8749 |
| Denizli | 3314 | - | - | - | - | 3314 |
| Isparta | 2761 | - | - | - | - | 2761 |
| İstanbul | 759 | 2424 | - | 553 | - | 3736 |
| İzmir | 8739 | - | - | - | - | 8739 |
| K.Maraş | 3052 | - | - | - | 50 | 3102 |
| Kastamonu | - | 1501 | - | - | - | 1501 |
| Konya | 105 | - | - | - | - | 105 |
| Kütahya | 507 | - | - | - | - | 507 |
| Mersin | 1899 | - | - | - | 730 | 2629 |
| Muğla | 7838 | - | - | - | - | 7838 |
| Sakarya | 326 | 4260 | 944 | 20 | - | 5550 |
| Zonguldak | - | 36 | 299 | - | - | 335 |
| Toplam | 47333 | 11083 | 1243 | 1885 | 780 | 62324 |
| % | 76 | 18 | 2 | 3 | 1 | 100 |



Şekil 1. Ülkemiz genelinde (a) ve Isparta OBM sınırları içerisinde (b) yapılan endüstriyel ağaçlandırma faaliyetlerinin yıllık ve birikmeli miktarları (2013-2020, Kaynak: OGM Ağaçlandırma Daire Başkanlığı, Çz: *Pinus brutia*, Çm: *Pinus maritima*, Dş: *Fraxinus sp.*, Kv: *Populus sp.*, Ok: *Eucalyptus sp.*)

2. Materyal ve yöntem

Çalışmada Bucak Orman İşletme Müdürlüğü ve yakın çevresinde görev yapan çeşitli paydaşların görüşlerine başvurulmuştur. Bu kapsamda orman mühendislerinden ve firma temsilcilerinden oluşan iki paydaş grubu seçilmiş ve veri toplama amacıyla bu gruplara yüz yüze anket uygulanmıştır. Bu amaçla, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Doğa Koruma ve Milli Parklar Antalya Şube Müdürlüğü ve Antalya Orman Fidanlık Müdürlüğünde görev yapan toplam 58 orman mühendisi çalışanın görüşleri alınmıştır. Bu aşamada özellikle planlama ve arazide gerçekleştirmelerde yaşanan sorunlara odaklanılmış, varsa sorunlara dair çözüm önerileri istenmiştir. Hazırlanan ankette endüstriyel ağaçlandırmalarla ilgili olduğu düşünülen sosyal, yönetsel, ekonomik, ekolojik ve teknik konularda toplam 48 önerme yer almıştır. Benzer şekilde, daha dar kapsamlı olan ikinci anket, Bucak yöresinde görev yapan orman endüstrisi alanında faaliyet gösteren firma temsilcilerine uygulanmıştır. Bu ankete de toplam 21 firma temsilcisi katılmış ve ankette toplam 8 önerme yer almıştır. Anket formunda yer alan önermelerin yanıtları için beşli Likert ölçeği kullanılmıştır. Bu önermelerin iç tutarlılık katsayısı (Cronbach alfa değeri) mühendisler için 0,90 ve firma temsilcileri için 0,83 olarak bulunmuştur. Bulunan bu iç tutarlılık katsayıları 0,8'den büyük olduğu için kullanılan ölçeklerin istatistiksel olarak yüksek güvenilirlikte olduğu görülmektedir (Kılıç, 2016).

Anket sorularına verilen yanıtlar ilk olarak yüzdesel olarak değerlendirilmiştir. Orman mühendislerinin bazı özellikleri bakımından (eğitim durumu, mesleki tecrübe, mevcut görevi, eylem planı hakkındaki bilgi düzeyi vb.) verdikleri yanıtların istatistiksel olarak farklı olup olmadığı ki-kare testiyle belirlenmiştir. Mühendislere ve firma temsilcilerine yöneltilen ortak sorulara verilen yanıtların farklılık arz etmediğinin tespiti için Mann-Whitney U Testi kullanılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Orman Mühendislerine yönelik bulgular

3.1.1. Katılımcıların bazı profil özellikleri

Araştırmaya Isparta, Antalya ve Burdur illerinde çeşitli kurumlarda görev yapan toplam 58 orman mühendisi katılmıştır (Çizelge 2). Katılımcıların %84,5'i erkek, %15,5'i ise kadındır. Araştırmaya katılanların yaşları 25 ile 63 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması 35'tir. Görüşülen orman mühendislerinin meslekteki ortalama çalışma süresi 16,9 yıldır. Meslekteki çalışma süresi ve deneyim açısından değerlendirildiğinde katılımcıların %53,5'inin 20 yılın üzerinde tecrübeye sahip olduğu görülmektedir.

Ankete katılan orman mühendislerinin %63,9'luk kısmı lisans mezunu, geriye kalan kısmı ise yüksek lisans veya doktora mezunudur. Katılımcıların mezun oldukları üniversiteler sıralamasında ise İstanbul Üniversitesi ve Karadeniz Teknik Üniversitesi toplamda %79,8'lik oranla çoğunluğa sahiptir. Bu bölgenin orman fakültesi olan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (eski adıyla Süleyman Demirel Üniversitesi) ise %12,1'lik oranla geriye kalan diğer 3 üniversitenin toplamı kadar katılımcıya sahiptir.

Araştırmaya katılanların ağırlıklı bölümünü mühendis, araştırmacı ve işletme şefleri oluşturmaktadır. Buna karşın, idari görevi olan müdür ve müdür yardımcısı pozisyonunda görev yapanların oranı ise %17,3'tür. Doktora yapmış olanların tamamı Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde görev yapmaktadır.

Araştırmaya katılanların endüstriyel ağaçlandırma hakkındaki doğrudan bilgi ve katılım durumları değerlendirildiğinde, ancak %36,2 gibi nispeten küçük bir bölümünün konu hakkında eğitim semineri, sempozyum vb. herhangi bir eğitim faaliyetine katıldığı görülmektedir (Çizelge 3). Benzer şekilde, ağaçlandırma uygulamaları ile ilgili saha seçimi ve hazırlığı, fidan dikimi ve bakımı ve sonraki süreçlerin takibine ilişkin faaliyetlere katılan ve eylem planı hakkında yeterli bilgi sahibi olduğunu beyan edenlerin oranları sırasıyla %41,4 ve %44,8 seviyesindedir. Mühendislerin %72,4 gibi büyük çoğunluğu ise yurtdışı uygulamalar hakkında yeterli bilgilerinin olmadığını belirtmişlerdir.

Çizelge 2. Ankete katılan orman mühendislerinin bazı özellikleri

| Cinsiyet | Sayı | % |
|--|------|------|
| Kadın | 9 | 15,5 |
| Erkek | 49 | 84,5 |
| Yaş Grupları | Sayı | % |
| ≤30 | 5 | 8,6 |
| 31-40 | 16 | 27,6 |
| 41-50 | 24 | 41,4 |
| 51-60 | 11 | 19,0 |
| >60 | 2 | 3,4 |
| Görev yılı | Sayı | % |
| ≤5 yıl | 4 | 6,9 |
| 6-10 yıl | 10 | 17,2 |
| 11-20 yıl | 13 | 22,4 |
| 21-30 yıl | 20 | 34,5 |
| >30 yıl | 11 | 19,0 |
| Eğitim düzeyi | Sayı | % |
| Lisans | 37 | 63,8 |
| Yüksek lisans | 16 | 27,6 |
| Doktora | 5 | 8,6 |
| Mezun Olunan Üniversite | Sayı | % |
| Bartın Üniversitesi | 3 | 5,2 |
| Çankırı Karatekin Üniversitesi | 2 | 3,4 |
| İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi | 7 | 12,1 |
| İstanbul Üniversitesi | 22 | 37,9 |
| Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi | 2 | 3,4 |
| Karadeniz Teknik Üniversitesi | 22 | 37,9 |
| Görev yapılan sektör | Sayı | % |
| Şube müdürü | 4 | 6,9 |
| İşletme müdürü | 3 | 5,2 |
| İşletme müdür yardımcısı | 3 | 5,2 |
| İşletme şefi | 8 | 13,8 |
| Ağaçlandırma ve toprak muhafaza şefi | 4 | 6,9 |
| Kadastro ve mülkiyet şefi | 1 | 1,7 |
| Mühendis | 21 | 36,2 |
| Araştırmacı | 14 | 24,1 |

3.1.2. Endüstriyel ağaçlandırmaların sosyal yönüne ilişkin görüşler

Endüstriyel ağaçlandırmaların sosyal yönüne ilişkin önermelere katılımcıların verdiği yanıtlar arasında en yüksek ortalama puanı 3,07 ile “endüstriyel ağaçlandırma faaliyetleri bölge esnafı ve halkı için istihdam sağlayacaktır” önermesi almıştır (Çizelge 4). Bu fikre katılanların oranı (4 ve 5 toplamı) %43,5 düzeyindedir. “Yöre halkının endüstriyel ağaçlandırma sahalarında koruma tedbirlerine riayet ettiklerine” yönelik önermenin ortalaması 2,79’dur. Diğer yandan, katılımcıların çoğunluğu (%71,2) yöre halkına endüstriyel ağaçlandırmalar hakkında yeterince bilgilendirme yapılmadığını düşünmektedir ve bu önerme hem bu kategoride hem de ankette yer alan tüm önermeler arasında en düşük ortalama değeri (2,02) almıştır. “Yöre halkı ve esnafının endüstriyel ağaçlandırmaları destekledikleri” yönündeki önermelere katıldıklarını belirtenlerin oranı ise sırasıyla %13,3 ve 11,6 olup bu önermelerde kararsızların oranı oldukça yüksek çıkmıştır.

3.1.3. Endüstriyel ağaçlandırmaların yönetsel yönüne ilişkin görüşler

Araştırmaya katılan orman mühendislerinin yönetsel içerikli önermelere verdiği yanıtlar incelendiğinde (Çizelge 5), en yüksek destek %47,8 ile “endüstriyel ağaçlandırmalar bölgemiz ve ülkemiz ormancılığı için odun hammaddesi üretimi açısından son derece önemlidir ve önümüzdeki yıllarda da tesis çalışmaları devam etmelidir” önermesine gelmiştir. Buna rağmen, “endüstriyel ağaçlandırma eylem planında belirtilen ağaçlandırma programı ülkemiz ve bölgemiz için uygundur” önermelerine katılanların oranı sırasıyla %38,6 ve 38,1 ile düşük düzeydedir. Benzer şekilde “ağaçlandırma projelerinin yüklenici firmalar tarafından tam anlamıyla yerine getirildiği” yönündeki önermeyi destekleyenlerin oranı %36,6’dır. Diğer yandan “işletme müdürlüklerinin ağaçlandırma projelerini tam anlamıyla uygulayabildikleri yönündeki önermeye gelen destek daha da düşük olup, yalnızca %25 düzeyinde kalmıştır. “Bölgedeki ormancılık faaliyetleri arasında endüstriyel ağaçlandırmalar önceliklidir” önermesine katılanların oranı ise yalnızca %18,6 olmuştur.

Çizelge 3. Orman mühendislerinin endüstriyel ağaçlandırma ile ilgili eğitim ve uygulama faaliyetlerine katılım ve bilgi düzeylerine yönelik görüşleri

| Seçenekler | Evet/Yeterli | | Hayır/Yetersiz | |
|--|--------------|-------|----------------|-------|
| | Sayı | Yüzde | Sayı | Yüzde |
| Endüstriyel ağaçlandırma ile ilgili eğitim faaliyetine katılım | 21 | 36,2 | 37 | 63,8 |
| Endüstriyel ağaçlandırma uygulama faaliyetine katılım | 24 | 41,4 | 34 | 58,6 |
| Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı ile ilgili yeterli bilgi durumu | 26 | 44,8 | 32 | 55,2 |
| Yurtdışındaki endüstriyel ağaçlandırma faaliyeti hakkında bilgi durumu | 16 | 27,6 | 42 | 72,4 |

3.1.4. Endüstriyel ağaçlandırmaların ekonomik yönüne ilişkin görüşler

Endüstriyel ağaçlandırmaların ekonomik yönüne ilişkin önermelere verilen yanıtlara göre (Çizelge 6), mühendislerin %60,4'ü "endüstriyel ağaçlandırmalar, odun ve odun ürünleri ithalatını azaltarak ülke ekonomisine katkı sunacaktır" önermesine katıldıklarını belirtmişlerdir. Bu önermeye katılmayanların oranı ise sadece %18,8'dir. Benzer şekilde, katılımcıların %53,3'ü "endüstriyel orman işletmeciliğinin birim alanda odun üretimini azami düzeyde sağlayacağını" belirtmiştir. Bu faaliyetlere harcanan maddi kaynağın yeterli olduğunu belirtenlerin oranı (%50,0), yetersiz bulanlardan (%29,5) daha yüksektir.

3.1.5. Endüstriyel ağaçlandırmaların ekolojik yönüne ilişkin görüşler

Ekolojik kategorideki önermelere verilen yanıtlar değişkenlik göstermiş olup, kimi önermelere destek çok

belirgin olurken kimilerine de tam tersine güçlü bir şekilde karşı çıkmıştır (Çizelge 7). Bu kategoride en güçlü desteği 3,63'lük ortalama puan ve %73,1'lik katılım oranı ile "uygun yetişme ortamlarında orman dışı alanların endüstriyel ağaçlandırma sahalarına dönüştürülmesinde bir sakınca görmüyorum" önermesi almıştır. Ayrıca bu önerme araştırma kapsamındaki kararsız oranı en düşük ikinci önerme olarak öne çıkmıştır. Buna karşın, "uygun yetişme ortamlarında doğal ormanların endüstriyel ağaçlandırma sahalarına dönüştürülmesinde bir sakınca görmüyorum" önermesine katılanların oranı yalnızca %26,5'tir.

Diğer yandan, endüstriyel ağaçlandırmaların "biyolojik çeşitliliği azaltacağı", "hastalık riskini artıracığı", "ormanların doğal yapısını bozacağı" ve "toprağı yoracağı ve fakirleştireceği" yönündeki önermeler de yüksek oranda (%47,2-58,5 arasında) kabul görmüştür. Endüstriyel ağaçlandırmaların erozyon ve yangın riskini artıracığı yönündeki önermelere katılanların oranı ise %25,5-28,8 ile çok daha düşük düzeyde kalmıştır.

Çizelge 4. Endüstriyel ağaçlandırmaların sosyal yönüne ilişkin görüşler*

| Önermeler | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Ort. |
|---|------|------|------|------|-----|------|
| Endüstriyel ağaçlandırma faaliyetleri yöre halkı için istihdam sağlayacaktır. | 10,9 | 23,9 | 21,7 | 34,8 | 8,7 | 3,07 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahaları için alınan koruma tedbirleri yöre halkı tarafından dikkate alınmaktadır. | 14,9 | 29,8 | 21,3 | 29,7 | 4,3 | 2,79 |
| Endüstriyel ağaçlandırmalar yöre halkı tarafından desteklenmektedir. | 24,4 | 28,9 | 33,4 | 11,1 | 2,2 | 2,38 |
| Endüstriyel ağaçlandırmalar yöre esnafı tarafından desteklenmektedir. | 25,6 | 34,9 | 27,9 | 9,3 | 2,3 | 2,28 |
| Endüstriyel ağaçlandırmalar hakkında yöre halkına yeterli bilgilendirme yapılmıştır. | 40,4 | 29,8 | 19,2 | 8,5 | 2,1 | 2,02 |

*Ölçek: 1 (Kesinlikle katılmıyorum), 2 (Katılmıyorum), 3 (Kararsızım), 4 (Katılıyorum), 5 (Kesinlikle katılıyorum); ORT: Likert ölçeğine göre verilen yanıtların (1, 2, 3, 4 ve 5) ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5. Endüstriyel ağaçlandırmaların yönetsel yönüne ilişkin görüşler*

| Önermeler | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Ort. |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Endüstriyel ağaçlandırmalar bölgemiz ve ülkemiz ormancılığı için odun hammaddesi üretimi açısından son derece önemlidir ve önümüzdeki yıllarda da tesis çalışmaları devam etmelidir. | 17,4 | 15,2 | 19,6 | 30,4 | 17,4 | 3,15 |
| Endüstriyel ağaçlandırma projesini üstlenen firmalar söz konusu proje gereklerini tam anlamıyla yerine getirmektedir. | 9,8 | 26,8 | 26,8 | 26,8 | 9,8 | 3,00 |
| Endüstriyel ağaçlandırma eylem planında belirtilen ağaçlandırma programı ülkemiz için uygundur. | 9,1 | 34,1 | 18,2 | 29,5 | 9,1 | 2,95 |
| Endüstriyel ağaçlandırma eylem planında belirtilen ağaçlandırma programı bulunduğumuz yöre için uygundur. | 23,8 | 11,9 | 26,2 | 23,8 | 14,3 | 2,93 |
| Endüstriyel ağaçlandırma projeleri işletme müdürlükleri tarafından tam anlamıyla uygulanabilmektedir. | 13,6 | 34,1 | 27,3 | 18,2 | 6,8 | 2,70 |
| Bölgedeki ormancılık faaliyetleri arasında endüstriyel ağaçlandırmalar önceliklidir. | 9,3 | 46,5 | 25,6 | 9,3 | 9,3 | 2,63 |

* Kısaltma ve ölçek bilgileri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 6. Endüstriyel ağaçlandırmaların ekonomik yönüne ilişkin görüşler*

| Önermeler | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Ort. |
|---|-----|------|------|------|------|------|
| Endüstriyel ağaçlandırmalar, odun ve odun ürünleri ithalatını azaltarak ülke ekonomisine katkı sunacaktır. | 6,3 | 12,5 | 20,8 | 39,6 | 20,8 | 3,56 |
| Eylem planında da ifade edildiği üzere (sayfa 5), endüstriyel orman işletmeciliği denilen bu metotla birim alanda azami düzeyde odun emvali üretilmesi sağlanacaktır. | 4,4 | 15,6 | 26,7 | 31,1 | 22,2 | 3,51 |
| Endüstriyel ağaçlandırma tesisi için harcanan maddi kaynak yeterli ve gereklidir. | 6,8 | 22,7 | 20,5 | 34,1 | 15,9 | 3,30 |

* Kısaltma ve ölçek bilgileri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 7. Endüstriyel ağaçlandırmaların ekolojik yönüne ilişkin görüşler*

| Önermeler | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Ort. |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Uygun yetişme ortamlarında orman dışı alanların endüstriyel ağaçlandırma sahalarına dönüştürülmesinde bir sakınca görmüyorum. | 15,3 | 5,8 | 5,8 | 46,2 | 26,9 | 3,63 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarının biyolojik çeşitliliği azaltacağını düşünüyorum. | 7,5 | 18,9 | 15,1 | 35,8 | 22,7 | 3,47 |
| Endüstriyel ağaçlandırmalar sahalarında hastalık riskinin doğal ormanlara göre daha fazla olduğunu düşünüyorum. | 5,8 | 17,3 | 23,1 | 34,6 | 19,2 | 3,44 |
| Endüstriyel ağaçlandırmaların ormanların doğal yapısını bozduğunu düşünüyorum. | 9,7 | 25,0 | 11,5 | 34,6 | 19,2 | 3,29 |
| Endüstriyel ağaçlandırmaların doğal ormanlar üzerindeki üretim baskısını azaltacağını düşünüyorum. | 13,2 | 20,8 | 18,8 | 30,2 | 17,0 | 3,17 |
| Endüstriyel ağaçlandırmaların kısa idare süreli olması dolayısıyla toprağı yoracağını ve fakirleştireceğini düşünüyorum. | 6,0 | 30,0 | 24,0 | 26,0 | 14,0 | 3,12 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarında erozyon riskinin doğal ormanlara göre daha fazla olduğunu düşünüyorum. | 15,4 | 34,6 | 21,2 | 13,4 | 15,4 | 2,79 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarında yangın riskinin doğal ormanlara göre daha fazla olduğunu düşünüyorum. | 16,3 | 34,7 | 24,5 | 10,2 | 14,3 | 2,71 |
| Uygun yetişme ortamlarında doğal ormanların endüstriyel ağaçlandırma sahalarına dönüştürülmesinde bir sakınca görmüyorum. | 46,9 | 12,3 | 14,3 | 16,3 | 10,2 | 2,31 |

* Kısaltma ve ölçek bilgileri Çizelge 4'te verilmiştir.

3.1.6. Endüstriyel ağaçlandırmaların teknik yönüne ilişkin görüşler

Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı ile önerilen saha ve tür seçimi, arazi hazırlığı, bakım ve koruma önlemleri gibi konuları ele alan teknik içerikli önermelere verilen yanıtlar genelde eylem planındaki tavsiyeleri teyit eder niteliktedir (Çizelge 8). Toplam 24 önermeden 5'i hariç çoğunluğunun ortalama puanı 3 ve üzerinde çıkmıştır. Anket sonuçlarına göre, “fidan dikimi ve bakımının uygun mevsimde yapıldığı” ve “sahaların yeterli yol ağına sahip olduğu” yönündeki önermelere katılanların oranları sırasıyla %85,3 ve %80,0 (ortalama puanlar 4,02 ve 3,93) olmuştur. Ayrıca, bu yanıtlar anketteki bütün önermeler içerisinde en yüksek puanı almıştır. İdare süresinin uygun olduğunu düşünenlerin oranı ise %72,1'dir.

Saha seçimine dair gösterege olabilecek önermeleri (sahaların en fazla %30 eğimde olması, orta taşlı ve az kayalı olması, iyi bonitette olması, uygun yükseltide olması, toprağın uygun pH'da olması, taban suyu ve drenajın uygun olması) destekleyenlerin oranı %43,3 ile %70,0 arasındadır. Kullanılan fidanların “ağaçlandırma amacına uygun nitelikte olduğu” ve “genetik olarak üstün orijinden olduğu” şeklinde belirlenen önermelere katılanların oranı ise sırasıyla %53,7 ve %51,2'dir.

Bunun yanında, birbiriyle ilintili bazı önermelere verilen yanıtlar az da olsa farklılık göstermiştir. Örneğin, “makinelik arazi hazırlığı ile toprak en az 60 cm derinliğe kadar işlenebilmektedir” önermesine katılım oranı %68,4 iken, “makinelik arazi hazırlığı sahanın tamamında tekniğine uygun olarak uygulanabilmiştir” önermesine katılım %52,5 olmuştur. Benzer şekilde, “fidan dikim aralığının makinelik bakım çalışmasının yapılabilmesi için uygun olduğu” önermesine katılım %64,3 iken, “fidan sıraları arasında makinelik (diskaro, kültüvator, rotovator vb) bakım çalışması yapılmaktadır” önermesine katılım ise sadece %34,2'dir. Buna ilaveten, “fidan sıraları arasında insan eliyle bakım çalışması yapılmaktadır” önermesine katılım %71,0'dir.

Bununla birlikte, “bölgede yapılacak endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları için farklı yerli türler tercih edilebilir” önermesine katılım %56,5 iken aynı soruda “yabancı türler tercih edilebilir” önermesi kullanıldığında katılım oranı sadece %8,9 olup ortalama puan itibarıyla (2,09) araştırmadaki en düşük ikinci ortalama puanı almıştır.

Ayrıca, “toprak hazırlığı sırasında ortaya çıkan artıklar (kök, taş/kaya, vb.) uygun şekilde değerlendirilmektedir”

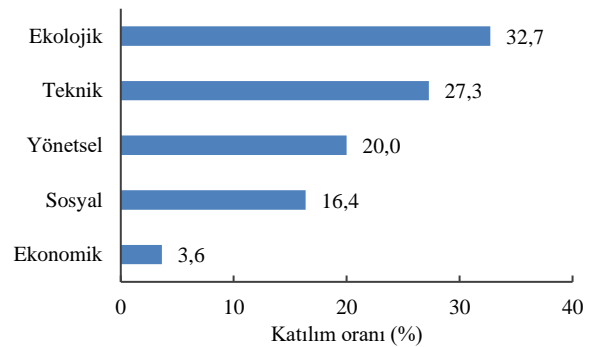
önermesi 2,87 ortalama puana ve %31,6'lık katılım oranına sahip olmuştur. “Yağışın yeterli olmasına” ve “dona hassas türlerin gölgeli bakılı arazilerde kullanılması” önermelerine katılım oranı da sırasıyla %27,5 ve %24,1 ile oldukça düşük olmuştur.

3.1.7. Endüstriyel ağaçlandırmalarda temel sorun alanlarına yönelik görüşler

Araştırmaya katılan orman mühendislerine; “endüstriyel ağaçlandırmaların uygulanabilirliği açısından temel sorunlar, sosyal, yönetsel, ekonomik, ekolojik veya teknik alanların hangisinde?” şeklinde sorulduğunda, katılımcıların %32,7'si ekolojik sorunların öncelikli olduğunu ve ardından ikinci sırada %27,3 ile teknik sorunların geldiğini ifade etmişlerdir (Şekil 2). Ekonomik sorunlar ise verilen seçenekler arasında %3,4 gibi küçük bir oranla son sırada yer almıştır.

3.1.8. Katılımcı özelliklerine göre önermelere verilen yanıtlar arasındaki farklılıklar

Orman mühendislerinin “meslek yılı, eğitim faaliyetine katılıp katılmama, endüstriyel ağaçlandırma eylem planı hakkında yeterli bilgi olup olmama ve endüstriyel ağaçlandırmaların en temel sorun alanı hakkındaki düşünceleri” gibi bazı özellikleri ile önermelere verdikleri yanıtlar arasındaki ilişkiler ki-kare testi ile incelenmiş ve bazı önermeler açısından istatistiksel farklılıklar ($p < 0,05$) tespit edilmiştir. Bu farklılıklara ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Endüstriyel ağaçlandırmaların uygulanabilirliği açısından temel sorun alanları

Çizelge 8. Endüstriyel ağaçlandırmaların teknik yönüne ilişkin görüşler*

| Önermeler | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Ort. |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Endüstriyel ağaçlandırma tesisinde fidan dikimi ve bakım çalışmaları uygun vejetasyon dönemlerinde yapılmaktadır. | - | 9,8 | 4,9 | 58,5 | 26,8 | 4,02 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahaları yeterli yol ağına sahiptir. | - | 7,5 | 12,5 | 60,0 | 20,0 | 3,93 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarında fidan sıraları arasında insan eliyle bakım çalışması yapılmaktadır. | 2,6 | 5,3 | 21,1 | 52,6 | 18,4 | 3,79 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarında makineli arazi hazırlığı ile toprak en az 60 cm derinliğe kadar işlenebilmektedir. | - | 13,2 | 18,4 | 47,3 | 21,1 | 3,76 |
| Endüstriyel ağaçlandırmalarda mekanizasyon tekniklerinin güvenli ve etkili yürütülebilmesi için en çok %30'a kadar eğimli araziler tercih edilmiştir. | 2,4 | 12,2 | 24,4 | 39,0 | 22,0 | 3,66 |
| Endüstriyel ağaçlandırmalarda en fazla orta taşlı ve az kayalık araziler tercih edilmiştir. | 7,5 | 12,5 | 10,0 | 50,0 | 20,0 | 3,63 |
| Endüstriyel ağaçlandırmalar için öngörülen idare süresi seçilen tür ve yöre şartlarına uygundur. | 7,0 | 9,3 | 11,6 | 60,5 | 11,6 | 3,60 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahaları iyi bonitete sahip sahalardan seçilmiştir. | 10,0 | 10,0 | 15,0 | 45,0 | 20,0 | 3,55 |
| Kıyı bölgeleri ve denizden 500-600 m yükseklikteki araziler en fazla kullanılmıştır. | 2,6 | 21,1 | 15,8 | 44,7 | 15,8 | 3,50 |
| Endüstriyel ağaçlandırma tesisinde kullanılacak fidanlar, özellikle ağaçlandırma amacına uygun nitelikte ve kalitede yetiştirilmiştir. | 2,4 | 19,5 | 24,4 | 36,6 | 17,1 | 3,46 |
| Endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları için genetik yönden üstün orijinden tohum/fidan materyali tedarik edilmiştir. | 4,6 | 16,3 | 27,9 | 34,9 | 16,3 | 3,42 |
| Bölgemizde yapılan endüstriyel ağaçlandırma çalışmalarında; düz veya düze yakın araziler seçilmiştir. | 7,2 | 19,0 | 14,3 | 45,2 | 14,3 | 3,40 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarında makineli arazi hazırlığı sahanın tamamında tekniğine uygun olarak uygulanabilmiştir. | 2,5 | 22,5 | 22,5 | 37,5 | 15,0 | 3,40 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarında fidan dikim aralığı makineli bakım çalışmasının yapılabilmesi için uygun aralıktadır. | 11,9 | 14,3 | 9,5 | 50,0 | 14,3 | 3,40 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarında koruma tedbirleri yeterli ölçüde alınmıştır. | 5,3 | 15,8 | 28,9 | 34,2 | 15,8 | 3,39 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarında taban suyu seviyesi türün gelişimine engel teşkil etmemektedir. | 8,3 | 13,9 | 22,2 | 44,5 | 11,1 | 3,36 |
| Bölgede yapılacak endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları için farklı yerli türler tercih edilebilir. | 13,1 | 15,2 | 15,2 | 39,1 | 17,4 | 3,33 |
| Endüstriyel ağaçlandırmaya konu arazilerde toprak pH'sı seçilen türün isteklerine uygundur. | 11,1 | 11,1 | 30,6 | 36,1 | 11,1 | 3,25 |
| Endüstriyel ağaçlandırmaya konu arazilerin geçirgen, havalanabilir, iyi drenajlı topraklı olmasına dikkat edilmiştir. | 13,1 | 15,8 | 36,8 | 21,1 | 13,2 | 3,05 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarında yapılan toprak hazırlığı sırasında ortaya çıkan artıklar (kök, taş/kaya, vb.) uygun şekilde değerlendirilmektedir. | 13,2 | 28,9 | 26,3 | 21,1 | 10,5 | 2,87 |
| Endüstriyel ağaçlandırmalarda yağışın yeterli olmasına dikkat edilmiştir. | 17,5 | 22,5 | 32,5 | 17,5 | 10,0 | 2,80 |
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarında fidan sıraları arasında makineli (diskaro, kültivatör, rotovatör vb) bakım çalışması yapılmaktadır. | 26,8 | 19,5 | 19,5 | 24,4 | 9,8 | 2,71 |
| Dona hassas türler gölgeli bakılı arazilerde kullanılmıştır. | 20,7 | 34,5 | 20,7 | 17,2 | 6,9 | 2,55 |
| Bölgede yapılacak endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları için farklı yabancı türler tercih edilebilir. | 35,6 | 31,1 | 24,4 | 6,7 | 2,2 | 2,09 |

* Kısaltma ve ölçek bilgileri Çizelge 4'te verilmiştir.

A. Hizmet yılına göre farklılıklar

Meslekte 10 yılını doldurmuş ve doldurmamış mühendisler kıyaslandığında, bazı önermeler açısından farklı düşündükleri ($p < 0,05$) görülmüştür (Çizelge 9). Örneğin "endüstriyel ağaçlandırma projesini üstlenen firmalar söz konusu proje gereklerini tam anlamıyla yerine getirmektedir" önermesine meslekte 10 yılını doldurmuş mühendisler (%35), 10 yılını henüz doldurmayanlara oranla (%42) daha düşük oranda katılmaktadır. Benzer şekilde "bölgedeki ormancılık faaliyetleri arasında endüstriyel ağaçlandırmalar önceliklidir" önermesine verilen yanıtlar, meslekte geçirilen süre bakımından istatistiksel olarak farklıdır. Meslekte görece olarak yeni sayılabilecek olan orman mühendislerinin %54'ü bu önermeye yansız (ne katılıyorum ne de katılmıyorum) olduklarını belirtirken, 10 yıldan fazla süredir bu meslekte görev yapan çalışanlar %70 oranında bu önermeye katılmadıklarını belirtmiştir. Ayrıca, "uygun yetişme ortamlarında orman dışı alanların endüstriyel ağaçlandırma sahalarına dönüştürülmesinde bir sakınca görmüyorum" önermesine de meslekte 10 yılını doldurmayanlar %50 oranında katılırken, bu oran daha tecrübeli olanlarda %80 düzeyindedir.

B. Eğitim faaliyetine katılıp katılmamaya göre farklılıklar

Mühendislerin daha önce bu konuda herhangi bir "eğitim faaliyetine katılıp katılmama" durumuna göre önermelere verdikleri bazı yanıtlarında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 10). Şöyle ki, "endüstriyel ağaçlandırma sahaları iyi bonitete sahip sahalardan seçilmiştir" önermesini, eğitim alanlar %50 oranında desteklerken, herhangi bir eğitime katılmayanlarda bu oran %80 olmuştur. Ayrıca "bölgede yapılacak endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları için farklı yerli türler tercih edilebilir" önermesine, eğitim almış olanlar arasında katılım düzeyi %36,8 iken, eğitim almayanlarda bu oran %70,4'tür.

C. Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı ile ilgili yeterli bilgiye sahip olup olmama durumuna göre farklılıklar

Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı ile ilgili yeterli bilgiye sahip olup olmama durumuna göre, katılımcılar arasında "endüstriyel ağaçlandırma sahaları iyi bonitete sahip sahalardan seçilmiştir" önermesine verilen

yanıtlar istatistiksel ($p<0,05$) olarak farklıdır (Çizelge 11). Buna göre, eylem planı hakkında yeterli bilgi sahip olduğunu ifade edenler yukarıdaki önermeye %58,3 oranında katılırken, yeterli bilgiye sahip olmadığını beyan edenlerde bu oran %75,0 olmuştur.

D. Sorun önceliklerine göre farklılıklar

Son olarak, ağaçlandırmaların temel sorun alanı hakkındaki görüşleri bakımından katılımcıların bazı önermelere verdikleri yanıtlar istatistiksel olarak ($p<0,05$) farklılık arz etmiştir (Çizelge 12). “Endüstriyel ağaçlandırma sahalarının biyolojik çeşitliliği azaltacağını düşünüyorum” önermesine, temel sorunun “ekolojik” olduğunu beyan edenler %82,4, “sosyal” olduğunu düşünenler ise sadece %28,6 oranında katılmışlardır. Diğer gruplarda katılım oranı %45,5 ile %53,3 arasında kalmıştır. “Bölgede yapılacak endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları için farklı yabancı türler tercih edilebilir” önermesine ise, temel sorunun “ekolojik” olduğunu beyan edenler %91,7 oranında karşı çıkarken, “teknik” olduğunu beyan edenlerde bu oran %76,9, “sosyal” olduğunu düşünenlerde %57,1, “yönetimsel” olduğunu düşünenlerde ise %40’dır. Temel sorunun “ekonomik” olduğunu düşünenler ise, her iki önermede de %50 oranında yansız (ne katılıyorum ne de katılmıyorum) kalırken %50 oranında da katıldıklarını ifade etmişlerdir.

3.2. Orman endüstri firmalarının temsilcilerine yönelik bulgular

Anket çalışmalarına Bucak yöresinde faaliyet gösteren 21 orman endüstri firmasının temsilcileri katılmıştır. Temsilcilerin hepsi erkek olup, çoğunluğu ilköğretim ve ortaokul mezunudur (%89).

Firma sahiplerinin genelde önermelere yüksek düzeyde katıldıkları görülmüştür (Çizelge 13). Tüm önermelerin genelinde, önermeleri destekleyenlerin oranı, %57,9 ile %94,7 arasında değişmiştir. Bu önermeler içerisinde en büyük destek %94,7 ile “endüstriyel plantasyon tesisi yöre halkı için istihdam sağlayacaktır” önermesine gelmiştir. Benzer şekilde “endüstriyel plantasyonlar bölgemiz ve ülkemiz ormancılığı için odun hammaddesi üretimi açısından son derece önemlidir...” önermesini de %85,7 oranında destekledikleri görülmektedir. Bunun yanında, “odun hammaddesi ve teşvik yetersizliği, kurulu işletme sayısını azaltmakta” şeklinde verilen önermeye katılım oranı %93,8’dir.

Diğer yandan bazı önermelerde katılım oranı belirgin bir şekilde daha düşük çıkmıştır. Örneğin, “doğal ormanların endüstriyel plantasyon sahalarına dönüştürülmesinde bir sakınca görmüyorum” önermesine katılanların oranı %57,9 ve “Endüstriyel plantasyonda ürünlerinin sertifikalanması, sertifikalı üretimin artırılması kaliteli üretim açısından gereklidir” önermesine katılım %76,2’dir. “Endüstriyel plantasyonlardan işletme talebini karşılayacak miktarda kalitede odun hammaddesi üretilmektedir” önermesi de %70 ile firma temsilcilerine yöneltilen ankette nispeten düşük katılım oranına sahip olan önermelerdendir.

Çizelge 9. Meslek yılına göre farklılık arz eden önermeler (hizmet yılı 0-10 ve 10 yıldan fazla)

| Önermeler | Ki-kare değeri | sd* | p* |
|---|----------------|-----|-------|
| Endüstriyel ağaçlandırma projesini üstlenen firmalar söz konusu proje gereklerini tam anlamıyla yerine getirmektedir. | 9,712 | 4 | 0,046 |
| Bölgedeki ormancılık faaliyetleri arasında endüstriyel ağaçlandırmalar önceliklidir. | 10,546 | 4 | 0,032 |
| Uygun yetişme ortamlarında orman dışı alanların endüstriyel ağaçlandırma sahalarına dönüştürülmesinde bir sakınca görmüyorum. | 10,152 | 4 | 0,038 |

*sd: Serbestlik derecesi, $p<0,05$

Çizelge 10. Eğitim faaliyetine katılıp katılmamaya göre farklılık arz eden önermeler

| Önermeler | Ki-kare değeri | sd | p |
|--|----------------|----|-------|
| Endüstriyel ağaçlandırma sahaları iyi bonitete sahip sahalardan seçilmiştir. | 10,222 | 4 | 0,037 |
| Bölgede yapılacak endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları için farklı yerli türler tercih edilebilir. | 9,892 | 4 | 0,042 |

Çizelge 11. Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı ile ilgili yeterli bilgiye sahip olup olmama durumuna göre farklılık arz eden önerme

| Önerme | Ki-kare değeri | sd | p |
|--|----------------|----|-------|
| Endüstriyel ağaçlandırma sahaları iyi bonitete sahip sahalardan seçilmiştir. | 10,833 | 4 | 0,029 |

Çizelge 12. Sorun önceliklerine göre farklılık arz eden önermeler

| Önermeler | Ki-kare değeri | sd | p |
|--|----------------|----|-------|
| Endüstriyel ağaçlandırma sahalarının biyolojik çeşitliliği azaltacağını düşünüyorum. | 27,225 | 16 | 0,039 |
| Bölgede yapılacak endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları için farklı yabancı türler tercih edilebilir. | 34,419 | 16 | 0,005 |

3.3. Mühendisler ile firma temsilcilerinin görüşlerinin karşılaştırılması

Mühendis ve firmaların ortak sorulara verdikleri yanıtlara bakıldığında genelde bir uyum görülmektedir. Yalnız firma temsilcilerinin görüşleri daha yüksek puanlarla temsil edilmiştir (Çizelge 14). Özellikle istihdam ve endüstriyel ağaçlandırma çalışmalarının önemini vurgulayan önermelerde, firma temsilcileri yaklaşık iki kata varan oranlarda daha yüksek bir olumlu görüş bildirmiştir. Her iki grupta da doğal ormanların endüstriyel ağaçlandırmalara dönüştürülmesi en düşük puanı almıştır. Mühendisler bu fikre sadece 1/4 oranında destek verirken, firma sahiplerinin yarısından fazlası bu fikri desteklemiştir.

3.4. Katılımcıların endüstriyel ağaçlandırmalar hakkındaki kişisel yaklaşımları

Ankete katılan orman mühendislerine ve firma temsilcilerine bu konudaki diğer kişisel görüş ve önerilerine yönelik olarak anket formunda açık uçlu bir soru yöneltilmiş ve alınan yanıtlara göre aşağıdaki görüşler belirlenmiştir.

A. Orman Mühendisleri

Endüstriyel ağaçlandırmalara ihtiyatlı yaklaşan ifadeler

- Endüstriyel ağaçlandırmalarda yapılan çalışmaların titizlikle planlanması, uygulanması, korunması ve bu sahalara düzenli bakımlar yapılması gereklidir.

- Özellikle dikilecek fidanın türü, orijini, üretildiği rakım ve toprak isteği gibi teknik özellikler iyi analiz edilmelidir.
- Seçilen sahalara amacına uygun seçilmelidir. Bölgede uygun saha yoksa endüstriyel ağaçlandırma yapılmamalıdır.
- Ağaç türleri ve yöreler itibari ile bilimsel ve teknik bilgi yeterli olmadığından sorunlar yaşanmaktadır.
- Makineli bakıma gerek yoktur. Çünkü bu bölgede ilk iki yıl ciddi otlanma olmaz. Sonraki yıllarda yan dallar büyüyeceğinden makineli bakım esnasında bu dallar zarar görecektir. Ayrıca belirli oranda taş ve kök bulunan arazide makinenin çalışması zordur. Bu nedenle makineli bakımda yaşanan sıkıntıları giderecek uygun mekanizasyon tedbirleri alınmalı ve uygun makineler geliştirilmelidir.
- Şu an yapılan çalışmalar endüstriyel plantasyon ormancılığı olmayıp, daha çok klasik ormancılığın bir ileri aşamasıdır.
- Endüstriyel ağaçlandırma, asli ormancılık faaliyetlerinin önüne geçmemelidir.
- Genç meşcereler idare süresi tamamlanmadan endüstriyel plantasyona konu edilmemelidir.
- Ağaçlandırmaların sosyal problem yaratıp yaratmayacağı iyi analiz edilmelidir.
- I. ve II. bonitete sahip doğal ormanları ağaçlandırmalara tahsis etmek, buralardaki genetik kaynakları yok edecektir.
- Doğal ormanların idare süresi, endüstriyel ağaçlandırma idare süresine çekilmelidir.
- Yöre halkının bilgilendirilmesi konusunda teknik personele eğitimler verilmelidir.
- İşletme şeflerinin iş yoğunluğu nedeniyle saha seçimi ve kontrolünde bölge müdürlüğü devreye girmelidir.

Çizelge 13. Firma temsilcilerinin endüstriyel ağaçlandırma hakkındaki görüşleri

| Önermeler | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Ort. |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Odun hammaddesi ve teşvik yetersizliği, kurulu işletme sayısını azaltmakta (işletmelerin kapanması/birleşmesi) ve modern anlamda kurumsal bir dönüşüme sevk etmektedir. | 0,0 | 0,0 | 6,3 | 31,3 | 62,5 | 4,56 |
| Endüstriyel plantasyon tesisi yöre halkı için istihdam sağlayacaktır | 0,0 | 5,3 | 0,0 | 31,6 | 63,2 | 4,53 |
| Endüstriyel plantasyonlar bölgemiz ve ülkemiz ormancılığı için odun hammaddesi üretimi açısından son derece önemlidir ve önümüzdeki yıllarda da tesis çalışmaları devam etmelidir. | 0,0 | 0,0 | 14,3 | 23,8 | 61,9 | 4,48 |
| Endüstriyel plantasyonlar, odun ve odun ürünleri ithalini azaltarak ülke ekonomisini rahatlatacaktır. | 4,8 | 0,0 | 14,3 | 19,0 | 61,9 | 4,33 |
| Nüfus artışına paralel olarak odun hammaddesi talebinin artması endüstriyel ağaçlandırma yatırımlarından beklenen mali sonuçları cazip hale getirmektedir. | 5,6 | 0,0 | 5,6 | 38,9 | 50,0 | 4,28 |
| Endüstriyel plantasyonlardan işletme talebini karşılayacak miktar ve kalitede odun hammaddesi üretilmektedir. | 5,0 | 0,0 | 25,0 | 30,0 | 40,0 | 4,00 |
| Endüstriyel plantasyonda ürünlerinin sertifikalanması, sertifikalı üretimin artırılması kaliteli üretim açısından gereklidir. | 14,3 | 0,0 | 9,5 | 42,9 | 33,3 | 3,81 |
| Doğal ormanların endüstriyel plantasyon sahalara dönüştürülmesinde bir sakınca görmüyorum. | 10,5 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 42,1 | 3,63 |

* Kısaltma ve ölçek bilgileri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 14. Orman mühendisleri ve firma temsilcilerinin verdikleri yanıtlara göre istatistiksel farklılıklar arz eden önermeler

| Önermeler | Mühendis | | Firma | | Mann-Whitney U | Z | p* |
|--|----------|------|-------|------|----------------|-------|-------|
| | % | Ort. | % | Ort. | | | |
| Endüstriyel plantasyon tesisi yöre halkı için istihdam sağlayacaktır | 43,5 | 3,07 | 94,7 | 4,53 | 129,5 | -4,39 | 0,000 |
| Endüstriyel plantasyonlar bölgemiz ve ülkemiz ormancılığı için odun hammaddesi üretimi açısından son derece önemlidir ve önümüzdeki yıllarda da tesis çalışmaları devam etmelidir. | 47,8 | 3,15 | 85,7 | 4,48 | 202,5 | -3,71 | 0,000 |
| Endüstriyel plantasyonlar, odun ve odun ürünleri ithalini azaltarak ülke ekonomisine katkı sunacaktır. | 60,4 | 3,56 | 81,0 | 4,33 | 286,5 | -2,72 | 0,007 |
| Doğal ormanların endüstriyel plantasyon sahalara dönüştürülmesinde bir sakınca görmüyorum. | 26,5 | 2,31 | 57,9 | 3,63 | 238,0 | -2,97 | 0,003 |

*p<0,05

Endüstriyel ağaçlandırmaları desteklemeyen/karşıt ifadeler

- Endüstriyel ağaçlandırma hammadde darboğazını aşmak için düşünülmüş, ancak tekniği uygun olmayan, bizim topraklarımıza uymayan, orman varlığına zarar verecek riskli bir girişimdir.
- Endüstriyel ağaçlandırma ağaç tarımıdır, ormancılık değildir. Bu nedenle bu çalışmalar doğal orman alanları dışında boş ve özel arazilerde uygulanmalıdır.

B. Firmalar

- Depodaki ürünler genellikle yetersiz, üretim artırılmalıdır.
- Orman işletmeleri üretim talebimizi karşılayamıyor, esnafın talepleri dikkate alınmıyor.
- Mevcut ormanlardan daha fazla üretim yapılırsa ülke ormanları talebi karşılar, ithalata duyulan ihtiyaç azalır.
- Orman ürünleri işleyen işletmelerin sayısının artmasına yönelik teşvikler yetersiz olup tekelleşmeler artmıştır.
- Üretim artıkları, uygun bir şekilde değerlendirilmelidir.

4. Tartışma ve sonuç

Burdur-Bucak yöresi, genellikle engebeli arazi yapısına sahip ve karstik yapıda bir coğrafyadır (Çoban ve Eker 2009). Bu bölgede yapılan saha çalışmalarında, endüstriyel ağaçlandırmalar için belirlenen alanların eğimin nispeten düşük olduğu, toprak bakımından kayalık olmayan, yüzeysel taşlılığı az, makineli arazi hazırlığına ve bakım çalışmalarına müsait olan alanlardan seçildiği görülmektedir. Dolayısıyla, sahalarda arazi ve toprak özelliklerinin genelde eylem planının öngördüğü şartları sağladığı söylenebilir (Gürlevik, 2021). Sahalar genelde kırıklı bir yapıya sahip, ortalama eğim %6-29 arasında olup, jeolojik yapı itibarıyla Karakuştepe ve Karpuzçay formasyonu (kumtaşı, kiltası, silttaşı, konglomera) üzerinde yer almaktadır. Bölge toprakları genelde killi balçık tekstüründe, ortalama %18-23 oranında kireç içeren, hafif alkali reaksiyonda olup, organik madde içeriği ancak %1-2 seviyesindedir.

Orman mühendislerine yönelik yürütülen anket çalışmalarının sonuçları bu bölgedeki teknik personelin endüstriyel ağaçlandırmalar konusunda ciddi çekinceleri olduğunu göstermektedir. Her ne kadar endüstriyel ağaçlandırmaların odun üretimini artıracığı, ithalat-ihracat dengesini sağlayacağı ve ülke ekonomisine katkı yapacağı yönünde olumlu görüşler ortaya çıkmış olsa da mevcut eylem planının ülkemiz için ve özellikle bu bölge için uygun olmadığı vurgulanmıştır. Katılımcı görüşlerine göre endüstriyel ağaçlandırmaların uygulanabilirliği açısından temel sorun alanları; teknik ve ekolojik kapsamdadır.

Teknik husustaki hakim görüş; bu bölgede endüstriyel ağaçlandırma faaliyetlerine uygun saha temininin zor olduğu ve ayrıca tesis ve bakım esnasında makineli çalışmaların gereksiz, güç ve hatta bazen olanaksız olduğu şeklindedir. Bu bölgede seçilen arazilerin genelde engebeli ve bazen de nispeten taşlı olması, dikim öncesi makineli arazi hazırlığı sürecini zorlaştırdığı gibi dikim sıralarının da muntazam olmamasına sebebiyet vermektedir (Gürlevik ve Gürdal, 2017b). Bu durumda dikim sonrasında normal tarımsal ekipmanlar ile makineli bakım yapılması oldukça zorlaşmakta ve hatta bakım esnasında fidanların zarar

görmesi kaçınılmaz olmaktadır. Neticede elle bakım, makineli bakıma tercih edilmektedir. Bundan dolayı, engebeli arazi yapısına uygun ekipmanların tasarımı ve üretimi önem taşımaktadır. Bu konuda bir diğer husus ise, her ne kadar eylem planında önerilse de dikimi takip eden yıllarda sıra arası bakıma gerek dahi olmayabileceğidir. Zira, Bucak'ta yıllık yağış 674 mm ve temmuz-ekim ayları arasında 350 mm su noksanı olduğundan (Başaran vd., 2010), bu sahalarda genellikle aşırı bir otlanma sorunu bulunmamaktadır.

Ekolojik husustaki hakim görüş ise doğal ormanların ağaçlandırma alanlarına dönüştürülmesinin biyoçeşitliliği azaltacağı, genetik kaynaklara zarar vereceği, orman sağlığını ve doğal yapısını bozacağı şeklindedir. Bu nedenlerle, endüstriyel ağaçlandırmaların orman dışı alanlarda yapılması ve doğal ormanların endüstriyel ağaçlandırmalara dönüştürülmemesi görüşü öne çıkmaktadır. Bunun yanında, yerli türlerin endüstriyel ağaçlandırmalarda düşünülebileceği fikri kabul görse de yabancı türlere karşı net bir karşı tavır olduğu görülmektedir.

Bütün bu eleştirilerin bölge gerçekleri çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamakta fayda vardır. Zira Burdur-Bucak yöresi arazi ve orman yapısı itibarıyla endüstriyel ağaçlandırma yapılan diğer yörelerden farklılıklar gösterecektir. Örneğin, sahil çamı ve okaliptüs gibi hızlı gelişen ve ülkemize adaptasyonu sağlanmış türlerin yetiştirildiği alanlar için tür değişimi ve hatta yabancı türlere olan yaklaşım ayrıca sorgulanmalıdır.

Bunun yanında, günümüzde iklim değişikliği ve biyoçeşitlilik kaybı gibi küresel çevre sorunlarında görülen artış hem teknik personelde hem de toplumun bütün kesimlerinde haklı bir hassasiyet oluşturmaktadır. Ormancılık sektörünün de bu sorunlarla mücadelede aktif ve lider rol alması kaçınılmazdır. Ancak bu konuların popüler yaklaşımın ötesinde doğru bir şekilde analiz edilmesinde de fayda vardır. Endüstriyel ağaçlandırmalar da dahil, ormanlara yapılan müdahalelerin doğada belli bir değişime yol açacağı kesindir. Örneğin, "doğal" gençleştirme yöntemi olarak kabul gören tıraşlama kesimleri sonucunda bile, ormanda tür değişimi görülebilmektedir. Bir çalışmada, tıraşlama sonrasında bazı kuş türlerinin yoğunluğu azalmakla birlikte, ak kuyruksallayan, saka, kınalı keklik ve kiraz kuşu gibi belli türlerin ise sadece yeni tıraşlanmış sahalarda kendilerine yaşam alanı buldukları belirtilmektedir (Akdemir ve Özdemir, 2015). Dolayısıyla esas olan, müdahaleler sonrasında yaşanacak değişimin doğada geriye dönülemez ve telafi edilemez bir sonuç doğurup doğurmayacağını ve koruma-kullanma dengesinin mevcut bilim ve teknik ışığında değerlendirilmesidir.

Ayrıca bu faaliyetlerin zaman ve mekân ölçeğinden bağımsız olarak değerlendirilmemesinin daha doğru bir yaklaşım olacağı söylenebilir. Örneğin Akdeniz bölgesi ağırlıklı olarak zaten saf ve aynı-yaşlı ormanlardan ibarettir. Bölgedeki ağaçlandırma çalışmalarında saha büyüklükleri Isparta OBM verilerine göre ortalama 10 ha'nın altındadır. Bu ormanlarda nispeten küçük alanlarda yörenin doğal türleri (örneğin kızılçam) ile yapılacak ağaçlandırmaların orman yapısına ve biyoçeşitliliğine etkisinin oldukça sınırlı ve geçici olması beklenebilir. Hatta bu ağaçlandırmaların doğada peyzaj mozaığı oluşturarak konumsal arazi yapısını çeşitlendirebileceği de söylenebilir. Diğer bir deyişle, bu ve benzeri müdahalelerin meşcere ölçeğinde biyoçeşitliliği (alfa çeşitlilik) kısmen azaltılabileceği ancak orman ve peyzaj

ölçeğinde (beta ve gama çeşitlilik) tam tersine bir artışa neden olabileceği düşünülebilir. Hatta hedeflenen yüksek artım ve üretim sayesinde, ağaçlandırma sahasının içerisinde tür çeşitliliğinde kısmi bir azalma olsa da diğer doğal orman alanlarındaki işletmecilik baskısını azaltarak aslında orman ve peyzaj ölçeğinde biyoçeşitliliğin korunmasına daha fazla hizmet edilmesi potansiyeli de vardır (Moore ve Allen, 1999). Biyoçeşitliliğin ve sahanın verim gücünün korunmasında dikkat edilmesi gereken temel husus, boşaltma kesimleri sonrasında sahada yeterli kesim artışı ve diğer organik maddenin korunmasıdır (Hartley, 2002). Bu bölge özelinde gözden kaçan bir diğer tartışma konusu ise, “verimsiz” maki vejetasyonunun ortadan kaldırılarak endüstriyel veya diğer amaçlarla yapılacak ağaçlandırmalara tahsisinin geleneksel olarak yaygın kabul görmüş bir ormancılık yaklaşımı olmasıdır. Asıl biyoçeşitlilik kaybının bu makilik sahalarda veya ülkemizin diğer bölgelerindeki karışık ormanlarda yürütülen çalışmalarda olması muhtemeldir. Orman ekosistemlerinin oldukça karmaşık ve değişken yapısı düşüldüğünde, tabii ki bu metinde ele alınan tartışmaların her birinin teknik, ekolojik ve ekonomik boyutu ile incelenmesi yerinde olacaktır.

Endüstriyel ağaçlandırmalar dünyada ve ülkemizde hep tartışılan konulardan birisi olmuştur. ABD’de 20. yüzyılın ortalarından itibaren yapılan ağaçlandırma çalışmalarında güney çam ormanlarının verim gücü yıllık yaklaşık 6 m³/ha’dan 28 m³/ha’ya çıkarılmıştır (Fox vd., 2004). Bu sayede idare süresi de 50’li yaşlardan 20 yaşın altına kadar inmiştir. Bu gelişmelerin temel nedeni yıllarca devam eden bilimsel araştırmalar ve bunun neticesinde geliştirilen “türe-özel” ve “sahaya-özel” silvikültürel tekniklerdir. Bu hususta özellikle arazi hazırlığı, dikim tekniği, fidanlık tekniği, bakım tekniği (diri örtü mücadelesi, gübreleme vb.) ve ağaç ıslahı konularındaki gelişmeler önemli rol oynamıştır. Bundan sonraki süreçte ise klonal ormancılık ve biyoteknolojideki gelişmelerin önemli roller üstleneceği varsayılmaktadır. Bütün bu çabalar sayesinde, ABD’nin dünya orman alanlarındaki payı %8 iken, odun hammaddesi üretimindeki payı %18 gibi ciddi bir seviyeye ulaşmıştır (FAO, 2020).

Ülkemiz coğrafi özellikleri itibarıyla ABD’ye çok benzemekle birlikte, potansiyel olarak gelişmeye açık bir alan mevcuttur. Kızılçam, ABD’deki güney çamları gibi (örneğin *P. taeda*, *P. elliotii*) yarı-tropikal iklim kuşağının hızlı gelişen bir türüdür ve ABD ve Avustralya dahil dünyada pek çok ülkede hızlı gelişen endüstriyel türü olarak denemeleri yapılmaktadır. Ülkemizde de uygun orijin seçilmesi durumunda büyümede sağlanacak kazancın, deneme alanlarına göre değişmekle birlikte, %30 ile %50 arasında olabileceği ortaya konmuştur (Örtel vd., 2010). Ayrıca, farklı yetişme ortamı özelliklerine (bakı, yamaç pozisyonu, fizyolojik toprak derinliği, organik madde miktarı, yağış vb.) tepki verebildiği de bilinmektedir (Özel vd., 2011). Hal böyle iken, bu türün kendi anavatanında da hak ettiği değeri görmesi, bu konuda kararlı adımlar atarak “sahaya-özel” silvikültür tekniklerinin geliştirilmesi ile mümkün olacaktır.

OGM Stratejik Planı’nda endüstriyel ağaçlandırmaya uygunluğu tespit edilen toplam 330.000 hektarlık potansiyel alanda uygulama oranının %9’dan %100’e çıkarılması hedeflenmiştir (OGM, 2018). Bu gelişmeler On Birinci Kalkınma Planı’nda (SBB, 2019) “ahşap kullanımının yaygınlaştırılması ve odun hammaddesi talebinin karşılanmasına yönelik endüstriyel plantasyonların kurulması” hedefi ile uyumludur. Görüldüğü üzere ülkemizde

endüstriyel ağaçlandırma yapılan alan miktarı belirlenen hedefler doğrultusunda artmaya devam edecektir. Ancak orman alanları içerisinde endüstriyel ağaçlandırmaya uygun arazi oldukça kısıtlıdır. Bu nedenle bu çalışmaya katılan orman mühendislerinin de belirttiği üzere “uygun yetişme ortamlarında orman dışı alanların endüstriyel ağaçlandırma sahasına dönüştürülmesi” görüşü ile uyumlu olarak özel sektör tarafından kiralanen veya tapulu arazilerde, endüstriyel ağaçlandırma yatırımlarının da özendirilmesi (Tolunay, 2018), sektörün odun hammaddesi ihtiyacının karşılanabilmesi için önem arz etmektedir.

Açıklama

Bu çalışmayı finansal olarak destekleyen SDÜ BAP Birimine teşekkür ederiz. Bunun yanında, saha çalışmalarında bize her türlü desteği veren Bucak Orman İşletme Müdürü Sayın Mehmet KARABACAK’a ve Ağaçlandırma ve Toprak Muhafaza Şefi Sayın Ramazan AVCU’ya, ayrıca, ağaçlandırma yapılan alanlara ilişkin istatistikleri sağlayan Ağaçlandırma Daire Başkanı Sayın İbrahim YÜZER’e ayrıca teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akdemir, D., Özdemir, İ., 2015. Batı Akdeniz bölgesindeki kızılçam ormanlarında uygulanan tıraşlama kesimlerinin kuşlar üzerindeki etkileri. *Turkish Journal of Forestry*, 16(2): 102-110.
- Asan, Ü., 1998. Endüstriyel plantasyonlar ve Türkiye’deki uygulamalar. Hızlı Gelişen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar Çalıştayı, 8-9 Aralık 1998, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 25-37.
- Başaran, M.A., Coşgun, U., Ay, Z., Başaran, S., Yalçın, A., Güzence, E., Çevik, N., Baş, M.N., 2010. Düzlerçamı Orman İşletme Şefliği Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlamaya Yönelik Envanter Bilgileri ve Sınıflandırılması. Teknik Bülten No 37. Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü. Antalya.
- Birler, A.S., 1995. Ormanların Korunması İçin Endüstriyel Ağaçlandırmaların Önemi. 2. Baskı. TEMA Vakfı Yayınları No 8, İstanbul, 28 s.
- Boydak, M., Çalışkan S., 2014. Endüstriyel orman ağaçlandırmaları biyokütle ağaçlandırmaları ve hızlı gelişen türler. Ağaçlandırma, Bölüm 14, OGEM-VAK, Ankara, s. 467-563.
- Boydak, M., Dirik, H., 1998. Ülkemizdeki hızlı gelişen türlerle bugüne kadar yapılan çalışmalarda ulaşılan aşama, uygulanan politika ve stratejiler, buna bağlı olarak uygulanabilecek strateji ve politika önerileri. Hızlı Gelişen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar Çalıştayı, 8-9 Aralık, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 13-24.
- Carus, S., Çatal, Y., 2012. Burdur yöresi orman işletmeciliğinin temel özellikleri, sorunları ve çözüm önerileri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(1): 53-59.
- Çatal, Y., Gürlevik, N., Erkan N., 2021. Ülkemizde Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları ve Önemi, Ekoloji ve Ekonomi Ekseninde Türkiye’de Orman ve Ormancılık (Ed. Pakdemirli B., Küçük Ö., Bayraktar Z., Takmaz S), 6. bölüm, s. 161-198, Sonçağ Akademi Yayınları, Ankara.
- Çoban, H.O., Eker, M., 2009. SRTM Verileri ile bazı topoğrafik analizler: Isparta orman bölge müdürlüğü örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 2, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 76-91.
- Durkaya A., 2002. Endüstriyel plantasyon tesisinde kızılçamın önemi ve planlanmasında uygulanması gereken ilkeler. Orman Amenajasında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan, İÜ Orman Fakültesi, İstanbul, s. 89-94.

- Erkan, N., 2002. Growth performance of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) in natural forest and plantation in Turkey. Proceedings of the IUFRO Meeting: Management of Fast Growing Plantations (Diner A., Ercan M., Goulding C., Zoralioğlu T., Eds.), Poplar and Fast Growing Forrest Trees Research Institute, 11-13 September, İzmit, Turkey, pp. 67-74.
- Erkan, N., 2021. Geçmişten günümüze Türkiye'deki endüstriyel ağaçlandırma çalışmalarının değerlendirilmesi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 8:2, 108-116.
- FAO, 2001a. Future production from forest plantations. Forest Plantation Thematic Papers, Working Paper 13. Forest Resources Development Service, Forest Resources Division. FAO, Rome (unpublished), Erişim tarihi: 31/12/2021.
- FAO, 2001b. Mean annual volume increment of selected industrial forest plantation species by L Ugalde & O Pérez. Forest Plantation Thematic Papers, Working Paper 1. Forest Resources Development Service, Forest Resources Division. FAO, Rome (unpublished), <https://www.fao.org/3/AC121E/ac121e00.htm#Contents>, Erişim tarihi: 31/12/2021.
- FAO, 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <https://doi.org/10.4060/ca9825en>, Erişim tarihi: 31/12/2021
- Fox, T.R., Jokela, E.R., Allen, H.L., 2004. The Evolution of Pine Plantation Silviculture in the Southern United States. In: Southern Forest Science: Past, Present, and Future Productivity. Gen. Tech. Rep. SRS-75. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. Chapter 8, p. 63-82.
- Gürlevik, N., 2021. Burdur-Bucak Yöresi Endüstriyel Ağaçlandırmaların Değerlendirilmesi. SDÜ BAP Proje No: 4920-YL1-17. Isparta
- Gürlevik, N., Gürdal, Z., 2017a. An overview of industrial plantations in Turkey. ISFOR 2017-International Symposium on New Horizons in Forestry, Ekim 18-20, Isparta, 210.
- Gürlevik, N., Gürdal, Z., 2017b. Endüstriyel ağaçlandırmaların önemi ve Isparta yöresindeki kızılçam ağaçlandırmalarında yaşanan sorunlar. 2023'e Doğru 4. Doğa ve Ormanlık Sempozyumu, Aralık 3-6, Antalya, 119-131.
- Hartley, M.J., 2002. Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests. *Forest Ecology and Management*, 155: 81-95
- Jürgensen, C., Kollert, W., Lebedys, A., 2014. Assessment of Industrial Roundwood Production from Planted Forests. FAO Planted Forests and Trees Working Paper Series No. 48, Rome. <http://www.fao.org/forestry/plantedforests/67508@170537/en/>
- Kılıç, S., 2016. Cronbach'ın alfa güvenilirlik katsayısı. *Journal of Mood Disorders (JMOOD)*, 6(1): 47-48.
- Korkmaz, M., 2012. Orman işletmelerinde iktisadilik düzeyinin TOPSIS yöntemi ile analizi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, SDU Faculty of Forestry Journal, 13: 14-20.
- Kök, G., 2009. Dünyada ve Türkiye'de orman ürünleri arz talep ilişkileri. II. Ormanlıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat, SDÜ, ISPARTA, s. 349-360.
- Moore, S.E., H.L. Allen., 1999. Plantation forestry. In: Hunter, M.L. Jr. (Ed.), *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press, New York, pp. 400-433
- OGM, 2013. Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı 2013-2023. Orman Genel Müdürlüğü, ANKARA
- OGM, 2015. Endüstriyel Ağaçlandırma Uygulamalarına İlişkin Teknik Esaslar, Tebliğ No: 304, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OGM, 2018. Orman Genel Müdürlüğü Stratejik Plan (2019-2023). Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OGM, 2019. Ormanlık istatistikleri 2019 (Orman alanlarının ağaç türlerine göre dağılımı, 2019), Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Örtel E., Çalikoğlu M., Çetinay Ş., Altun Z.G., Cengiz Y., Boza A., Türker A. H., Kahraman T., Gökdemir Ş., Tosun S., Arslan M., Özpınar Z., Karatay H., Karzaoğlu C., 2010. Kızılçam Orijin Denemelerinin 20. Yıl Sonuçları. Teknik Bülten No 35, OGM Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Antalya.
- Özel H.B., Kırdar E., Demirci A., Görmez Y., 2011. Bazı yetiştirme ortamı koşulları ile kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) fidanlarının büyüme performansı arasındaki ilişkiler. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim, Kahramanmaraş. KSÜ Doğa Bil. Der., Özel Sayı, 2012. s. 155-165.
- Özen, M., Alkan, H., 2020. Devlet orman işletmelerinde müşteri memnuniyetinin belirlenmesi (Isparta Orman Bölge Müdürlüğü örneği). *Turkish Journal of Forestry*, 21(3): 267-278.
- Payn, T., Carnus, J.M., Freer-Smith, P., Kimberley, M., Kollert, W., Liu, S., Orazio, C., Rodriguez, L., Silva, L.N., Wingfield, M.J., 2015. Changes in planted forests and future global implications. *Forest Ecology and Management* 352: 57-67.
- SBB, 2019. On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023). Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara.
- Tolunay, D., 2018. Odun Hammaddesi Talebinin Karşılmasında Çare Endüstriyel Ağaçlandırmalar mı? Orman'dan Endüstriye, Orman Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Bülteni, Ağustos-Eylül-Ekim 2018: 37-45.
- Usta, H.Z., 1991. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Yayınları, 138s, Ankara.

Investigation of differently coated corrugated cardboard in terms of electrophotographic print chroma and hue angle

Ufuk Yılmaz^{a,*} , Ufuk Kılıç^a , Mustafa Batuhan Kurt^b , Ahmet Tutuş^a , Sinan Sönmez^b 

Abstract: Paper-Cardboard production sector renews itself day by day and evaluates alternative options to increase quality. At the same time, it has closely adapted to technological developments in the printing industry and has now managed to enter every home or office thanks to digital printing. Digital printing (inkjet-electrophotographic) has come to a level where it can replace some conventional printing techniques as a result of the quality prints it provides. Considering the ease of use and cost advantage, it becomes inevitable that this printing technique is one of the most common printing methods. In this study, the properties of corrugated cardboard with different coating properties in electrophotographic printing are investigated with parameters such as printing chroma, hue angle and gloss values. According to the results of the research, it is determined that corrugated cardboards coated with precipitated calcium carbonate (PCC) gave more positive results in terms of both optical properties and electrophotographic print quality.

Keywords: Precipitated calcium carbonate (PCC), Eggshell calcium carbonate (ECC), Ground calcium carbonate (GCC), Electrophotographic printing, Corrugated cardboard

Farklı kaplanmış oluklu mukavva kartonların elektrofotografik baskı kroma ve ton açısı bakımından incelenmesi

Özet: Kâğıt-Karton üretim sektörü her geçen gün kendini yenilemekte ve kaliteyi arttırmak için alternatif seçenekleri değerlendirmektedir. Aynı zamanda baskı sektörü de teknolojik gelişmelere sıkı bir şekilde uyum sağlamış ve dijital baskı sayesinde artık her eve ya da her ofise girebilmeyi başarmıştır. Dijital baskı (inkjet-elektrofotografik) verdiği kaliteli baskılar sonucunda artık bazı konvansiyonel baskı tekniklerinin yerini alabilecek düzeye gelmiştir. Kullanım kolaylığı ve maliyet avantajı da göz önünde bulundurulduğunda bu baskı tekniğinin en yaygın baskı yöntemlerinden biri olması kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu çalışmada farklı kuşeleme özelliğine sahip oluklu mukavva kartonların baskı kroma, hue angle ve gloss değerleri gibi parametrelerle elektrofotografik baskıdaki özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre PCC ile kuşelenen oluklu mukavva kartonların hem optik özellikler açısından hem de elektrofotografik baskı kalitesi açısından daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çöktürülmüş kalsiyum karbonat (PCC), Yumurta kabuğu kalsiyum karbonat (ECC), Öğütülmüş kalsiyum karbonat (GCC), Elektrofotografik baskı, Oluklu mukavva karton

1. Introduction

Paper, which is one of the most produced and consumed materials in the world and where the development in production and consumption in the countries immediately affects other countries, has an important strategic position in our country as well (Sayın and Malayoğlu, 2001)

The prevalence of usage makes paper one of the products with high social and economic impacts. However, due to its nature, paper cannot be supplied from nature as a material that can be used directly, it emerges by being produced from different raw materials and in different ways with human labor and knowledge (Atik and Ok, 2017).

Paper products today are used in printing, packaging, health, cleaning, etc. It is in a location that we can easily reach in order to make our lives easier in areas. Today,

paper is needed for the healthy preservation of foods or for the safe transportation of products.

Corrugated cardboard is a durable paper material due to its construction. It consists of two paper layers, which we call testliner and fluting, and these papers are generally produced in 115 g/m² weight. The testliner layer and the fluting layer are cut into suitable sizes using an adhesive material (usually starch). It is generally used for packaging purposes. (Çiçekler et al., 2014).

The use of calcium carbonate has increased further in the last decade and has been approved in the alkaline papermaking process, particularly in Europe. It has taken a large place in the filler and white pigment markets (Harben, 1998). PCC is a type of calcium carbonate that can be produced by chemical processes at a temperature of 900 °C and under a certain pressure with the desired particle shape

✉ ^a Department of Forest Industry Engineering, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Kahramanmaraş, Turkey

^b Department of Printing Technologies, School of Applied Sciences, Marmara University, İstanbul, Turkey

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): kufu27@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 03.02.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 18.03.2022



Citation (Atıf): Yılmaz, U., Kılıç, U., Kurt, M.B., Tutuş, A., Sönmez, S., 2022. Investigation of differently coated corrugated cardboard in terms of electrophotographic print chroma and hue angle. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 51-57. DOI: [10.18182/tjf.1067727](https://doi.org/10.18182/tjf.1067727)

and desired particle size and controllable particle size distribution (Tutuş et al., 2018). GCC can be used in multiple industry applications. If it is produced in appropriate quality standards and logistics opportunities are provided to open to the world market, it can be sold as a product with a high profit level (Ercan et al., 2018). ECC is an inexpensive type of CaCO_3 obtained from egg shells. In addition to being used as a filler, it can also be used as a surface coating. The size of ECC used in paper production is 5-190 μm , GCC is around 0.8-8.9 μm , and PCC is around 0.9-6.3 μm . With these values, it is seen that the particle size of the ECC material is larger, while PCC and GCC are close in size (Tutuş et al., 2020). Images of the coated materials used in the study are given in Figure 1 below.

Considering the surface properties of corrugated cardboard, it is seen that the most suitable printing type to be used is flexo printing. The reason why the printing type used for this sector is flexo printing is that the printing plate is elastic and the image can be transferred to the rough surface better than other printing types. The working principle of flexo printing is given in Figure 2 below.

1.1. Digital electrophotographic printing and colors

Today, the digital printing system, which provides benefits in terms of both time saving and cost in the printing industry, is moving towards being an alternative to all printing systems. By eliminating many intermediate elements, it transfers the image on the computer screen to the printing material without the need for any mold.

Digital printing It is a type of printing that can provide high quality, economical and personalized prints for low trajectory jobs. There are two primary digital printing technologies. The first is the technology that we call inkjet printing, which prints by spraying ink on the paper surface. The second is digital electrophotographic printing, which enables the transfer of small particles, which we call toner, to the surface of the printing material with an electric charge. (Özomay, 2021). The working principle of electrophotographic printing is shown in Figure 3 below.

Cardboard coating is generally applied for reasons such as reducing costs, increasing surface strength, and improving print quality (Sönmez, 2008; Gutierrez et al., 2009).

In this study, it has been investigated which surface coated material for corrugated cardboard gives more suitable results for digital electrophotographic printing.



Figure 1. Used ECC, GCC and PCC materials for coating (Tutuş et al., 2020)

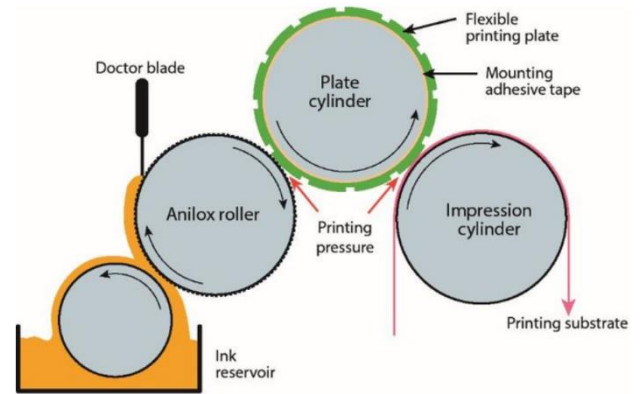


Figure 2. Flexo printing principle (Valdec et al., 2017)

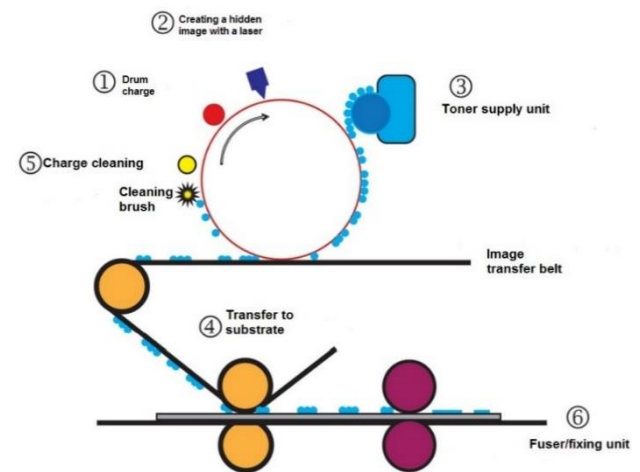


Figure 3. Electrophotographic printing principle (Şahinbaşkan, 2018)

2. Material ve Method

2.1. Material

In this study, 115 g/m^2 testliner paper is used for printing. ECC, GCC and PCC are used as surface coated materials. These materials used are obtained from Kahramanmaraş Sütçü İmam University Paper Production Laboratory.

2.2. Method

2.2.1. Starch preparation (15% g/ml)

30 g starch is weighed into a 250 ml beaker and 170 g distilled water is added. The starch is mixed until homogeneously dissolved and placed on the magnetic heater. The starch is stirred in the magnetic heater until it boils.

2.2.2. CaCO₃ preparation (ECC, GCC, PCC) (%50 g/ml)

Weigh 200 g of ECC, GCC or PCC in a 500 ml beaker and add 200 g of distilled water. The mixture is mixed homogeneously for 10 minutes.

2.2.3. Preparation of coated milk

34.68 g 50% CaCO₃, 17.33 g 15% starch, 0.06 g CMC (Carboxymethyl Cellulose) these materials are mixed homogeneously in a 100 ml beaker. The obtained coated milk is applied to the paper surface in 3 repetitions at a pressure of 4.5 bar and a speed of 3.30 m/min in the size press device. The coated papers are left to dry at room temperature. The size-press device used for coating is given in Figure 4 below.

2.2.4. Physical and optical testing

The physical and optical values of the papers obtained after the coating process are determined by adhering to the standards given in Table 1 below.



Figure 4. Size press coating machine

Table 1. Standard of physical and optical test

| Optical and physical tests | Standards |
|-------------------------------------|-------------------|
| Grammage (g/m ²) | TAPPI T 410 om-88 |
| Breaking length (m) | TAPPI T 494 om-01 |
| Burst index (kPa m ² /g) | TAPPI T 403 om-91 |
| Tear index (mN.m ² /g) | TAPPI T 414 om-88 |
| Brightness (%ISO) | ISO/DIS 2470 |
| Whiteness (% ISO) | ISO 11475 |
| Yellowness (E313) | ASTM E313 |
| CIE Whiteness (D65/10°) | ISO 11475 |

2.2.5. Printing process and color measurement

After the coating process, laser prints are made on corrugated cardboard with Canon I Sensys LBP613CDW printing machine. Color measurements of the prints are made using the X-Rite eXact™ Spectrophotometer (D50 illuminant, 2° observer, 0°/45° geometry, black backing) and adhering to the ISO/IEC 19752:2017 standard.

It is calculated according to the formula below.

$$C_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \tag{1}$$

Hue angle is calculated according to the formula below (Yılmaz et al., 2021);

$$h_{ab} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \tag{2}$$

3. Results and discussion

Some physical and optical properties of corrugated cardboard are given in Table 2 below.

When analyzed in Table 2, it is seen that PCC has a more positive effect on the optical properties of corrugated cardboard. It is seen that the GCC material gives more positive results on the optical properties than the ECC material, while the breaking length of the base paper is 3418, while this value is 3140 m, 2476 m and 3438 m for ECC, GCC and PCC, respectively. It is determined that the GCC material had a negative effect on the breaking length. When the surface roughness values are examined, the values of ECC, GCC and PCC are found to be 3.01, 1.86 and 1.18, respectively. Since the particle size of the PCC material is small, its capacity to fill the gaps between the cellulose fibers is higher than other coated materials, and therefore the surface roughness is lower. Considering the COBB₆₀ value, the value which is 110 g/cm² in the base paper decreased significantly after the coating process. Looking at the COBB₆₀ values, it is seen that the value of ECC is 60 g/cm², that of GCC is 74 g/cm², and that of PCC is 96 g/cm². It is seen that these results are consistent with the information obtained in the literature (Tutuş et al., 2020; 2018; 2013; 2012).

In Figure 5 below, the variation of the surface contact angles of different coated papers over time is given.

The drop volume image of the materials used as surface coating is given in Figure 5 below.

Table 2. Some physical and optical properties of corrugated cardboard

| Item | Control paper | ECC | GCC | PCC |
|---|---------------|-------|-------|-------|
| Grammage (g/m ²) | 112 | 112 | 112 | 112 |
| Brightness ISO (%) | 24.18 | 45.93 | 47.31 | 64.16 |
| CIE whiteness ISO (%) | -52.59 | 16.96 | 27.55 | 59.84 |
| Whiteness ISO (%) | 32.82 | 49.90 | 51.47 | 65.42 |
| Yellowness (E313) | 38.71 | 15.65 | 11.96 | 2.95 |
| Surface roughness (Ra) | 2.61 | 3.01 | 1.86 | 1.18 |
| Breaking length (m) | 3418 | 3140 | 2476 | 3438 |
| Burst index (kPa m ² /g) | 1.64 | 1.65 | 1.22 | 1.68 |
| Tear index (mN.m ² /g) | 6.28 | 5.39 | 4.40 | 5.25 |
| COBB ₆₀ (g/cm ²) | 110 | 60 | 74 | 96 |
| Surface angle (°) | 41.99 | 39.10 | 26.98 | 21.17 |

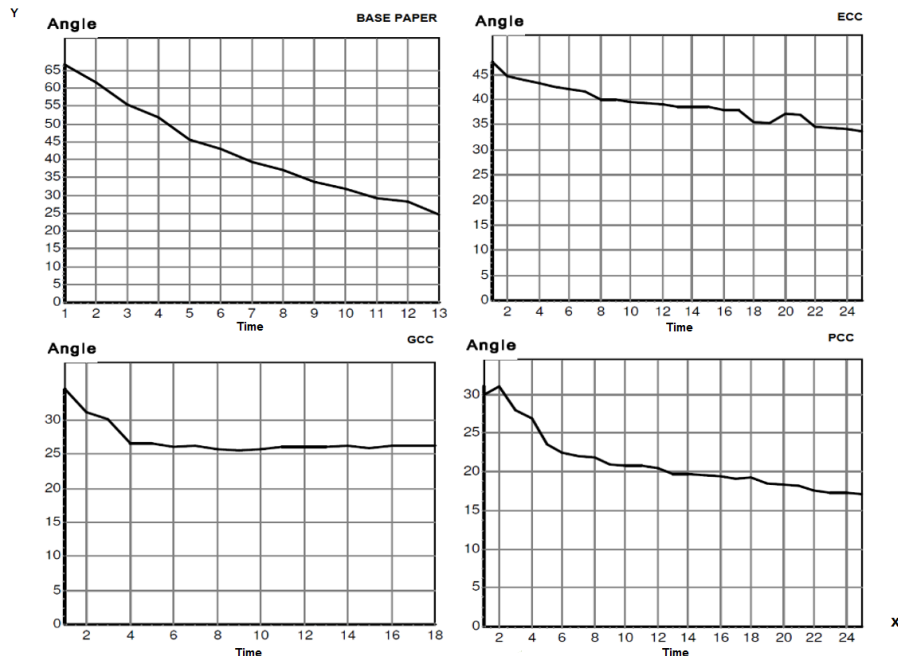


Figure 5. Change of surface contact angles of different coated papers over time

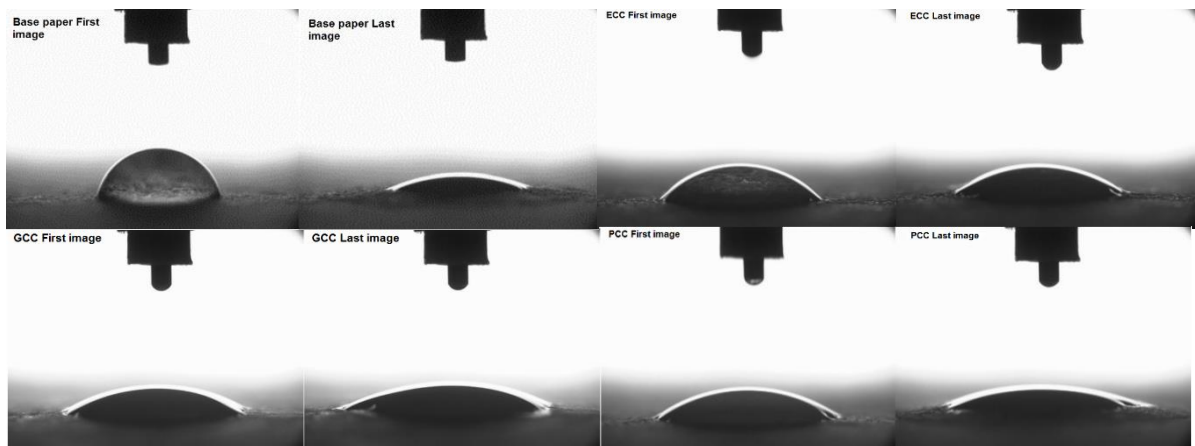


Figure 6. Drop volume images showing the time-dependent change of surface contact angles of different coated papers

When Figure 5 and Figure 6 are examined, it can be seen that the surface contact angle on the control paper decreases regularly depending on time. The contact angle, which is initially measured at approximately 66° , decreased to 25° . In ECC coating, while the initial contact angle is at 47° levels, it is seen that the contact angle determined in the final image is balanced at 34° levels. While the first measurement of the surface contact angle in GCC coating is at 38° levels, it is observed that it stabilized at 25° - 27° levels in the future. While the first surface contact angle of PCC coated paper is measured as 30° , it increased to 32° levels in the first place, but the contact angle decreased and stabilized at 17° levels in the following periods. When the obtained graphics and images are examined, it is seen that ECC coated corrugated cardboard is more hydrophobic, whereas PCC coated corrugated cardboard is more hydrophilic.

The term chroma means color saturation, the purity of a color on the color wheel. Chroma is also known as chromaticity in the brightness of a luminous area that appears as translucent or white. (Dini et al., 2019). For a good print

quality, chroma and color gamut are expected to be high (Sönmez, 2011).

Electrophotographic chroma values of the materials used as surface coating are given in Table 3 below.

When Table 3 is examined, it is seen that naturally the lowest chroma value in CMY colors is in the control paper. It is seen that the sample with the lowest chroma value belongs to the ECC material. The highest chroma value is found in PCC coated material. It is seen that there is an inverse proportion with this situation in the chroma values of the black color. It can be seen that the highest chroma value of black color is found on ECC coated paper and the lowest value is found on PCC coated paper. The values obtained for ECC, GCC, PCC coated papers are respectively %37.58, %43.13, %47.01 for cyan, %49.41, %52.33, %55.09 for magenta, %57.70, %63.52, %66.45 for yellow, %3.16, %1.50, %1.01 for black showed in Table 2. When this situation is considered in general, it is seen that the best chroma color value is obtained on PCC coated papers.

Table 3. Electrophotographic chroma values of the materials used as surface coating

| Color | Control | ECC (%) | GCC (%) | PCC (%) |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| Cyan | 29.76 | 37.58 | 43.13 | 47.01 |
| Magenta | 47.66 | 49.41 | 52.33 | 55.09 |
| Yellow | 54.22 | 57.70 | 63.52 | 66.45 |
| Black | 4.65 | 3.16 | 1.50 | 1.01 |

Hue angle is the measurable angle of the color value. All possible color changes can be easily calculated using the 360° hue angle formula. Hue angle can change depending on the situation where a color is blue, green and red. Hue angle is blue if it is 270°, if 180° green, if 90° yellow and if 0° red. The diagram in which the colors are ordered according to the tone angle is given in Figure 7 below.

The hue angles of electrophotographic printing are given in Table 4 below.

When the values given in Table 4 are examined, it is seen that the coated material with the highest hue angle in cyan color is PCC with 63.26°, and the coated material with the lowest hue angle is ECC with a value of 57.33°. The cyan hue angle of the control paper is calculated as 49.52°, and the cyan hue angle of the GCC coated material is calculated as 61.95°. In the hue angle of the magenta color, the opposite angle is calculated. It is seen that the coated material with the highest hue angle is ECC with 13.90°, and the lowest hue angle is PCC coated material with 8.89. Other color angles of ECC, GCC and PCC coated materials are determined as 89.62°, -86.25°, -85.04° in yellow, 47.95°, 21.45°, -5.09° in black, respectively.

Gloss is a function of the directional reflective properties of a surface. It is a property that determines the ability of a surface to show its brightness or to show the brightness quality. Gloss is a qualitative concept, that is, not a basic term (Ferwerda et al., 2001). Gloss is associated with the reflection of unwanted light (Sönmez, 2020).

In the graphic below, the printing gloss values of the materials used as surface coating are displayed. The curve of

the print gloss values of the used materials as surface coating is shown in Figure 8 below.

When the graph is examined, it is seen that the highest gloss value is obtained with 2.6 in PCC coating, and the lowest gloss value is obtained with 1.8 in GCC coating. The gloss value of the control paper is 4.55, and the gloss value of the ECC coated material is 2.3. The color universe of the used materials as surface coating is shown in Figure 9 below.

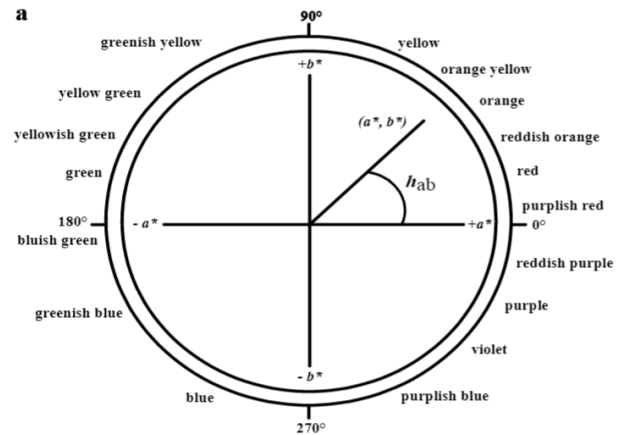


Figure 7. Diagram with the Sequence of Colors According to Hue Angle (Dini et al., 2019)

Table 4. Electrophotographic Hue angles of the materials used as surface coating

| Hue angle | Control | ECC (°) | GCC (°) | PCC (°) |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| Cyan | 49.52 | 57.33 | 61.95 | 63.26 |
| Magenta | 18.22 | 13.90 | 10.10 | 8.89 |
| Sarı | 86.97 | 89.62 | -86.25 | -85.04 |
| Siyah | 60.79 | 47.95 | 21.45 | -5.09 |

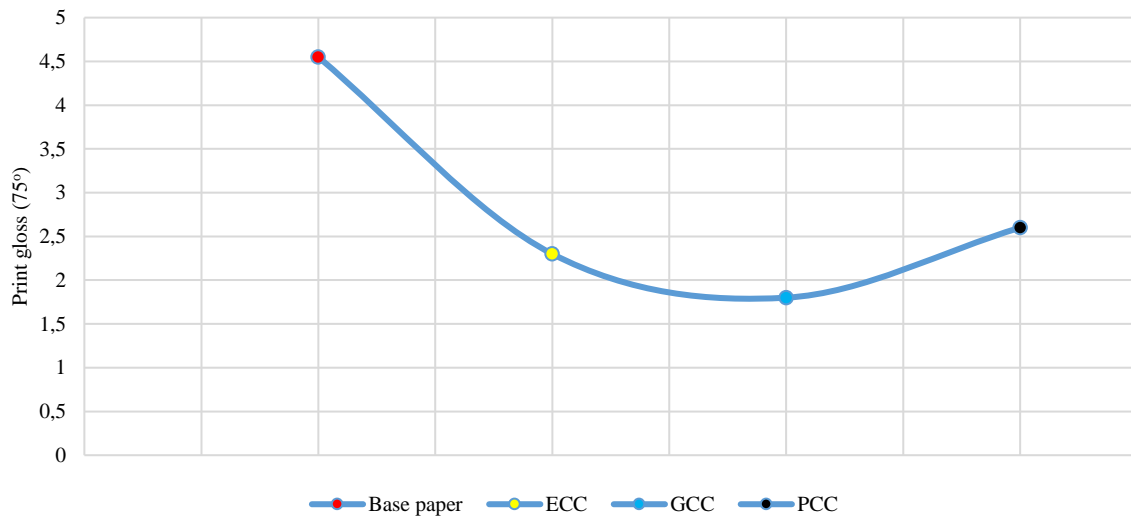


Figure 8. Print gloss (75°) values of the used materials as surface coating

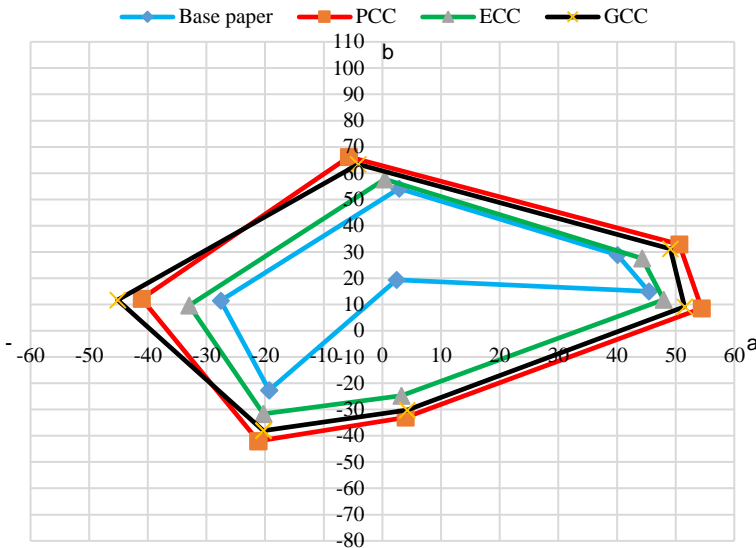


Figure 9. Color universe values of the used materials as surface coating

When Figure 9 is examined, it is seen that the coated material with the highest color universe is PCC, followed by GCC, and finally the coated material with the smallest color universe is ECC. Naturally, control paper is the printed paper with the lowest color universe.

4. Conclusion and recommendations

When the results obtained in general are examined, it is seen that PCC coating gives better results than other coated materials in terms of both paper production and print quality. The color universe obtained as a result of electrophotographic printing on PCC covers a wider area than other coated materials, and the chroma value of the printing obtained is higher than the chroma value obtained with ECC and GCC. It is seen that the results obtained regarding paper production are compatible with the literature (Tutuş et al., 2018; 2013; 2013; Penkin et al., 2019; Wahab, 2017).

References

- ASTM E313, 2020. Standard Practice for Calculating Yellowness and Whiteness Indices from Instrumentally Measured Color Coordinates, West Conshohocken, USA.
- Atik, C., Ok, K., 2017. Türkiye'de Kağıt Üretimi ve Sürdürülebilir Kalkınma, Unpublished Technical Report, ss.28. DOI:10.13140/RG.2.2.32294.93761.
- Çiçekler, M., Tutuş, A., Gültekin, S., 2014. Oluklu mukavva kutu karton kağıt üretiminde reçine kullanılarak suya karşı mukavemetlerinin artırılması. III. International Nonwood Product Sempodium, 8-10 May, Kahramanmaraş, pp. 618-623.
- Dini, M., Raseira, M., Scariotto, S., Carra, B., de Abreu, E. S., Mello-Farias, P., Cantillano, R.F., 2019. Color shade heritability of peach flesh. *Journal of Agricultural Science*, 11(8): 236-247.
- Ercan, M., Koltka, S., Sabah, E., 2018. The production of ground calcium carbonate (GCC) from marble wastes: Comparison of wet and dry grinding products. *Mining*, 57(1): 35-43.
- Ferwerda, J.A., Pellacini, F., Greenberg, D.P., 2001. A psychophysically-based model of surface gloss perception. *Proceedings of the SPIE: Human Vision and Electronic Imaging VI*, 4299: 291-301.
- Gutierrez, L., Sanchez, C., Batlle, R., Nerin, C., 2009. New antimicrobial active package for bakery products. *Trends in Food Science and Technology*, 20(2): 92-99.
- Harben, P., 1998. CaCO₃ in paper. *Industrial Minerals*, 366: 39-49.
- ISO 11475, 2017. Paper And Board. Determination Of CIE Whiteness, D65/10\$0D (Outdoor Daylight) (British Standard), Geneva.
- ISO 2470-1:2016 Paper, board and pulps — Measurement of diffuse blue reflectance factor — Part 1: Indoor daylight conditions (ISO brightness), Geneva.
- Özomay, Z., 2021. Investigation of the effect of different properties of paper on printability in digital printing system. *Middle East International Conference on Contemporary Scientific Studies-V*, March 27-28, Ankara, pp. 277-287.
- Penkin, A., Vetokhin, S., Dubodelova, E., Solovyova, T., 2016. Modified GCC fillers in printing paper production. *Industrial Technology and Engineering*, (3): 47-53.
- Şahinbaşkan, T., 2018. Evaluation of digital printing systems for labels production. *6th International Printing Technologies Symposium*, 01-03 November, İstanbul, pp. 845-856.
- Sayın, Z.E.E., Malayoglu, U., 2001. Industrial raw materials used in paper-cardboard industry and their properties. *4th Industrial Raw Materials Symposium*, 18-19 October, İzmir, pp. 250-257.
- Sönmez, S., 2008. Kartonun yüzey özelliklerinin değiştirilerek basılabilirlik niteliğinin geliştirilmesi. *Doctoral Dissertation*, Marmara University, Institute of Science and Technology, İstanbul.
- Sönmez, S., 2011. Interactive effects of copolymers and nano-sized pigments on coated recycled paperboards in flexographic print applications. *Asian Journal of Chemistry*, 23(6): 2609-2613.
- Sönmez, S., 2020. Gloss of paper. In: *Current Researches in Engineering Sciences* (Ed: Kıran, B.), Duvar Publishing, pp. 77-89.
- TAPPI T 414 om-98, 1998. Internal tearing resistance of paper (Elmendorf-type method), U.S.
- TAPPI T 403 om-97, 1997. Bursting strength of paper, U.S.
- TAPPI T 494 om-01, 2006. Tensile properties of paper and paperboard, U.S.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Kazaskeroğlu, Y., Müdüroğlu, M., 2012. Effects of precipitated calcium carbonate (PCC) on optical and physical properties of paper. *8. Industrial Minerals Symposium*, 29-30 November, İstanbul pp. 147-153.
- Tutus, A., Cicekler, M., Ozdemir, A., Okan, O.T., 2013. Effects of precipitated calcium carbonate (PCC) on optical properties of waste paper. *International Caucasia Forestry Symposium*, 24-26 October, Artvin, pp. 884-887.

- Tutus, A., Killi, U., Cicekler, M., 2020. Evaluation of eggshell wastes in office paper production. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12: 1115-1124. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00768-0>
- Tutus, A., Killi, U., Gnderen, F., iekler, M., 2018. Kuş karton üretimi üzerine bir araştırma. *International Artvin Symposium*, 18-20 October, Artvin, pp. 937-948.
- Valdec, D., Miljkovi, P., Auguřtin, B., 2017. The influence of printing substrate properties on color characterization in flexography according to the ISO specifications. *Tehnicki glasnik*, 11(3): 73-77.
- Gaber, M.W., 2018. Characterizations of El Minia limestone for manufacturing paper filler and coating. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4): 437-443.
- Yılmaz, U., Tutus, A. and Sönmez, S. 2021. Effects of using recycled paper in inkjet printing system on colour difference. *Pigment & Resin Technology*, 51(3): 336-343. <https://doi.org/10.1108/PRT-03-2021-0032>.

Lif levha yanal yüzeylerine farklı katkı maddeler içeren poliüretan tutkalı uygulamasının boyut stabilitesi üzerine etkileri

İbrahim Bektaş^a, Gonca Düzkalé Sözbir^b, Aşşenur Kılıç Ak^{a,*}

Özet: Günümüzde, talebe yeterince cevap veremeyen orman emvalinin, masif olarak kullanımının maliyete getirdiği ilave yükten dolayı, kompozit şeklinde kullanımına artan bir yönelme söz konusudur. Bu nedenle test materyali olarak, orman ürünleri sanayisinin temel hammaddelerinden biri olan ve odun esaslı hammaddelerden imal edilen lif levhalar (MDF) seçilmiştir. Seçilen orta yoğunluktaki standart lif levhalara, poliüretan (PÜ) tutkalı içerisine muhtelif vasıflara sahip katkı maddeleri (kayın lifi (KL), bozunmuş kayın lifi (BKL) ve aktif karbon (AK) farklı oranlarda (%2.5, 5, 7.5) ilave edilerek, levhanın yüzeyine uygulanarak birleştirme veya yapıştırma işlemleri sırasında levhanın boyut stabilitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kayın liflerinin deşrede (bozunma) edilmesinde, Shiitake (*Lentinus edodes*) mantarı kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda hazırlanan deney numunelerinde 2 sa, 24 sa, 48 sa, 72 sa, 96 sa ve 336 sa (2 hafta) sürelerde su alma (SA) ve kalınlık artımı (KA) testleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin istatistiki analizleri sonucunda, su alma ve kalınlık artımı testlerinin tümünde, katkı maddesi ilavesi, örneklerin su alma ve kalınlık artımı değerleri üzerinde, ($p < 0.05$) güven düzeyinde önemli bir etki oluşturduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, örnek grup ortalamalarına göre SA ölçümlerinde, en iyi değerler AK, en kötüsü ise BKL grubu, aynı şekilde, KA testlerinde de en iyi sonuçlar KL, en kötülere ise BKL ve AK örneklerinde elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, lif levhaların birleştirme ve yapıştırma benzeri işlemlerinde, en az su alma ve en az genişleme gösterdiği süreler ve katkı maddesi örnek grupları dikkate alınarak kullanılmasının boyut stabilitesi açısından daha uygun olduğu önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Lif levha, Kayın lifleri, Aktif karbon, Su alma, Kalınlık artımı

Determination of the effects of additives added to pu glue on dimensional stability in fiberboards

Abstract: Today, there is an increasing trend towards the use of forest products in the form of composites, since the use of forest products as a solid material cannot adequately meet the demand and increases the cost of use. For this reason, fiber boards (MDF), which is one of the basic raw materials of the forest products industry and manufactured from wood-based raw materials, were chosen as the test material. Additives with various properties (beech fiber, degraded beech fiber and active carbon) were added at different rates (2.5%, 5%, 7.5%) into the polyurethane (PU) glue. Then, the effects on the dimensional stability of the board during the joining and bonding processes were investigated by applying adhesive with filler on the surface of the medium density standard fiber boards. Shiitake (*Lentinus edodes*) fungi was used to degrade beech fibers. In the test samples prepared for this purpose, water absorption values and thickness swelling tests were performed at 2 h, 24 h, 48 h, 72 h, 96 h and 336 h (2 weeks). As a result of the statistical analyzes of the obtained data, it was determined that the addition of additives had a significant effect on the water absorption and thickness swelling values of the samples at the confidence level ($p < 0.05$). At the same time, in the water absorption values according to the sample group averages, the best values were measured in the additive of active carbon, and the worst in the degraded beech fiber group. Likewise, in thickness swelling tests, the best results were obtained in additive of beech fiber and the worst in additives of degraded beech fiber and active carbon samples. In line with these results, it is suggested that it is more suitable in terms of dimensional stability to be used in the related areas, considering the minimum water absorption and minimum expansion times and additive sample groups in the joining and bonding-like processes of fiberboards.

Keywords: Fiberboard, Beech fibers, Activated carbon, Water absorption, Thickness swelling

1. Giriş

Ülkemizde hızlı nüfus artışına ve ekonomik gelişmelere bağlı olarak son yıllarda ahşap esaslı levha sektörüne olan talep giderek artmıştır. Özellikle 21. yüzyılın başlarında itibaren, masif malzemenin pahalı olması, güç temin edilmesi, istenilen özelliklerde malzeme üretiminde yaşanan olumsuzluklar, 3 boyutta farklı çalışması ve yapısında meydana gelen gerilmeler, fiziksel değişimler vb. gibi

dezavantajlarından dolayı birçok alanda masifin yerini işlenmesi, temizliği ve bakımı kolay olan yüksek miktarlarda üretime olanak sağlayan kompozit olarak da adlandırılan ahşap esaslı levhalar kullanılmaya başlanmıştır (Eroğlu ve Usta, 2000; İstek vd., 2017).

Mobilya ve orman ürünleri endüstrisinin gelişmesinde 'yapıştırıcılar' önemli rol oynamıştır. Ahşap esaslı levhalarda en çok kullanılan malzeme tutkaldır. Zemin kaplamalarında, mutfak tezgahlarında, tavan ve duvar

^a Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Onikişubat, Kahramanmaraş

^b Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Bölümü, Kahramanmaraş

* Corresponding author (İletişim yazarı): aysenurkilic89@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 30.12.2021, Accepted (Kabul tarihi): 23.02.2022



Citation (Atf): Bektaş, İ., Düzkalé Sözbir, G., Kılıç Ak, A., 2022. Lif levha yanal yüzeylerine farklı katkı maddeler içeren poliüretan tutkalı uygulamasının boyut stabilitesi üzerine etkileri. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 58-63. DOI: [10.18182/tjf.1051223](https://doi.org/10.18182/tjf.1051223)

karoları gibi alanlarda kullanılan farklı ahşap ürünlerinin (kontrplak, MDF, yonga levha, OSB, vb.), yapılarını korumak için önemli miktarda yapıştırıcı kullanılmaktadır (Ülker, 2017). Günümüzde ahşap esaslı levhalardan en fazla tercih edilen MDF ve yonga levha; mobilya, kağıt ve orman ürünleri 2020 yılı raporuna göre en fazla ihracatı yapılan ağaç ve ahşap eşya sektöründe ilk iki sırada yer almaktadır. 538.692.150 \$ MDF (orta yoğunluklu lif levha) ve lif levhalar ve 160.747.070 \$ yonga levha ihracatı bu malzemelere olan talebi açıkça göstermektedir (OMKO, 2020).

Mobilya sektöründe oldukça sıklıkla kullanılan ahşap esaslı levhalar kullanım yeri ve amacına göre doğrudan veya dolaylı olarak çeşitli fiziksel ve mekanik etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkiler mobilyayı oluşturan elemanlarda deformasyona sebep olmakta ve mobilyanın kullanım ömrünü kısaltmaktadır. Bu olumsuzlukların önüne geçmek amacıyla mobilya yapım tekniklerine uyulmalı ve mobilyayı oluşturan elemanların fiziksel ve mekanik özelliklerinin tespiti titizlikle yapılmalıdır (Efe ve Kasal, 2000; Karaman vd., 2017).

Kullanım yerinde maruz kalacakları ortamın özellikleri levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Higroskopik bir malzeme olan ahşap esaslı levhaların su alma eğilimi özellikle levhaların fiziksel performansını üzerinde oldukça etkilidir (Bardak ve Sözen, 2018).

Mobilya üretiminde sentetik reçinelerin geliştirilmesiyle teknik ve yapısal değişimler meydana gelmiş ve mekanik birleştirmelerin (çivi, vida vb.) yerini tutkal yardımı ile birleştirmeler almıştır (Atar, 2007). Ahşap elemanlar arasındaki yapıştırıcının bağlanma performansının, yapıştırıcının birbirine bağlı hücrelerin gözenekli ağına nüfuz etme derecesinden önemli ölçüde etkilendiği varsayılmaktadır. Bağ performansı ile ilişkiler kurmak amacıyla, mikroskopik inceleme ve ilgili teknikler yoluyla bağlanma performansı üzerine araştırmalar yapılmıştır. Ahşap türleri arasındaki farklılıklar, çok çeşitli yapıştırıcı uygulama, kürlenme süreçleri ve birçok yapıştırıcı kimyasalları ile formülasyonları kapsamlı genellemeleri zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, yapıştırma sorunlarının giderilmesi ve yeni yapıştırıcı sistemleri ve proseslerinin tasarlanması, yapıştırıcı penetrasyonunun temellerinin anlaşılmasıyla kolaylaştırılabilmektedir (Kamke ve Lee, 2007).

Bu amaçla bu çalışmada; PÜ tutkalı içerisine farklı tip ve oranlarda dolgu maddesi (kayın lifi, bozunmuş kayın lifi, aktif karbon) tutkala ilave edilerek kullanılan dolgu maddesi ve miktarının levhaların boyut stabilitesi üzerinde göstereceği farklılıkların ortaya konması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada, mobilya endüstrisinde en fazla kullanılan hammadde olan orta yoğunluklu ham MDF kullanılmıştır. MDF'ler ile madwolf marka poliüretan tutkalı Kahramanmaraş organize sanayisinden ve Tarkim – Carbon 300 kodlu odun bazlı aktif karbon satın alma yoluyla temin edilmiştir. Degrede olmuş (bozunmuş) lifler, kültür mantarı üretimi yapan Agroma Mantar (Denizli) tesisinden, elde edilmiştir.

2.2. Yöntem

Su alma ve kalınlık artımını belirlemek için 18 mm kalınlığında orta yoğunluklu lif levhalar kullanılmıştır. Test edilecek numuneler, 1200×2700×18 mm ham MDF'lerden TS-EN 326-1 (1999) esas alınarak 18×30×50 mm boyutlarında örnekler kesilerek hazırlanmıştır. Test ölçülerine getirilen levha örnekleri test kabini içerisinde (20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemde) ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar bekletilerek hava kuru rutubete getirilmiştir. Poliüretan tutkalına eklenen degrede (bozunmuş) kayın lifleri mantar misel atıklarını uzaklaştırmak için yıkanmış ardından kurutma işlemine tabii tutulmuştur. Kurutulan lifler sarsak elekte elenerek, 60 mesh ölçüsündeki lifler tutkal içerisine katkı maddesi olarak katılarak kullanılmıştır. Bu çalışmada katkı maddesi olarak, PÜ (Poliüretan) tutkalı içerisine %2.5, %5 ve %7.5 oranlarında bozunmuş lifler ve aktif karbon katılarak m²'ye 150 g tutkal gelecek şekilde numunelerin tüm yanal yüzeylerine tutkal uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ardından, belirli sürelerde saf su içerisinde bekletilen örneklerin su alma ve kalınlık artımı değerleri sırasıyla ASTM-D 1037 (1993) ve TS EN 317 (1999) standartlarına göre belirlenmiştir. Ayrıca, test grupları ortalamalarına göre numunelerin su alma ve kalınlık artım hızları, su alma ve kalınlık artım yüzdelere oranında suda bekletme sürelerine oranlanması (%/sa) ile hesaplanmıştır. Deneyleerde test edilecek numunelerinin katkı oranları ve hazırlanma düzenleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Sonuçlarının değerlendirilmesi ve yorumlanması amacı ile test numunelerinden elde edilen veriler, Basit Varyans Analizi (ANOVA) kullanılarak veri analizi ve sonuçlara ait çıkarımlar gerçekleştirilmiştir. Ortalamaların karşılaştırılmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Laboratuvar ölçümleri sonucunda, üçer farklı konsantrasyonda, 3 farklı katkı maddesinin ilavesi ve PÜ tutkalı kullanılarak üretilmiş deney numunelerine uygulanan varyans analizi ve Duncan testlerinden elde edilen sonuçlar, çizelgeler yardımı ile aşağıda değerlendirilmiştir.

Su alma test örnekleri istatistiksel analizlere tabii tutulmuş ve elde edilen veriler Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Deney numunelerinin oluşturulma düzeni.

| Örnek grubu | Katkı maddeleri | Tutkal (PÜ) (g) | Katkı oranı (%) |
|-------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| KN0 | 0 (Kontrol numunesi) | 0 | 0 |
| KL2.5 | Kayın lifi | 150 | 2.5 |
| KL5.0 | Kayın lifi | 150 | 5.0 |
| KL7.5 | Kayın lifi | 150 | 7.5 |
| BKL2.5 | Bozunmuş kayın lifi | 150 | 2.5 |
| BKL5.0 | Bozunmuş kayın lifi | 150 | 5.0 |
| BKL7.5 | Bozunmuş kayın lifi | 150 | 7.5 |
| AK2.5 | Aktif karbon | 150 | 2.5 |
| AK5.0 | Aktif karbon | 150 | 5.0 |
| AK7.5 | Aktif karbon | 150 | 7.5 |

Çizelge 2. Su alma testi analiz sonuçları

| Örnek grubu | Süre (sa) | KMO (%) | Ortalama (%) | D (±) | Standart sapma | Standart hata | VAK (%) | DA (%) | Önem seviyesi |
|-------------|-----------|---------|-----------------------|--------|----------------|---------------|---------|--------|---------------|
| KN0 | | 0 | 11.28f ^(*) | 0 | 0.563 | 0.252 | 4.99 | 1.56 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 3.92ab | - | 0.588 | 0.263 | 14.99 | 1.37 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 6.65e | - | 2.277 | 1.018 | 34.23 | 5.61 | |
| KL7.5 | | 7.5 | 5.08cde | - | 0.716 | 0.320 | 14.10 | 1.81 | |
| BKL2.5 | 2 | 2.5 | 4.70abc | - | 0.343 | 0.153 | 7.29 | 0.77 | 0.000 |
| BKL5.0 | | 5.0 | 9.58cde | - | 10.279 | 4.597 | 24.37 | 3.43 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 12.32de | + | 14.283 | 6.388 | 18.55 | 2.55 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 3.63a | - | 0.378 | 0.169 | 10.40 | 0.91 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 3.63a | - | 0.313 | 0.140 | 8.62 | 0.75 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 3.70a | - | 0.414 | 0.185 | 11.19 | 1.04 | |
| KN0 | | | 0 | 30.28c | 0 | 1.248 | 0.558 | 4.12 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 16.38a | - | 0.665 | 0.297 | 4.06 | 1.66 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 23.19b | - | 9.578 | 4.283 | 41.30 | 23.63 | |
| KL7.5 | 24 | 7.5 | 20.40ab | - | 2.129 | 0.952 | 10.43 | 5.02 | 0.000 |
| BKL2.5 | | 2.5 | 20.29ab | - | 1.542 | 0.690 | 7.60 | 3.57 | |
| BKL5.0 | | 5.0 | 20.28ab | - | 2.622 | 1.173 | 12.93 | 6.53 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 19.76ab | - | 2.809 | 1.256 | 14.22 | 6.51 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 17.34a | - | 1.378 | 0.616 | 7.94 | 3.29 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 16.93a | - | 1.426 | 0.638 | 8.42 | 2.97 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 19.53ab | - | 1.842 | 0.824 | 9.43 | 4.76 | |
| KN0 | | 0 | 45.44c | 0 | 1.963 | 0.878 | 4.32 | 4.53 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 28.68a | - | 1.247 | 0.557 | 4.35 | 3.08 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 35.73ab | - | 9.133 | 4.084 | 25.56 | 23.31 | |
| KL7.5 | 48 | 7.5 | 35.87ab | - | 2.459 | 1.100 | 6.86 | 5.45 | 0.048 |
| BKL2.5 | | 2.5 | 34.37ab | - | 1.988 | 0.889 | 5.78 | 4.76 | |
| BKL5.0 | | 5.0 | 37.51ab | - | 14.337 | 6.412 | 38.23 | 33.63 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 40.45ab | - | 19.902 | 8.901 | 49.21 | 47.72 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 32.54a | - | 2.426 | 1.085 | 7.46 | 6.15 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 32.91a | - | 1.951 | 0.872 | 5.93 | 4.57 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 28.85a | - | 2.670 | 1.194 | 9.26 | 6.70 | |
| KN0 | | 0 | 60.78d | 0 | 1.404 | 0.628 | 2.31 | 3.28 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 41.96a | - | 2.552 | 1.141 | 6.08 | 6.83 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 48.65abc | - | 10.285 | 4.600 | 21.14 | 27.17 | |
| KL7.5 | 72 | 7.5 | 49.6abc | - | 2.927 | 1.309 | 5.90 | 6.13 | 0.002 |
| BKL2.5 | | 2.5 | 48.05abc | - | 1.241 | 0.555 | 2.58 | 3.08 | |
| BKL5.0 | | 5.0 | 53.29bcd | - | 11.724 | 5.243 | 22.00 | 27.72 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 54.42bcd | - | 16.658 | 7.450 | 30.61 | 39.57 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 56.95cd | - | 3.875 | 1.733 | 6.80 | 10.38 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 58.09cd | - | 3.731 | 1.669 | 6.42 | 10.10 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 45.12ab | - | 2.886 | 1.291 | 6.40 | 7.99 | |
| KN0 | | 0 | 64.61d | 0 | 2.682 | 1.200 | 4.15 | 6.93 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 48.81ab | - | 1.500 | 0.671 | 3.07 | 3.79 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 54.75abc | - | 8.696 | 3.889 | 15.88 | 22.35 | |
| KL7.5 | 96 | 7.5 | 56.83abc | - | 3.156 | 1.412 | 5.55 | 7.11 | 0.001 |
| BKL2.5 | | 2.5 | 52.11abc | - | 1.691 | 0.756 | 3.24 | 4.43 | |
| BKL5.0 | | 5.0 | 54.75bcd | - | 10.372 | 4.638 | 16.67 | 23.74 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 61.36bcd | - | 13.917 | 6.224 | 22.68 | 33.28 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 60.57cd | - | 3.185 | 1.424 | 5.26 | 7.80 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 61.79cd | - | 2.786 | 1.246 | 4.51 | 7.57 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 51.49ab | - | 2.131 | 0.953 | 4.14 | 4.95 | |
| KN0 | | 0 | 96.72bc | 0 | 1.605 | 0.718 | 1.66 | 3.74 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 85.92ab | - | 0.931 | 0.417 | 1.08 | 2.26 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 88.13abc | - | 2.796 | 1.250 | 3.17 | 7.64 | |
| KL7.5 | 336 | 7.5 | 92.48bc | - | 3.384 | 1.513 | 3.66 | 7.95 | 0.002 |
| BKL2.5 | | 2.5 | 96.68bc | - | 7.832 | 3.503 | 8.10 | 19.35 | |
| BKL5.0 | | 5.0 | 98.45d | + | 4.470 | 1.999 | 4.54 | 11.26 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 97.49bc | + | 7.129 | 3.188 | 7.31 | 19.86 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 77.44a | - | 21.944 | 9.814 | 28.34 | 51.48 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 90.88bc | - | 3.369 | 1.507 | 3.71 | 8.57 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 86.64ab | - | 4.050 | 1.811 | 4.67 | 10.58 | |

^(*)KMO: Katkı maddesi oranı, D: KN0 göre değişim, VAK: Varyasyon katsayısı, DA: Dağılım aralığı, ^(*)Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre anlamlı bir fark yoktur

Katkı maddesi oranı (KMO) parametresi, Çizelge 2'den de anlaşılacağı gibi, bekletme sürelerinin tamamında su alma sonuçları üzerinde istatistiki olarak reel bir ayrılık oluşturmuştur ($p < 0.05$). Kontrol örneği (KN0) ile katkı maddeleri arasındaki istatistiki ilişki suda bekletmelerin tamamında ($p < 0.05$) düzeyinde anlamlı sonuç vermiştir. KMO'lerinin konsantrasyonlarındaki artışlar kendi içinde değerlendirildiğinde, KL ve BKL örnek gruplarında su alma

değerlerinin çoğunlukla artışı, AK grubu örneklerinde ise en yüksek katkı oranında (%7.5) daha düşük su alma değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır. Katkı maddelerine ait grup ortalamaları dikkate alındığında, 2 sa (% 3.65), 24 sa (% 17.93), 48 sa (% 31.43) ve 336 sa (% 84.98) suda bekletmelerde en düşük su alma değerleri AK grubu örneklerde, 72 sa (% 46.74) ve 96 sa (% 53.47)'lik sürelerde ise en düşük değerler KL grubu örneklerde ölçülmüştür. Öte

yandan, KN0 kontrol grubu örneklerinde ölçülen su alma değerleri (% 11.28, 30.28, 45.44, 60.78, 64.61 ve 96.72), bir kaç istisna dışında (2sa'te BKL7.5 (% 12.32), 336 sa'te BKL5.0 (%98.45) ve BKL7.5 (%97.49)), diğer test grubu (KL, BKL ve AK) ölçümlerinden oldukça yüksek olarak gerçekleştiği yine Çizelge 2'den görülmektedir.

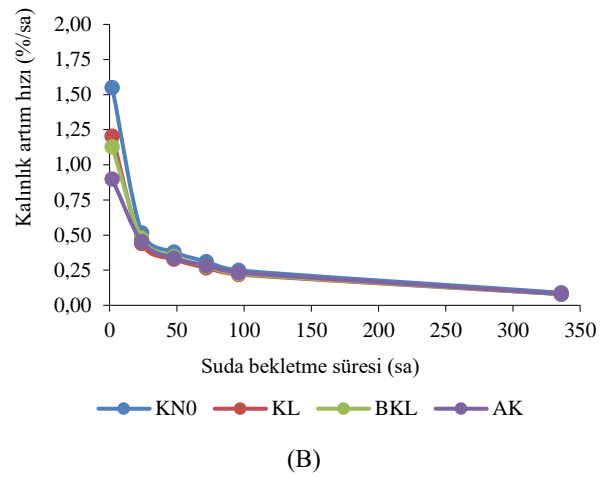
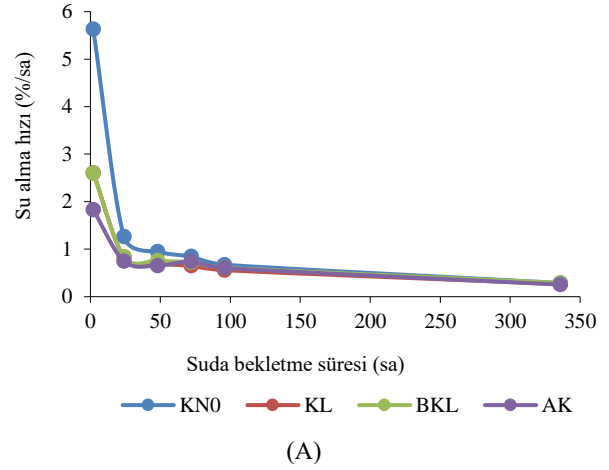
Bu sonuçlara göre, tutkala katılan AK katkı maddelerinin, levhanın su almaya yatkın yüzeylerinde bariyer görevi gördüğü açıktır. Hem 2 saat hem de 336 saatlik süre sonunda, AK grubu diğer katkılara göre daha az su alınımına, BKL grubu katkı maddeleri, KL grubuna göre daha fazla su alınımına neden olmuştur. Lignoselülozik katkı olan BKL ve KL katkılarının AK ya göre daha fazla su almasına yapısında bulunan hidroksil gruplarının neden olduğu düşünülmektedir (Hill, 2006). BKL katkı maddesi beyaz çürüklük mantarı ile tahribata uğramış olduğundan içerisindeki lignin miktarı azalmış bu durum daha fazla su sever yapıya dönüşmesine neden olmuştur (Lee vd., 2007). Yapılan bazı çalışmalarda da tutkal modifikasyonunun ve katkı maddelerinin, ağaç malzemenin özellikleri üzerine birçok etkisinin olduğunu vurgulanmıştır. (Söğütü ve Döngel, 2007; Mathew vd., 2011; Geng vd., 2017).

Çizelge 3'te, test örneklerinin kalınlık artımı ölçüm sonuçlarına uygulanan ANOVA ve Duncan testlerine ilişkin analiz sonuçları gösterilmektedir.

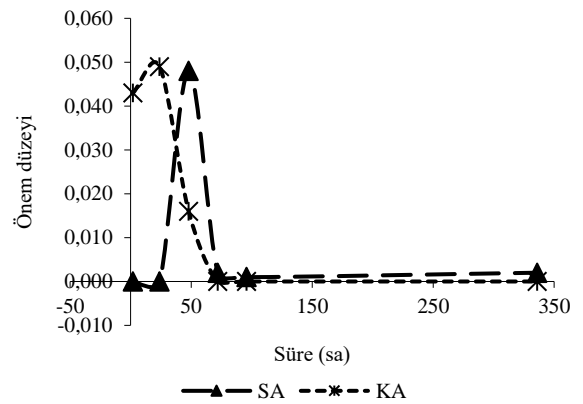
Uygulanan istatistik analiz sonuçları, kalınlık artım sürelerinin tamamında kontrol örneği (KN0) ve katkı maddeleri (KMO) arasında ($p < 0.05$) güven aralığında anlamlı farklılık ortaya koymuştur. Aynı zamanda, katkı maddesi ilaveli örneklerde 2, 24, 48, 72, 96, 336 sa'lik bekletme süreleri için hesaplanan kalınlık artım (KA) değerlerinin tümünde, kontrol numunesine (KN0) göre daha düşük (olumlu) sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuç üzerinde, katkı maddelerinin ve PÜ tutkalın etkileri birlikte değerlendirilmelidir. Bilindiği gibi, odun kompozitlerinin üretiminde kullanılan tutkallar (PÜ, PVA, ÜF vb.), sentetik tutkallardır (Carrol ve Bergin, 1967; Kardashov, 1973; Selbo, 1975; Skeist, 2012) ve odun yüzeyinde bariyer görevi görebilmektedir. Test levhalarının kalınlık artımları üzerine KMO ilavesinin etkisi incelendiğinde, 2 sa'lik sürede KL ve BKL, 24 sa'lik sürede BKL ve AK, 48 sa'lik sürede KL, 72 saatte BKL, 96 saatte KL ve 336 sa'lik süre ile suda bekletmede AK grubu örneklerde katılım yüzdesinin artmasına bağlı olarak levhalarda ölçülen KA değerleri de artış göstermiştir. Diğer örnek gruplarında ise genel olarak, 2, 24, 48 ve 72 sa suda bekletmelerde %5.0 katılım oranı diğer yüzdelere (%2.5 ve 7.5) nazaran daha yüksek, 96 ve 336 saatlik sürelerde ise daha düşük KA değerleri vermiştir. Örnek grup ortalamaları baz alındığında, 2 sa hariç tüm testlerde en düşük kalınlık artımı değerleri KL grubu örneklerinde % 10.57 (24 sa), % 15.78 (48 sa), % 19.46 (72 sa), % 21.03 (96 sa) ve % 26.64 (336 sa) olarak ölçülmüştür. Ortalamalar bazında ikinci derece olumlu sonuçlar AK, en yüksek (olumsuz) kalınlık artım yüzdeleri ise BKL örneklerinde tespit edilmiştir. *Lentinus edodes* mantarı tarafından bozunmuş liflerin, holoselüloz miktarı normal liflere göre yüksektir. Bu durum hidrofilik özellik gösteren bozunmuş liflerin daha yüksek su tutma özelliği göstermesinin nedeni olarak düşünülmektedir. (Vane, 2003; Fabiyi vd., 2011; Ge vd., 2018).

Şekil 1'deki grafiklere göre, test örneklerinin su alma ve kalınlık artım hızları ile suda bekletme süreleri arasında ters orantılı bir seyir söz konusudur. Özellikle 2 sa'lik sürelerde her iki test için de su alma ve kalınlık artım hızları maksimum

iken, bu değer iki haftalık sürede en düşük değerine inmektedir. Diğer önemli bir sonuçta, KN0 grubu örneklerde katkı maddeli gruplara göre su alma ve alınlık artım hızlarının oldukça yüksek olmasıdır. Bu, kullanım alanları açısından dikkate değer bir sonuçtur.



Şekil 1. Su alma (A) ve kalınlık artımı (B) hızları ile suda bekletme süreleri arasındaki ilişki



Şekil 2. KMO ile SA ve KA değerleri için hesaplanan önem düzeyleri arasındaki ilişki

Şekil 2'de yer alan grafikteki eğriler ele alındığında, ANOVA sonucunda hesaplanan katkı oranlarının su alma ve kalınlık artımı üzerindeki etkilerini gösteren önem düzeylerinin, 48 saatlik suda bekletme süresinden itibaren birbirine paralel seyrettiği görülebilir. KMO ile SA arasında 48 sa'lık süredeki su almalarda önem düzeyi $p < 0.48$ iken,

diğer sürelerde ($p < 0.002-0.000$) güven aralığında gerçekleşmiştir. KMO ile KA verileri arasındaki anlam düzeyleri ise 2 ve 24 sa süreler için güven aralığı ($p < 0.043-0.049$), geriye kalan sürelerde ise söz konusu ilişki ($p < 0.016-0.000$) güven aralığında gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. Kalınlık artımı testlerinde hesaplanan analiz çıktıları

| Örnek grubu | Süre (sa) | KMO (%) | Ortalama (%) | D (±) | Standart sapma | Standart hata | VAK (%) | DA (%) | Önem seviyesi |
|-------------|-----------|---------|--------------|-------|----------------|---------------|---------|--------|---------------|
| KN0 | | 0 | 3.10c(*) | 0 | 0.415 | 0.186 | 13.40 | 1.14 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 2.09abc | - | 1.127 | 0.504 | 53.96 | 2.72 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 2.56bc | - | 1.085 | 0.485 | 42.42 | 2.66 | |
| KL7.5 | | 7.5 | 2.57bc | - | 1.073 | 0.480 | 41.81 | 2.67 | |
| BKL2.5 | 2 | 2.5 | 2.12abc | - | 0.174 | 0.078 | 8.18 | 0.43 | 0.043 |
| BKL5.0 | | 5.0 | 2.17abc | - | 0.305 | 0.136 | 14.03 | 0.72 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 2.48bc | - | 0.453 | 0.202 | 18.25 | 1.27 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 1.36a | - | 0.553 | 0.247 | 40.52 | 1.38 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 2.21abc | - | 1.012 | 0.452 | 45.83 | 2.68 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 1.82ab | - | 0.357 | 0.160 | 19.59 | 0.93 | |
| KN0 | | 0 | 12.35c | 0 | 0.403 | 0.180 | 3.26 | 0.94 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 9.22a | - | 0.829 | 0.371 | 8.99 | 2.07 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 11.30bc | - | 2.265 | 1.013 | 20.05 | 5.81 | |
| KL7.5 | | 7.5 | 11.19bc | - | 1.753 | 0.784 | 15.67 | 4.59 | |
| BKL2.5 | 24 | 2.5 | 11.02bc | - | 0.643 | 0.288 | 5.84 | 1.68 | 0.049 |
| BKL5.0 | | 5.0 | 11.40bc | - | 0.477 | 0.213 | 4.18 | 1.16 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 11.56bc | - | 0.948 | 0.424 | 8.20 | 2.16 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 10.49ab | - | 1.253 | 0.560 | 11.94 | 3.17 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 10.92bc | - | 1.247 | 0.558 | 11.43 | 2.89 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 11.22bc | - | 1.260 | 0.563 | 11.23 | 3.35 | |
| KN0 | | 0 | 18.20c | 0 | 0.280 | 0.125 | 1.54 | 0.66 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 14.77a | - | 0.916 | 0.410 | 6.20 | 2.36 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 16.01ab | - | 1.647 | 0.736 | 10.28 | 4.42 | |
| KL7.5 | | 7.5 | 16.56bc | - | 0.731 | 0.327 | 4.42 | 1.76 | |
| BKL2.5 | 48 | 2.5 | 16.71bc | - | 0.517 | 0.231 | 3.09 | 1.41 | 0.016 |
| BKL5.0 | | 5.0 | 16.88bc | - | 1.886 | 0.843 | 11.17 | 4.84 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 16.45ab | - | 1.711 | 0.765 | 10.40 | 4.62 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 15.69ab | - | 0.977 | 0.437 | 6.23 | 2.48 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 16.33ab | - | 1.265 | 0.566 | 7.74 | 2.83 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 16.31ab | - | 1.199 | 0.536 | 7.35 | 3.25 | |
| KN0 | | 0 | 22.39c | 0 | 0.457 | 0.204 | 2.04 | 1.18 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 18.83a | - | 1.254 | 0.561 | 6.66 | 3.27 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 18.83ab | - | 1.053 | 0.471 | 5.59 | 2.53 | |
| KL7.5 | | 7.5 | 19.82bc | - | 0.439 | 0.196 | 2.21 | 1.22 | |
| BKL2.5 | 72 | 2.5 | 19.66bc | - | 0.222 | 0.099 | 1.13 | 0.47 | 0.000 |
| BKL5.0 | | 5.0 | 20.07bc | - | 0.767 | 0.343 | 3.82 | 1.82 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 20.14ab | - | 0.475 | 0.212 | 2.36 | 1.18 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 20.75ab | - | 0.446 | 0.199 | 2.15 | 0.89 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 20.98ab | - | 0.856 | 0.383 | 4.08 | 1.99 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 19.51ab | - | 0.796 | 0.356 | 4.08 | 2.17 | |
| KN0 | | 0 | 23.86d | 0 | 0.339 | 0.152 | 1.42 | 0.84 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 20.67a | - | 0.884 | 0.395 | 4.28 | 2.25 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 20.86a | - | 0.977 | 0.437 | 4.68 | 2.46 | |
| KL7.5 | | 7.5 | 21.57ab | - | 0.393 | 0.176 | 1.82 | 1.00 | |
| BKL2.5 | 96 | 2.5 | 21.97b | - | 0.226 | 0.101 | 1.03 | 0.57 | 0.000 |
| BKL5.0 | | 5.0 | 21.34ab | - | 0.440 | 0.197 | 2.06 | 0.97 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 21.35ab | - | 0.687 | 0.307 | 3.22 | 1.65 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 22.18bc | - | 0.749 | 0.335 | 3.38 | 1.80 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 23.04cd | - | 0.980 | 0.438 | 4.26 | 2.35 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 21.86b | - | 0.829 | 0.371 | 3.79 | 2.17 | |
| KN0 | | 0 | 30.09c | 0 | 0.536 | 0.240 | 1.78 | 1.28 | |
| KL2.5 | | 2.5 | 26.35a | - | 0.785 | 0.351 | 2.98 | 2.20 | |
| KL5.0 | | 5.0 | 26.07a | - | 1.322 | 0.591 | 5.07 | 3.33 | |
| KL7.5 | | 7.5 | 27.49ab | - | 0.573 | 0.256 | 2.08 | 1.40 | |
| BKL2.5 | 336 | 2.5 | 27.30ab | - | 0.425 | 0.190 | 1.56 | 1.17 | 0.000 |
| BKL5.0 | | 5.0 | 26.28a | - | 1.227 | 0.549 | 4.67 | 3.34 | |
| BKL7.5 | | 7.5 | 26.52ab | - | 1.643 | 0.735 | 6.20 | 3.99 | |
| AK2.5 | | 2.5 | 26.53ab | - | 1.215 | 0.543 | 4.58 | 3.19 | |
| AK5.0 | | 5.0 | 27.00ab | - | 1.053 | 0.471 | 3.90 | 2.91 | |
| AK7.5 | | 7.5 | 27.98b | - | 1.108 | 0.496 | 3.96 | 2.73 | |

(*)KMO: Katkı maddesi oranı, D: KNO'e göre değişim, VAK: Varyasyon katsayısı, DA: Dağılım aralığı, (†)Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre anlamlı bir fark yoktur.

4. Sonuç ve öneriler

Standart metotlarla üretilmiş lif levha örneklerinin yüzeylerine uygulanan PÜ tutkalı ve muhtelif katkı maddeleri karışımının, kompozit materyalin öne çıkan fiziksel özelliklerinden su alma (SA) ve kalınlık artımı (KA) üzerine etkileri ve boyutlarındaki değişmelerin araştırıldığı bu çalışmada aşağıdaki çıktılara ulaşılmıştır;

Levhaların test edilen tüm suda bekletme sürelerinde (2, 24, 48, 72, 96, 336 sa), KMO tür ve katılım oranları SA ve KA değerleri üzerinde, varyans analizi sonuçlarına göre ($p < 0.05$) güven düzeyinde anlamlı farklılıklar oluşturmuştur.

KN0 (Kontrol numunesi) verilerinde, su alma ve kalınlık artımı ölçümlerinde katkı ilaveli numune gruplarından (KL, BKL ve AK), su almadaki birkaçı dışında (2sa'te BKL7.5 (%12.32), 336 sa'te BKL5.0 (%98.45) ve BKL7.5 (%97.49)) daha yüksek (kötü) sonuçlar elde edilmiştir.

Örnek grup ortalamaları esas alındığında, su alma deneyi verilerine göre, katkı maddeleri arasında boyut stabilitesi bakımından en iyi sonuç AK, en kötü sonuç ise BKL grubu numunelerinde ölçülmüştür. Aynı şekilde, kalınlık artım bulgularında da en iyi değerler KL, en kötü veriler ise BKL ve AK gruplarında tespit edilmiştir.

Numune grupları, konsantrasyonları (%2.5, 5.0 ve 7.5) bakımından ele alındığında, su alma testlerinde genel olarak, SA değerleri ile iştirak yüzdeleri arasında orantısal bir artış olduğu söylenebilir. Kalınlık artımı deneylerinde ise genellikle yüksek değerler, %5.0 katılım oranlarında ölçülmüştür.

Bu değerlendirmeler ışığında, lif levhaların TS EN ve kavelalı birleştirilmelerinde yapıştırıcı olarak kullanılacak tutkalın içerisine, su alma için Çizelge 2'de ve kalınlık artımı için Çizelge 3'te ortaya konan analiz sonuçları da dikkate alınarak, boyut stabilitesinin dengelenmesi yönünde en fazla etkiyi gösterecek katkı maddesi ve yüzdesinin seçilmesi ve kullanılması önerilebilir.

Kaynaklar

- ASTM-D 1037, 1993. Standard methods of evaluating the properties of wood base fiber and particle panel materials. Annual Book of ASTM Standarts, USA.
- Atar, M., 2007. PVAc tutkalında viskozite değişiminin bazı ağaç malzemelerde yapışma direncine etkileri. Politeknik Dergisi, 10(1): 85-91.
- Bardak, T., Sözen, E., 2018. Yonga levha ve lif levhaların su alma davranışlarının dijital görüntü korelasyon (dkg) yöntemi ile karakterize edilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 20(3): 525-534.
- Carroll, M.N., Bergin, E.G., 1967. Catalyzed PVA emulsions as wood adhesives. Journal of Natural Products, 17: 45-50.
- Efe, H., Kasal, A., 2000. Kutu konstrüksiyonlu sabit ve demonte mobilya köşe birleştirmelerde çekme direnci. Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 8(8): 61-74.
- Eroğlu, H., Usta, M., 2000. Lif Levha Üretim Teknolojisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No:200, Fakülte Yayın No:30, s:351, Trabzon, Türkiye.
- Fabiyyi, J.S., McDonald, A.G., Morrell, J.J., Freitag, C., 2011. Effects of wood species on durability and chemical changes of fungal decayed wood plastic composites. Composites: Part A, 42: 501-510. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.01.009>

- Geng, S., Ullah Shah, F., Liu, P., Antzutkin, O.N., Oksman, K., 2017. Plasticizing and crosslinking effects of borate additives on the structure and properties of poly(vinyl acetate). RSC Advances, 7: 7483-7491. DOI: 10.1039/C6RA28574K
- Ge, S., Chen, X., Dongli Li, D., Liu, Z., Ouyang, H., Peng, W., Zhang, Z., 2018. Hemicellulose structural changes during steam pretreatment and biodegradation of *Lentinus edodes*. Arabian Journal of Chemistry, 11: 771-781. <https://doi.org/10.1016/j.arabj.2017.12.022>
- Hill, C.A.S., 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal and other processes. Wiley Series in Renewable Resources, John Wiley and Sons. Inc., Chichester, UK.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Kızılkaya, A., 2017. Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1): 132-138. DOI:10.24011/barofd.297231
- Kamke, F.A., Lee, J.N., 2007. Adhesive penetration in wood – A review. Wood and Fiber Science, 39: 205-220.
- Karaman, A., Güven, Ş., Yeşil, H., Yıldırım, M.N., 2017. Farklı tutkallar kullanılarak hazırlanan mobilya köşe birleştirmelerinde diyagonal çekme ve basınç kuvvetinin belirlenmesi. Teknik Bilimler Dergisi, 7(2): 26-36.
- Kardashov, D.A., 1973. Synthetic adhesives. No. FSTC-HT-23-1168-73. Army Foreign Science and Technology Center. Charloşevillej VA., Russian.
- Lee, J.W., Gwak, K.S., Park, J.Y., Park, M.J., Choi, D.H., Kwon, M., Choi, I.G., 2007. Biological pretreatment of softwood *Pinus densiflora* by tree white rot fungi. Journal of Microbiology, 45(6): 485-491.
- Mathew, A.P., Gong, G., Bjorngrim, N., Wixe, D., Oksman, K., 2011. Moisture absorption behavior and its impact on the mechanical properties of cellulose whiskers based polyvinylacetate nanocomposites. Polymer Engineering & Science, 51(11): 2136-2142. <https://doi.org/10.1002/pen.22063>
- OMKO, 2020. Mobilya, Kağıt Ve Orman Ürünleri Sektörü 2020 Yılı Raporu, https://www.omko.org.tr/uploads/mobilya_sektor_eki-2020.pdf, Erişim: 25.03.2022.
- Selbo, M.L., 1975. Adhesive bonding of wood. Technical Bulletin No. 1512. US Department of Agriculture Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- Skeist, I., 2012. Handbook of Adhesives. Springer Science & Business Media, New Jersey. DOI: 10.1007/978-1-4613-0671-9
- Söğütü, C., Döngel, N., 2007. Polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (PU) tutkalları ile yapıştırılmış bazı yerli ağaçlarda çekmede makaslama dirençleri. Journal of Polytechnic, 10(3): 287-293. DOI:10.2339/2007.10.3.287-293
- TS-EN 326-1, 1999. Ahşap esaslı levhalar, numune alma kesme ve muayene, Bölüm 1: Deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi, TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- Ülker, O., 2017. Wood adhesives and bonding theory. Chapter from the book Adhesives - Applications and Properties, Chapter 11, pp. 270-288.
- Vane, C.H., 2003. Monitoring decay of black gum wood durig growth of the shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) using diffuse reflectance infrared spectroscopy. Applied Spectroscopy, 57: 514-517. Doi: 10.1366/000370203321666515.

Çimentolu odun kompozit malzemeye eklenen katkı maddesinin levha özelliklerine etkisi

Gonca Düzkale Sözbir^{a,*}, İbrahim Bektaş^b, Müberra Demirbük^b

Özet: Çimentolu odun kompozitleri, çimentonun iyi niteliklerini ve ahşabın yüksek avantajlarını birleştirerek rutubet ve yangın direnci yüksek, işlenebilmesi kolay, mantar ve termitlere karşı yüksek mukavemet özellikleri göstermesi nedeniyle, lignoselülozik katkılı levhalar içerisinde yüksek dayanımlı malzemeler arasında önemli yapmaktadır.

Yapılan çalışmada, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunu kereste atıkları çimento miktarına göre %20 oranında kullanılarak ve katkı maddesi olarak %2.5, %5 ve %10 oranında aktif odun karbon eklenerek kompozit levhalar üretilmiş ve farklı oranlardaki aktif karbonun levha özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çimentolu odun kompozit levhalarının rutubet; tam kuru yoğunluk (g/cm^3), hava kuru yoğunluk (g/cm^3), su alma, kalınlık artımı, eğilme direnci (N/mm^2), elastikiyet modülü (N/mm^2) ve ısı iletim katsayısı değerleri belirlenmiştir. Üretilen levhalar içerisine eklenen aktif karbon miktarı arttıkça, rutubet, su alma ve kalınlık artımı miktarının arttığı, tam kuru yoğunluk ve hava kuru yoğunluk miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Mekanik özelliklerden çivi tutma direnci üzerine herhangi bir etkisi görülmezken, vida tutma direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerini arttırmıştır. Ayrıca katkı maddesinin ısı iletim katsayısı değerini düşürdüğü tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kızılçam, Çimento, Aktif karbon, Fiziksel ve mekanik özellikler

Effect of additive added to cemented wood composite material on board properties

Abstract: Cemented wood composites are among the high strength materials formed by combining the good qualities of cement and the high advantages of wood compared to other traditional materials and it is high moisture and fire resistance, easy to workability, high resistance to fungus and termites.

In the study, composite boards were produced by using 20% of red pine wood timber wastes according to the amount of cement and by adding 2.5%, 5% and 10% active wood carbon as an additive, and the effect of different ratios of activated carbon on the board properties was investigated. The humidity, oven dry density (g/cm^3), air dry density (g/cm^3), water absorption, thickness swelling, bending strength (N/mm^2), modulus of elasticity (N/mm^2) and heat transmission coefficient values of the cemented wood composite board were determined. It was determined that as the amount of activated carbon added to the produced boards increased, the amount of moisture, water absorption and thickness swelling increased, and the amount of full dry density and air dry density decreased. While there was no effect on the nail holding resistance from mechanical properties, it increased the screw holding resistance, bending resistance and modulus of elasticity values. In addition, it was determined that the additive decreased the heat transfer coefficient value.

Keywords: Red pine, Cement, Activated carbon, Physical and mechanical properties

1. Giriş

Ahşap çimento kompozit malzemelerinin levha taslağı haline getirilmesinde genel olarak mineral bağlayıcı olarak Portland çimentosu ile karıştırılır ve inşaat endüstrisinde kullanılan paneller, tuğlalar, fayanslar ve diğer ürünler haline getirilirken birçok ahşap şeritleri, parçacıkları veya lifleri katkı maddesi olarak kullanılır (Semple ve Evans, 2004). Çimento odun kompozit malzeme üretiminde pirinç kabuğu ve samanı, buğday samanı, küspe, palmye yaprağı, fındık kabuğu ve talaş gibi atıklar (Karade, 2010), çeşitli odun atıkları ayrıca farklı katkıları (Christy ve Tensing, 2010; Subaşı vd., 2011) ve sertleştiriciler (Zhengtian ve Moslemi, 1985) konularında araştırmalar yapılmıştır.

Çimentolu odun kompozitlerinin, diğer geleneksel malzemelere göre en önemli avantajları çimentonun iyi niteliklerini (iyi ses yalıtımıyla birlikte nispeten yüksek su direnci, yangın mantarı ve termit istilası) ve ahşabın yüksek mukavemet (mukavemet/ağırlık) oranı, çivilenebilirlik ve işlenebilirlik gibi özelliklerini birleştirerek yeni bir ürüne dönüşmesidir (Basri vd., 1999; Magin, 2001; Gündüz vd., 2018). Bu yeni ürün, çürümeye (yani küf, çürüme, deliciler ve termitler) ve yanmaya karşı, reçine bağlı levhalardan veya masif ahşaptan çok daha üstün yapmaktadır (Dinwoodie ve Paxton, 1991; Goodell vd., 1997; Ramirez-Coretti vd., 1998). Ayrıca bu malzemeler, mevcut ahşap veya bitki atık kaynaklarının, biçilmiş kereste veya geleneksel reçine bağlı ahşap kompozitlerin üretimi için uygun olmadığı durumlarda

✉ ^a Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Bölümü, Kahramanmaraş

^b Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Onikişubat, Kahramanmaraş

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 31.12.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 28.02.2022



Citation (Atf): Düzkale Sözbir, G., Bektaş, İ., Demirbük, M., 2022. Çimentolu odun kompozit malzemeye eklenen katkı maddesinin levha özelliklerine etkisi. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 64-68.
DOI: [10.18182/tjf.1048810](https://doi.org/10.18182/tjf.1048810)

da üretilebilirler (Ledhem vd., 2000). Ayrıca bu levhalar üretim sırasında çevreye zararlı toksik etki yaymazlar (Van Elten, 2000). Ahşap-çimento kompozitleri, yapı malzemeler (örneğin, dış cephe kaplaması, çatı kaplama, kaplama, çit ve alt döşeme) için mukavemet özellikleri ve otoyol ses bariyerleri gibi akustik özellikleri nedeniyle birçok ülkede hem iç hem de dış uygulamalar için yaygın olarak kullanılmaktadır (Kasai vd., 1998; Gündüz vd., 2018).

Yapılan çalışmada, portland çimentosu içerisinde %20 oranında karıştırılan kızılçam odun talaşı ve belirli oranlarda karıştırılan aktif odun karbonunun, üretilen levhanın fiziksel özellikleri, mekanik özellikleri ve ısı iletim katsayısı üzerine etkileri ortaya konmuştur.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çimentolu odun levhaların yapımında kullanılan kızılçam odunu talaşı artığı Kahramanmaraş Odun sanayisinden kereste atığı olarak temin edilmiştir. Çimento olarak Portland 42.5 çimentosu (3150 kg/m³) Kipaş Çimento Sanayi Tic. AŞ.' den elde edilmiştir. Çimentolu levha üretiminde katkı maddesi olarak odun bazlı aktif karbon, Tarkim karbon şirketinden Carbon-300 (300-325 kg/m³) kodu ile temin edilmiştir. Sertleştirici olacak CaCl₂ (kalsiyum klorür) kullanılmıştır.

2.2. Çimentolu levha taslağının hazırlanması

Çimentolu odun levhası üretiminde, her bir levha türünde kullanılacak kızılçam odun talaşının %20 ye kadar rutubeti arttırılmıştır. Her bir levha için hesaplanan miktarda alınan çimento, aktif karbon, su ve sertleştirici kalsiyum klorür homojenlik sağlanıncaya kadar karıştırılmış, daha sonra karışıma odun yongaları ilave edilerek tekrar homojen karışım sağlanıncaya kadar (15 dakika) karıştırma işlemine devam edilmiştir. Hazırlanan çimentolu levha test örnekleri için kullanılan madde miktarları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çimentolu odun kompozit levha taslağı 500×500×100 mm ebatlarında ahşap kalıbı kullanılarak pres sonrası 18mm kalınlıkta çimentolu levha elde edilecek şekilde hazırlanmıştır. Tüm levha üretiminde olduğu gibi, ön pres uygulanıp kalıp çıkarıldıktan sonra tekrar üst yüzeye metal saç yerleştirilerek, 200 bar basınç altında 45 dakika soğuk preslemeye tabi tutulmuştur. Hidratasyon reaksiyonunun tamamlanması için DIN 1164 (2003) 'e göre çimentolu yonga levhanın reaksiyon süresi 28 gün olarak belirlenmiştir. Bunun için levhalar oda şartlarında 28 gün dinlendirilerek reaksiyonun tamamlanması sağlanmıştır. Deney örnekleri ilgili standartlarda belirtilen şartlara uygun olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan tüm deney örnekleri %65±5 bağıl nem ve 20±2 sıcaklıkta 7 gün süreyle denge rutubetine getirilmiştir. Deney levhalarının yoğunlukları TS EN 323 (1999) standardı 50×50×18 mm ölçülerine, su alma; ASTM D1037 (2006) standardı 50×50×18 mm ebadına, kalınlığına şişme; TS EN 317 (1999) standardı 50×50×18 mm ölçülerine, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet; TS EN 310 (1999) standardı 400×50×18 mm ölçülerine uygun olarak belirlenmiştir. Çivi tutma direnci, TS EN 13446 (2005) standardına göre saptanmıştır. Levhaların vida ve çivi tutma direncini belirlemede, 3 mm çapında ve 60 mm uzunluğunda çiviler, 4 mm çapında ve 50 mm uzunluğunda vidalar kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çimentolu odun kompozit levhaların üretim parametreleri

| Grup no | Talaş (%) | Talaş (g) | Çimento (g) | Su (%) | SR (g) | AK (%) | AK (g) |
|------------------|-----------|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| E Grup (Kontrol) | 20 | 1000 | 5000 | 55 | 30 | 0 | 0 |
| F Grup | 20 | 1000 | 4875 | 55 | 30 | 2.50 | 125 |
| G Grup | 20 | 1000 | 4750 | 55 | 30 | 5 | 250 |
| H Grup | 20 | 1000 | 4500 | 55 | 30 | 10 | 500 |

SR:Sertleştirici, AK; Aktif karbon

Isı iletim katsayısı ölçümleri, test levhalarından 100×100×18 mm ölçülerinde hazırlanan örnekler üzerinde, QTM-500 Qyoto electronics quick thermal conductivity meter cihazla, ortam sıcaklığı 23°C de ASTM C 1113-09 (2004) standartlarına göre ölçülmüştür.

Levhalar üzerinde yapılan fiziksel testler 15 adet örnek üzerinde, mekanik testler 10 adet örnek üzerinde ve ısı iletim katsayısı 3 adet örnek üzerinde testleri yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen veriler, SPSS paket programında tek yönlü ANOVA analizi ve Duncan ortalamaları karşılaştırma testi yardımı ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

Aktif karbon katkılı çimentolu odun levhaların fiziksel özelliklerine ait değerler Çizelge 2' de gösterilmektedir. Levha grupları arasında rutubet içeriği bakımından ($p<0.001$) güven aralığında anlamlı farklılıklar oluşmuştur. Üretilen levha grupları incelendiğinde çimentolu odun levhası içerisine eklenen aktif karbon katkı miktarı arttıkça levhaların denge rutubeti miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Tam kuru ve hava kuru yoğunluk bakımından sonuçlar üzerinde istatistiki olarak önemli bir ayrılık oluşturmuştur ($p<0.05$ ve $p<0.001$). Tam kuru yoğunluk ve hava kuru yoğunluk değerleri incelendiğinde, tüm levha gruplarında katkı maddesinin eklenmesi, yoğunluk miktarında azalmaya neden olmuştur. Bunun nedeninin çimentonun yoğunluğu, aktif karbonun yoğunluğundan daha fazladır. Çimento miktarındaki azalma ve aktif karbon miktarındaki artma nedeniyle levhaların yoğunluğu azalmıştır. Ohijeagbon vd., (2021) yaptığı çalışmada, yoğunluğu yüksek çimento miktarının azaltılarak, yoğunluğu düşük katkı maddelerinin eklenmesinin levhanın yoğunluğunu düşürdüğünü bildirmiştir.

2 saat ve 24 saat su alma değerleri incelendiğinde, kontrol levhasıyla karşılaştırıldığında, su alma değerleri her iki zaman diliminde de arttığı saptanmıştır. Sonuçlar arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$ ve $p<0.001$). Genel olarak bakıldığında aktif karbon miktarı arttıkça, levhaların su alma miktarları artmıştır. Bunun sebebinin aktif karbonun birim kütlesi başına düşen geniş yüzey alanı emiciliğinin artmasına neden olmaktadır (Na vd., 2021). Levha türlerinde kalınlık artımı sonuçları, hem 2 saatte hem de 24 saatte kontrol örneğine göre artmış olsa da bu fark istatistiki olarak anlamsız bulunmuştur. Aktif karbon suyun fazla tutulumuna neden olmaktadır (Justo-Reinoso vd., 2018). Bu durum levhalarda, aktif karbon katkısı miktarı arttıkça su alma ve kalınlığına artma miktarındaki artışın sebebi olarak düşünülmektedir.

Çizelge 3 incelendiğinde üretilen levhaların çivi tutma direnci değerleri bakımından aktif karbon katkısının istatistiki olarak anlamlı farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Vida tutma direnci bakımından üretilen levhalarda en yüksek tutma direnci H grubu levhalarda elde

edilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, tüm aktif karbon katkılı levhalarda, karbon miktarı arttıkça direncin arttığı ve sonuçların istatistiki olarak anlamlı farklılıklar oluşturduğu belirlenmiştir ($p < 0.001$). Aktif karbon çimento içerisindeki hava boşluğu oranını azaltmaktadır (Mahoutian vd., 2015). Bu direnç artışının, aktif karbonun çimento içerisindeki hava boşluğu oranını azalttığı için direncini arttırmış olduğu düşünülmektedir. Eğilme direnci değeri en yüksek F grubu levhalarda tespit edilmiş, katkı maddesinin %5 (G grubu) ve %10 (H grubu) çıkmasıyla direnç değerinde azalma bulunmuştur. Buna rağmen üretilen tüm levhaların direnç değerleri kontrol örneğine göre yüksek bulunmuştur ve %95 güven aralığında sonuçlar anlamlı bulunmuştur. Odun çimento oranı ile eğilme dirençleri arasında önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Moslemi ve Prifister, 1987). Meneís vd., (2007) çalışmalarında eğilme dirençleri için en uygun odun çimento oranının 1/2-1/3 arasında olduğu belirlenmiştir. Kızılçam odunu miktarının %20 oranında kullanılması ile odun çimento oranı 1/5 e kadar azalmıştır ve eğilme direnci özelliklerini olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda %4 ten fazla aktif karbon kullanımının direnç değerlerini azalttığı bildirilmiştir (Na vd, 2021; Justo-Reinosa vd., 2018). Levhaların elastikiyet modülü değerleri, eğilme direnci değerleri ile pozitif ilişki gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0.05$). En yüksek elastikiyet modülü değeri F grubu levhalarda tespit edilmiş, katkı maddesinin %5 (G grubu) ve %10 (H grubu) çıkmasıyla elastikiyet modülü değerinde azalma bulunmuştur. Bu azalmaya rağmen aktif karbon

katkılı levhalar, kontrol levhasına göre elastikiyet modülü değerleri daha yüksek elde edilmiştir.

Elde edilen levhaların ısı iletim katsayısı değerleri Çizelge 4' te gösterilmiştir. Üretilen levhaların ısı iletim katsayısı değerleri arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). En yüksek ısı iletim katsayısı değeri kontrol örneğinde 0.90 W/m²K olarak belirlenmiştir. Kızılçam katkılı çimento levha içerisinde aktif karbon miktarı arttıkça, levhaların ısı iletim katsayısı değeri azalmıştır. Bunun nedeni üretilen levhalar içerisindeki aktif karbon oranı arttıkça, yoğunluğu azalmıştır. Yapılan çalışmalarda, ısı iletim katsayısı değerinin yoğunlukla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Asasutjarit vd., 2007). Aktif karbon katkılı kompozitlerde de, katkı maddelerinin eklenmesiyle oluşan yoğunluk azalması, levhaların ısı iletim katsayısı değerini düşürmüştür. ISO ve CEN standardına göre ısı iletim katsayısı 0.065W/m²K değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanmaktadır (Yıldız, 2014). Buna göre üretilen levhaların ısı iletim katsayısı değeri bu değer üstünde kalmıştır ve yalıtım malzemesi sınıfına girememiştir.

Çalışma içerisinde incelenen tüm fiziksel ve mekanik özelliklerin, kontrol grubu levhalara nazaran yüzde (%) değişimleri Çizelge 5'te verilmiştir. Kontrole göre en fazla artış F grubu levhanın elastikiyet modülü değerinde %148 olarak tespit edilmiştir. En fazla azalma H grubu levhanın hava kuru yoğunluk değerinde %11.75 olarak tespit edilmiştir. Aktif karbon katkısı fiziksel özelliklerden en çok 2 saat su alma değerini etkilerken, mekanik özelliklerden en çok elastikiyet modülü değerini etkilemiştir.

Çizelge 2. Çimentolu odun levhaların rutubet (%), yoğunluk(g/cm³), su alma ve kalınlık artımına ait değerler

| Levha türü | R (%) | D ₀ (g/cm ³) | D ₁₂ (g/cm ³) | SA (2 s) | SA (24 s) | KA (2 s) | KA (24 s) |
|----------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| E Grubu (Kontrol) | 10.87a (1.06)* | 0.883b (0.06) | 0.996c (0.06) | 20.53a (4.5) | 24.0a (1.5) | 2.30a (1.5) | 3.38a (1.4) |
| F Grubu | 11.46b (0.97) | 0.847ab (0.04) | 0.933b (0.05) | 22.2ab (1.6) | 24.9a (2.4) | 2.97a (1.9) | 3.89a (3.1) |
| G Grubu | 12.04c (0.51) | 0.808a (0.07) | 0.894ab (0.06) | 24.2b (2.4) | 25.7a (1.7) | 3.28a (2.5) | 3.95a (2.1) |
| H Grubu | 13.89d (0.45) | 0.805a (0.07) | 0.879a (0.07) | 24.3b (2.5) | 28.6b (3.1) | 3.52a (3.1) | 3.97a (2.9) |
| Sign. | $p < 0.001$ | $p < 0.05$ | $p < 0.001$ | $p < 0.05$ | $p < 0.001$ | $p > 0.05$ | $p > 0.05$ |

*: Parantez içindeki değerler standart sapmayı göstermektedir, R: Rutubet; D₀: Tam kuru yoğunluk (g/cm³), D₁₂: Hava kuru yoğunluk (g/cm³), SA: Su alma, KA: Kalınlık artımı, s:saat.

Çizelge 3. Çimentolu odun levhaların mekanik özellikleri

| Levha türü | Çivi tutma direnci (N/mm ²) | HG | Vida tutma direnci (N/mm ²) | HG | Eğilme direnci (N/mm ²) | HG | Elastikiyet modülü (N/mm ²) | HG |
|------------|---|----|---|----|-------------------------------------|----|---|----|
| E grubu | 4.10 (0.5)* | A | 5.43 (0.9) | A | 0.365 (0.17) | A | 125 (69) | A |
| F grubu | 4.34 (0.4) | A | 6.25 (0.6) | B | 0.680 (0.27) | B | 310 (190) | B |
| G grubu | 3.94 (0.4) | A | 6.19 (0.3) | B | 0.465 (0.16) | A | 208 (97) | A |
| H grubu | 4.21 (0.5) | A | 7.24 (0.6) | C | 0.396 (0.17) | A | 151 (72) | A |
| Sign. | $p > 0.05$ | | $p < 0.001$ | | $p < 0.05$ | | $p < 0.05$ | |

*Parantez içindeki değerler standart sapmayı göstermektedir, HG: Homojenlik grubu

Çizelge 4. Levhaların ısı iletim katsayısı değerleri

| Levha grubu | k (W/m ² K) | SS* | HG | Min. (W/m ² K) | Max. (W/m ² K) |
|-------------|------------------------|------|----|---------------------------|---------------------------|
| E Grubu | 0.90 | 0.02 | A | 0.885 | 0.907 |
| F Grubu | 0.89 | 0.01 | C | 0.873 | 0.911 |
| G Grubu | 0.54 | 0.04 | C | 0.501 | 0.586 |
| H Grubu | 0.49 | 0.01 | B | 0.478 | 0.500 |

*SS: Standart sapma, k: ortalama ısı iletim değeri, HG: homojenlik grubu. Min.: Minimum değer, Mak.: Maksimum değer

Çizelge 5. Tüm fiziksel ve mekanik özelliklerin, kontrol grubu levhalara nazaran yüzde (%) değişimleri

| No | R (%) | D ₀ | D ₁₂ | SA (2s) | SA (24 s) | KA (2 s) | KA (24 s) | ÇTD | VTD | ED | EM |
|----|-------|----------------|-----------------|---------|-----------|----------|-----------|-------|-------|-------|------|
| F | 5.43 | -4.07 | -6.33 | 8.13 | 3.75 | 29.13 | 15.09 | 5.85 | 15.1 | 86.3 | 148 |
| G | 10.76 | -8.49 | -10.24 | 17.87 | 7.08 | 42.61 | 16.86 | -3.90 | 14.00 | 27.40 | 66.4 |
| H | 27.78 | -8.83 | -11.75 | 18.36 | 19.16 | 53.04 | 17.46 | 2.68 | 33.33 | 8.49 | 20.8 |

R: Denge rutubeti, D₀: Tam kuru yoğunluk (g/cm³), D₁₂: Hava kuru yoğunluk (g/cm³), SA: Su alma, KŞ: Kalınlığına şişme, VTD: Vida tutma direnci (N/mm²), ÇTD: Çivi tutma direnci (N/mm²), ED: Eğilme Direnci (N/mm²), EM: Elastikiyet modülü (N/mm²), s: saat.

4. Sonuç ve Öneriler

Çimentolu levhaya eklenen farklı oranlardaki aktif karbonun kompozit levhası üzerine rutubet, yoğunluk, 2 saat su alma, 24 saat su alma, vida tutma direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve ısı iletim katsayısı değeri üzerine istatistiki olarak anlamlı etkisi olduğu belirlenmiştir. Test örneklerine uygulanan analizler sonucunda, aktif karbon katkısı miktarı arttıkça levhanın fiziksel özelliklerinden denge rutubeti miktarının, su alma miktarının, kalınlık artımı miktarının arttığı, tam kuru yoğunluk, hava kuru yoğunluk miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Çimentolu odun levha içerisindeki aktif karbon miktarı arttıkça vida tutma direncinde artış, çivi tutma direnci üzerine herhangi bir etkisi bulunmamıştır. En yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülü değeri %2.5 aktif karbon eklenen levhalarda tespit edilmiş, oran arttıkça bu değer azalmıştır. Buna rağmen kontrol levhasına göre değerler yüksek bulunmuştur. Isı iletim katsayısı değeri aktif karbon miktarı arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. Aktif odun karbonun levha içerisinde katkı maddesi olarak kullanılması mekanik özelliklerden en çok %148 elastikiyet modülü değerinde (F grubu) ve %86 eğilme direnci (F grubu) değerinin artmasına, fiziksel özelliklerden en çok kalınlık artmasına %53 (H grubu) neden olmuştur. En fazla azalma fiziksel özelliklerden hava kuru yoğunlukta %11.75 oranında H grubunda elde edilmiştir.

Elde edilen bu değerler sonucunda, aktif karbonun belirli oranlarda çimentolu levhaya katılmasının malzemeye birçok avantaj sağladığı ortaya konmuştur. Daha ileriki çalışmalarda, aktif karbon katkı maddesinin farklı miktarları ve farklı ağaç türlerinin malzemeye olan etkisinin araştırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Açıklamalar

Bu çalışma KSÜ BAP tarafından, 2021/6-13 YLS numaralı proje ile desteklenmiştir. Bu desteğinden dolayı KSÜ BAP birimine teşekkür ediyoruz.

Kaynaklar

- Asasutjarit, C., Hirunlabh, J., Khedari, J., Charoenvai, S., Zeghmati, B., Cheul Shin, U., 2007. Development of coconut coir-based lightweight cement board. *Construction And Building Materials*, 21(2): 277–288.
- ASTM C1113-09, 2004. Standard test method for thermal conductivity of refractories by hot wire (Platinum resistance thermometer technique). ASTM, USA.
- ASTM D1037, 2006. Standard test method for evaluating properties of wood-based fibers and particle panel materials. ASTM, USA.
- Basri, H.B., Mannan, M.A., Zain, M.F.M., 1999. Concrete using waste oil palm shells as aggregate. *Cement and Concrete Research*, 29: 619–22.
- Christy, C.F., Tensing, D., 2010. Effect of class-f fly ash as partial replacement with cement and fine aggregate in mortar. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 17: 140-144.

- DIN 1164-11, 2003. Special cement - Part 11: Composition, specification and conformity evaluation for cement with short setting time. German Institute for standards, Germany.
- Dinwoodie, J. M. and Paxton B. H., 1991. The long -term performance of cement-bonded wood particleboard. In *proc. Inorganic bonded wood and fibre composite materials conference*. For. Prod. Res. Soc. Madison W/S. pp. 45-54.
- Goodell, B., Daniel, G., Liu, J., Mott, L., Frank, R., 1997. Decay resistance and microscopic analysis of wood-cement composites. *Forest Products Journal*, 47(11-12): 75-80.
- Gunduz, L., Kalkan, S.O., Isker, M., 2018. Effects of using cement-bonded particle boards with a composite component in terms of acoustic performance in outdoor noise barriers. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM)*, 4 : 246-255.
- Justo-Reinoso, I., Srubar, W.V., Caicedo-Ramirez, A., Hernandez, M.T., 2018. Fine aggregate substitution by granular activated carbon can improve physical and mechanical properties of cement mortars. *Construction and Building Materials*, 164: 750–759.
- Karade, S.R., 2010. Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. *Construction and Building Materials*, 24: 1323–1330.
- Kasai, Y., Kawamura, M., Zhou, J.D., 1998. Study on wood chip concrete with used timber. *Recent Advances in Concrete Technology*, 7-11 June, Tokushima, Japan, 179: 905–928.
- Ledhem, A., Dheilily, R.M., Benmalek, M.L., Queneudec, M., 2000. Properties of wood-based composites formulated with aggregate industry waste. *Construction And Building Materials*, 14: 341-350.
- Magin, G., 2001. *An Introduction to Wood Waste in the UK*. Fauna & Flora International, Cambridge, UK
- Mahoutian, M., Lubell, A.S., Bindiganavile, V.S., 2015. Effect of powdered activated carbon on the air void characteristics of concrete containing fly ash. *Construction and Building Materials*, 80: 84–91.
- Meneéis, C.H.S., Castro, V.G., Ve Souza, M.R., 2007. Production and properties of amedium density wood-cement boards produced with oriented strands and silica fume. *Maderas: Ciencia Y Tecnología*, 9(2): 105-116.
- Moslemi, A.A., Pfister, S.C., 1987. The influence of cement/wood ratio and cement type on bending strength and dimensional stability of wood-cement composite panels. *Wood and fiber science*, 19(2): 165-175.
- Na, S., Lee, S., Youn, S., 2021. Experiment on activated carbon manufactured from waste coffee grounds on the compressive strength of cement mortars. *Symmetry*, 13(4): 619.
- Ohijeagbon, I.O., Bello-Ochende, M.U., Adeleke, A.A., Ikubanni, P.P., Samuel, A.A., Lasode, O.A., Atoyebi, O.D., 2021. Physico-mechanical properties of cement bonded ceiling board developed from teak and african locust bean tree wood residue. *Materials Today: Proceedings*, 44: 2865-2873.
- Ramirez-Coretta, A., Eckelman, C.A. Wolfe, R.W., 1998. Inorganic-bonded composite wood panel systems for low cost housing: A central american perspective. *Forest Products Journal*, 48(4): 62-68.

- Semple, K. E., & Evans, P. D. 2004. Wood-cement Composites- Suitability of Western Australian Mallee Eucalypt, Blue Gum and Melaleucas: A Report for the RIRDC/Land & Water Australia/FWPRDC/MDBC Joint Venture Agroforestry Program. RIRDC.
- Subaşı, S., İşbilir, B., Ercan, İ., 2011. Uçucu kül ikameli çimento numunelerinin mekanik özelliklerine yüksek sıcaklığın etkisi. Politeknik Dergisi, 14(2): 141-148.
- TS EN 310, 1999. Ahşap esaslı levhalar – eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar – su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 323, 1999. Ahşap esaslı levhalar - birim hacim ağırlığının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 13446, 2005. Ahşap esaslı levhalar - bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini. TSE, Ankara.
- Van Elten, G. J. 2000. Production, properties and world wide application of various wood-cement products. In Proceedings 34th International Particleboard and Composite Materials Symposium pp. 169-174.
- Yıldız, N., 2014. Yalıtımda doğal çözüm: Perlit. Madencilik Dergisi, pp. 100-102
- Zhengtian, L., Moslemi, A.A., 1985. Influence of chemical additives on the hydration characteristics of western larch wood-cement-water mixtures. Forest Products Journal, 35(7-8): 37-43.

Ekosistem hizmetleri haritalamada matris yönteminin kullanımı: Adana Sarıçam örneği

Gülşay Tokgöz^{a,*} , Asuman Aysu^a , Sebahat Sinem Özyurt Ökten^b 

Özet: Hızlı nüfus artışına paralel olarak doğal kaynaklar üzerinde baskı artmakta, ekosistemlerin nitelik ve nicelik bakımından özellikleri değişmektedir. Bu değişim arazi örtüsü/alan kullanımı üzerinde ciddi sorunlar oluşturmaktadır ve kaynakların sürdürülebilir kullanımını riske atmaktadır. Bu nedenle ekosistem hizmetlerinin potansiyel analizinin yapılması, alan kullanım yönetim sürecinde büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Adana Sarıçam ilçesi örneğinde arazi örtüsü/alan kullanımı değişiminin ekosistem hizmetleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ekosistem hizmetlerinin potansiyel arzını bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmek için uzman odaklı matris metot yaklaşımı kullanılmıştır. Oluşturulan ekosistem hizmetleri sonuç haritasına göre, çalışma alanındaki en önemli ekosistem hizmeti sunan kullanımların ekilebilir alanlar, iğne yapraklı ormanlar, çayır-mera alanları ile makilik alanlar olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen alan kullanımı verileri, ekosistem hizmetleri matris ve haritalarının planlama çalışmalarında altlık veri olarak kullanılması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekosistem hizmetleri, Matris yöntemi, Sarıçam

Matrix method usage in ecosystem services mapping: Adana Sarıçam sample

Abstract: The characteristics of ecosystems in terms of quality and quantity are changing and the pressure on natural resources is increasing in parallel with the rapid population growth. This change creates serious problems on land cover/land use and puts the risk on sustainable use of resources. Therefore, potential analysis of ecosystem services has great importance in the land use management process. In this study, the effect of land cover/land use change on ecosystem services was investigated in Adana Sarıçam district. An expert-focused matrix method approach was used to assess the potential supply of ecosystem services from a holistic perspective. According to the ecosystem services result map created, it has been determined that the most important ecosystem services in the study area are arable lands, coniferous forests, meadow-pasture areas and maquis areas. It is aimed to use the land use data, ecosystem services matrices and maps obtained within the scope of the study as base data in planning studies.

Keywords: Ecosystem services, Matrix method, Sarıçam

1. Giriş

Ekosistem hizmetleri (EH), sürdürülebilir doğal kaynak kullanımını açısından insan-doğa arasındaki ilişkileri araştıran ve yeniden şekillendiren önemli bir kavramdır. MEA (Corvalan vd., 2005) EH kavramını, doğanın insan sağlığına faydaları olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda kavram, bir ekosistemin kendi ekolojik süreçlerinin bütünlüğünü korurken sağlayabileceği insan refahı ve geçimi için vazgeçilmez, önemli olan mallar, hizmetler ile çevresel koşulları ifade eder (Costanza vd., 1997; Burnett vd., 2006; Sannigrahi vd., 2019).

EH yaklaşımı yeryüzündeki tüm ekosistemleri kapsamaktadır. Bu yaklaşımın daha iyi anlaşılır olması ve uygulamalarda birlik sağlanabilmesi bakımından bazı teorik modeller geliştirilmiştir (örn. cascade model, tiered approach, ES bundles, blueprint vd.) (Vatandaşlar, 2021). EH potansiyellerinin mekânsal olarak değerlendirilmesi ve haritalanması arazi yönetimini desteklemede önemli bir bileşendir. Avrupa Birliği (AB) politikalarında da doğal kaynakların sürdürülebilir planlanması ve yönetimi sürecinde

güncel bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir ve kullanılmaktadır. Peyzajın işlevselliğini korumaya ve geliştirmeye yardımcı olan bu yaklaşımlar sonucunda üretilen EH haritaları ile yüksek EH arzına sahip alan kullanımlarının belirlenerek korunması (Shen vd., 2021) ekolojik, sosyal ve ekonomik olarak sürdürülebilir alan kullanım kararlarının alınması açısından önemlidir (Cowling vd., 2008; Bennett vd., 2009; Poikolainen vd., 2019).

Arazi kullanım değişimleri ekosistem hizmetleri üzerinde ciddi bir baskı kurar (Metzger vd., 2006; Fu vd., 2015). Smiraglia vd. (2016) EH haritalanması ve bu verilerin nicel olarak ifade edilmesinin gerekliliğini belirtmiş; ilgili çalışmada arazi kullanım değişikliği ile arazi bozulumu arasındaki bağlantıların da ortaya konulmasının gerekliliği vurgulanmıştır (Kertész vd., 2019). Bu değişikliklerin belirlenmesi, alan kullanımlarının ekolojik etkilerinin analiz edilme sürecine de katkı sağlar (Su vd., 2012; Dadashpoor vd., 2019). EH'nin sürdürülebilir kullanımının sağlanması ve nicel ölçümlerle desteklenerek değişimlerin izlenmesi, mevcut arazi kullanım planlaması için oldukça önemlidir (Maes vd., 2012; Primmer ve Furman, 2012). Analiz ile elde

✉ ^a İskenderun Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İskenderun, Hatay

^b İskenderun Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İskenderun, Hatay

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): gulay.tokgoz@iste.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 26.08.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 10.02.2022



Citation (Atf): Tokgöz, G., Aysu, A., Özyurt Ökten, S.S., 2022. Ekosistem hizmetleri haritalamada matris yönteminin kullanımı: Adana Sarıçam örneği. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 69-78.

DOI: [10.18182/tjf.987025](https://doi.org/10.18182/tjf.987025)

edilen verilerin haritalandırılarak kullanılması ekosistem ve hizmetlerinin değerlendirme süreçlerini de olumlu etkiler. Ayrıca bu haritaların biyoçeşitlilik kaybını ve ekosistemlerin bozulmasını durdurmaya yardımcı olması beklenmektedir (EC, 2011).

EH'yi değerlendirmek ve haritalamak için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Uygun değerlendirme yöntemleri ve süreçleri, değerlendirmenin amacına göre farklılık göstermektedir. Araştırma kapsamında bir olguya genel bir bakış açısı sağlamak veya farkındalık yaratmak için planlamalarda matris yöntemi kullanılmaktadır. EH matris yöntemi, karşılaştırmalı, hızlı, anlaşılır ve erişilebilir bir değerlendirmeye imkân sağladığından yaygın olarak tercih edilen bir yaklaşımdır. Ancak yerel planlamalarda kararları desteklemek için EH arasındaki ilişkiler hakkında bilgilere dayanan, esas olarak literatürden elde edilen bilgiler ile birincil verilerin ve nicel regresyon modeli yaklaşımlarının kullanılmasına da ihtiyaç vardır (Tokgöz ve Say, 2018).

Burkhard vd. (2012, 2014) tarafından geliştirilen yöntem, EH potansiyeli değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. "Ekosistem hizmet potansiyeli" bir ekosistemin bu hizmetlere yönelik insan sağlığı ve refahı için oluşan ihtiyaçlardan bağımsız olarak, ekolojik özelliklere ve işlevlere dayalı EH sunma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Villamagna vd., 2013). Matris yöntem yaklaşımıyla, bir peyzajın EH potansiyeli, çeşitli EH nicelleştirme yaklaşımlarına dayalı olarak tahmin edilebilir (Weibel vd., 2018). EH matris uygulamalarında arazi örtüsü/alan kullanımları ve ekosistem hizmetleri arasında nedensel ilişkiler olduğu varsayılmaktadır. Bu sebeple yapılan çalışmalarda çoğunlukla temel birim olarak arazi örtüsü/alan kullanımı verileri ile birlikte alanı tanımlayan jeoloji, toprak, hidrolojik yapı, iklim verileri, demografik istatistikler vb. incelenir. EH potansiyellerinin puanlandırılmasında ise farklı alanlarda çalışan uzmanların (peyzaj mimarı, şehir plancısı, coğrafya, zooloji, biyoloji, harita mühendisi vb) görüşlerine başvurulur (Kamlun ve Arndt, 2019). Uzman görüşü, veri sıkıntısı yaşanan çalışmalarda, ekosistem hizmetleri ile ilgili ilk tahminler ve bilimsel olarak sağlam sonuçların elde edilmesine yardımcı olabilmektedir (Jacobs vd., 2015).

EH matrisinin, ekosistem hizmetlerini değerlendirmek ve haritalamak için güvenilir, hızlı bir araç olduğu kanıtlanmıştır (Burkhard vd., 2012; Burkhard vd., 2014; Campagne vd., 2020). EH matris değerlendirmeleri, özellikle veri azlığı, uyumsuz gösterge verileri veya alan çalışmaları erişilebilirlik sorunu olduğunda değerlendirmelerde fayda sağlamaktadır (Sinare vd., 2016; Campagne vd., 2020). Bu çalışmalarda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin de, çeşitli ölçeklerdeki peyzaj değişikliklerini tespit etmek için güçlü ve etkili araçlar olduğu kabul edilir (Xiuwan, 2002; Manson vd., 2015; Yu vd., 2019).

Kent çeperleri içinde ve dışında bulunan kentsel ekosistemler ve habitatlar (yeşil alanlar, parklar, kentsel ormanlar, mezarlıklar, boş araziler, bahçeler ve avlular, kampüs alanları, akarsular vb.) ekosistem hizmetleri sağlayan ve birlikte ele alınması gereken alanlardır (Demiroğlu ve Karadağ, 2015). Bu çalışmada Adana ili Sarıçam ilçesi örneğinde, coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla ekosistem hizmetlerinin mekânsal dağılımları haritalanmış ve alanda 2018 yılı arazi örtüsü/alan kullanımı verilerine göre ekosistem hizmetleri ve bu hizmetlerin potansiyelleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

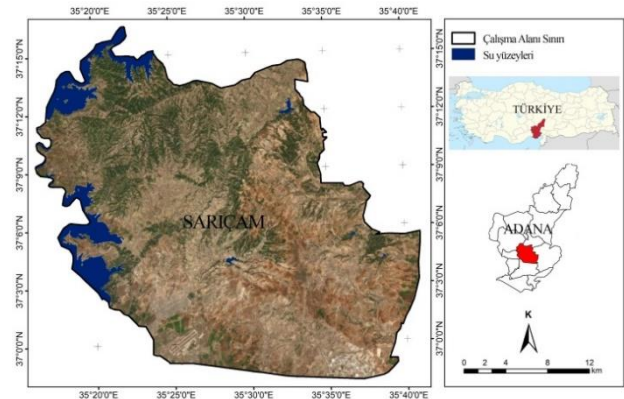
2.1. Çalışma alanının konumu

Çalışma $37^{\circ}17'03,05''$ - $36^{\circ}58'18,18''$ K ve $35^{\circ}16'00,22''$ - $35^{\circ}41'31,37''$ D koordinatlarında bulunan Adana Sarıçam ilçe sınırları içinde yürütülmüştür. Sarıçam ilçesi Türkiye'nin güneyinde, Akdeniz Bölgesinde yer alan Adana ilinin 15 ilçesinden biridir. Aynı zamanda Türkiye'nin en büyük merkez ilçelerindedir (Sarıçam Belediyesi, 2021). Adana'nın kuzeyinde yer alan Yüreğir ilçesinin kuzey-doğu kısmından ayrılarak 2008 yılında kurulmuştur. Adını ise ilçenin kuzeyinde bulunan sarıçam ormanlarından almaktadır (Sarıçam Kaymakamlığı, 2021) Şekil 1'de çalışma alanı konum haritası verilmiştir.

Uluslararası öneme sahip İncirlik Hava Üssü, bölgenin en köklü üniversitelerinden Çukurova Üniversitesi ve ulusal açıdan önemli bir üretim merkezi olan Hacı Sabancı Organize Sanayi Bölgesi Sarıçam ilçe sınırları içerisinde bulunmaktadır. Sarıçam ilçe nüfusu 2020 yılı TÜİK verilerine göre 194.019 kişidir. % 66,1'lik oranla Adana'nın en yüksek nüfus artış hızına sahip olan ilçesidir. Sarıçam ilçesinin tarihi M.Ö 1000'li yıllara dayanır ve Hititler, Asurlular, Babiller, Bizanslılar, Emeviler ile Abbasilerin bölgenin bereketli topraklarında hüküm sürdüğü bilinmektedir. Tipik Akdeniz ikliminin hâkim olduğu ilçede yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlıdır (Sarıçam Kaymakamlığı, 2021).

2.2. Materyal

EH'nin potansiyel arzını değerlendirmenin ilk adımı, çalışma alanının arazi örtüsü/alan kullanımı haritasının oluşturulmasıdır. Çalışmada, arazi örtüsü/alan kullanımı haritası, Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmaları (USGS) tarafından üretilmiş 18.05.2008 tarihli Landsat uydu görüntüsü ile 06.05.2018 tarihli Landsat uydu görüntüleri kullanılarak dördüncü düzey CORINE arazi örtüsü sınıflandırmasına göre yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu

Araştırma alanında yer alan askeri alanlar ve üniversite alanı alansal bakımdan büyük olduğu için 4. Düzey dışında sayısal olarak ayrı başlıklar altında çalışmaya dâhil edilmiştir. Sınıflandırmanın doğruluğu, Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen 1/ 100 000 ölçekli topoğrafik haritalar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan temin edilen 1/100 000 ölçekli Çevre Düzeni Planları ve Adana Büyükşehir Belediyesinden temin edilen 1/ 100 000 ölçekli İmar Planları ile sağlanmıştır. Alana ait büyük toprak grupları ve arazi yetenek sınıfları haritalarının ve alansal büyüklüklerin hesaplanmasında Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (1996) tarafından hazırlanan toprak haritaları ile Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün hazırladığı 1/100 000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanılmıştır. 2018 yılına ait sıcaklık verileri ise Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden elde edilmiştir.

2.3. Matris yöntemi

EH matris metodu, arazi örtüsü/alan kullanımı kategorilerinin, EH'nin niteliksel özelliklerinin temsil edilme yaklaşımı olarak ifade edilebilir. Buna rağmen, arazi örtüsü/alan kullanımı verileri, toprak tipi ve kalitesi, su mevcudiyeti, jeomorfoloji veya genel ekosistem bütünlüğü gibi EH kapasitelerini destekleyen ekosistem koşullarının önemli bileşenleri hakkında bilgiler elde etmede tek başına yeterli olmaz. Bu nedenle alanla ilgili farklı bilgilere de ihtiyaç vardır. Ekosistem hizmetleri potansiyellerinin belirlenmesi aşamasında uzman görüşleriyle yapılan matris puanlamasında, analiz edilen toprak, jeoloji ve sıcaklık verileri, uzmanlara çalışma alanı hakkında önemli bilgiler verir (Burkhard vd., 2012). Bu bileşenler zaman içerisinde değişiklik gösterebilir. Bu nedenle arazi örtüsü/alan kullanımı konusunda uzman görüşlerine ve paydaşlara başvurulur. Uzman, belirli bir alanda araştırma, deneyim veya mesleğe dayalı kapsamlı bilgi veya becerilere sahip olan ve çalışılan alandaki farklı ekosistem türleri ile ilişkili ekosistem hizmetlerinin makul bir değerlendirmesini yapabilen kişidir (Drescher vd., 2013). Paydaş ise bir kararı veya eylemi etkileyen veya bundan etkilenen kişi olarak tanımlanmaktadır (Freeman, 1984; Reed vd., 2009). Bazı paydaşlar uzman olarak nitelendirilebilir veya bu durumun tersi de olabilir. Ancak EH'nin yerel değerlerinin belirlenmesi konusunda gerekli uzmanlığa sahip kişilerin değerlendirmeye dâhil edilmesi gereklidir. Bunun yanında EH kapasite-talep zincirinin amacına ve bileşenine dayalı olarak paydaşlar ve uzmanlar arasında kurulacak etkileşimlerle oluşan süreçte panel veya çalıştay benzeri uygulamaların yapılması önemlidir. Bu süreçte uzman ve paydaşlar arasında sağlanan şeffaflık ve tutarlılık, EH bileşenlerinin değerlendirilmesi sürecinin güvenilirliğini artırır (Jacobs vd., 2015). EH değerlendirmesinde arz ve talep durumuna göre uzmanlık ve paydaş panelleri farklılık gösterebilir. Yerel ve bölgesel koşullar hakkında gerekli bilgiler yerel ve bölgesel yönetim ile STK'lerden sağlanmalıdır (Kopperoinen vd., 2017). Alan değerlendirme sürecine dâhil edilecek uzman sayısı konusunda Campagne vd. (2020) uzman sayısının 10 ile 20 kişi arasında olması gerektiği önerilmiştir. Çalıştay sırasında bütün uzmanların bir araya gelmesi mümkün olmadığında ya da çalıştay düzenlenemediği koşullarda uzmanlarla bireysel olarak görüşülerek EH'ler ile arazi örtüsü/alan kullanımları ve ekosistem türleri için puanlandırma sağlanarak fikir birliği sağlanabilir (Campagne ve Roche, 2018). Uzmanların matrisi

doldurması aşamasında ise önceden doldurulmuş bir matris kullanmak veya boş bir matris kullanmak iki temel seçenek olarak tercih edilebilir. Uzmanlar, alanla ilgili bilgilere ve önceden doldurulmuş bir matrise dayalı olarak puanlama yapabilir. Bu yöntemde, uzmanlar önceden doldurulmuş matristeki puanlardan olumsuz etkilendiği için puanlamada güvenilirlik sağlanamaz. Boş bir matrisin doldurulmasından daha hızlıdır ve çalışmalarda zaman açısından tasarruf sağlar. Boş matris puanlandırmasında ise uzmanlara, arazi örtüsü verileri ile bağlantılı hazırlanmış EH tablosu sunularak doldurulması istenir. Bu yöntemde puanlandırma sırasında herhangi bir dış etki olmadığından dolayı çalışmalara analitik ve istatistiksel fayda sağlar ancak önceden doldurulmuş matris seçeneğine göre daha uzun zamana ihtiyaç vardır. Matrisin doldurulması işlemi sırasında ise konsensüs doldurma, tam bireysel doldurma, kısmi bireysel doldurma yada bireysel doldurma/birlikte fikir birliği turlarından biri kullanılabilir. Matrislerin konsensüs doldurma işlemi sırasında, her puanı tartışmak ve nihai bir fikir birliği puanına ulaşmak için tüm uzmanların katılacağı bir çalıştay düzenlenmelidir. Bu yöntem matrisin boyutuna ve uzman sayısına bağlı olarak atölye çalışmaları gerektiren, zaman alan ve uzmanların zaman müsaitliği yüzünden organizasyonunun güç olduğu matris doldurma yöntemlerindedir. Ancak kolektif zekâ ve kapasite geliştirilmesi bakımından çalışmalarda güvenilirliği yüksektir. Tam bireysel doldurma işleminde matris doldurulmadan önce alana ait bilgilerin ve matris içeriğinin sunulduğu hazırlık atölyeleri düzenlenir. Atölyelerin sonunda her uzmanın matrisi ayrı ayrı doldurması beklenir. Önyargının az, düzenlenmesinin kolay olduğu bu doldurma biçiminde, tüm matrisin doldurulması için gereken sürenin uzun olması nedeniyle daha az uzman çalışmaya katılmayı tercih edebilir. Kısmi bireysel doldurmada ise her uzman, matrisin kendi uzmanlık alanına bağlı bölümünü tamamlar. Atölye çalışması gerektiren doldurma biçiminde puanlandırma hızlıdır fakat her uzmanlık türü için 10-15 kişiye ihtiyaç vardır. Puanlamada aynı konuda bu sayıda uzman kişiye ulaşmak zordur. Bu nedenle çalışmanın akışını sınırlandırabilmektedir. Matrislerin doldurulması aşamasında bir diğer matris doldurma biçimi, bireysel doldurma ile birlikte fikir birliği turlarının yapıldığı doldurma şeklidir. İki oturumdan oluşan çalıştaylarla desteklenmesi gerekir. Bireysel doldurmadan sonra, yüksek puanların tartışıldığı ikinci bir turun yapılması fikir birliğini doğrulamak için önemlidir (Campagne ve Roche, 2018).

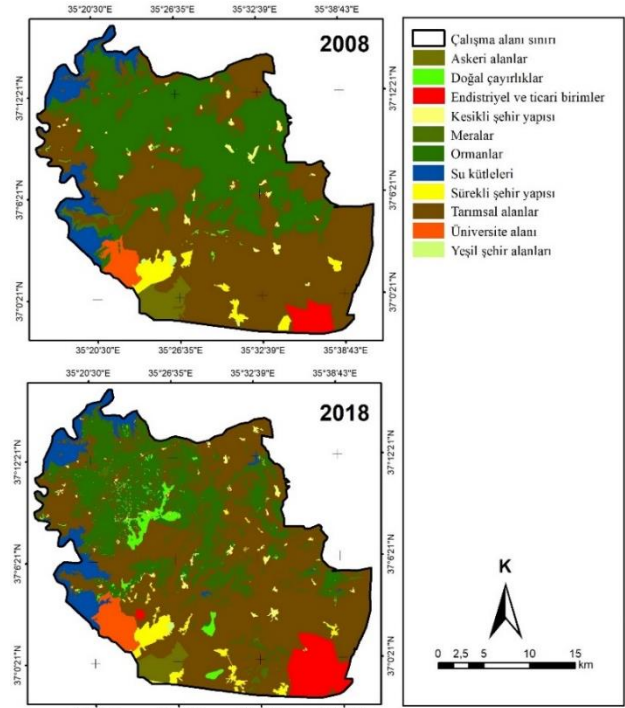
Çalışmada alanla ilgili arazi örtüsü verileri ile EH'lerin bulunduğu başlangıç matrisi olarak boş matris tercih edilmiş, çalışma öncesinde çalışmanın amacı, hedefi, kapsamı, alanın doğal ve kültürel peyzaj öğelerinin tanıtıldığı, hazırlanan matris içeriği ve doldurulma biçiminin anlatıldığı yüz yüze görüşme tekniği ile bilgiler matrisi dolduracak uzmanlara aktarılmıştır. Sarıçam ilçesini tanımlayan arazi örtüsü/alan kullanımı verileri ile birlikte ilçenin doğal ve kültürel peyzaj öğelerini içeren bilgi kataloğu puanlandırma öncesinde uzmanlarla birlikte incelenerek EH hakkında ön bilgilendirme yapılmıştır. X eksenini EH sınıflandırmasını Y ekseninde ise alana ait arazi örtüsü/alan kullanımı verilerinin bulunduğu boş matris uzman değerlendirmesine sunulmuş ve matrisin bu çerçevede doldurulması istenmiştir.

3. Bulgular

Çalışma kapsamında 2008 ve 2018 yıllarına ait uydu görüntülerinin sayısallaştırılmasıyla alan kullanım/razi örtüsü değişimi belirlenmiştir (Şekil 2). Bu kapsamda çalışma ekibi tarafından ilçeye ait arazi örtüsü verileri, CORINE arazi sınıflaması grupları temel alınarak yeniden oluşturulmuştur. Buna göre gruplanan kullanımların değişimlerine ait alansal büyüklükler ve ilçede kapladıkları alan yüzdeleri Çizelge 1’de verilmiştir.

İlçede 2018 verilerine göre tarımsal alanların ve ormanların % 79,68 oranında olduğu saptanmıştır. 2008 ve 2018 yılları arasında alansal olarak değişimin en çok mera alanlarında (% 88,78 artış) olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda endüstriyel ve ticari birimlerin de % 16,3 oranında arttığı görülmüştür. Çalışma alanında yapılan arazi yetenek sınıfları analizine göre, ilçe sınırları içerisinde en çok VI. sınıf (% 44,28), en az V. sınıf (% 0,29) topraklar bulunmaktadır (Şekil 3).

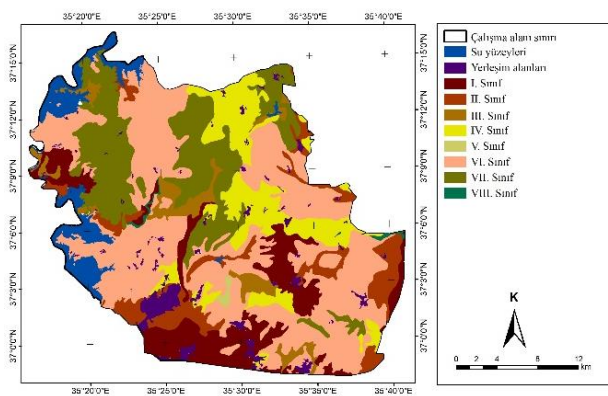
Bunun yanında ilçenin % 13,34’ü I. sınıf, % 9,10’u II. sınıf, % 4,67’si III. sınıf, % 11,78’i IV. sınıf, % 16,21’i VII. sınıf ve % 0,31’i ise VIII. sınıf arazi yetenek sınıfına ait topraklardan oluşmaktadır. İlçenin toprak yapısı, büyük toprak grupları açısından incelendiğinde en geniş alanları % 51,65’lik oranla Kahverengi Orman Toprakları ve %39,05’le Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları’nın kapladığı görülmektedir (Şekil 4). Bunun yanında ilçenin % 6,39’unu Kolüviyal Topraklar, % 0,88’lik bölümünde ise Kırmızı Akdeniz Toprakları bulunmaktadır.



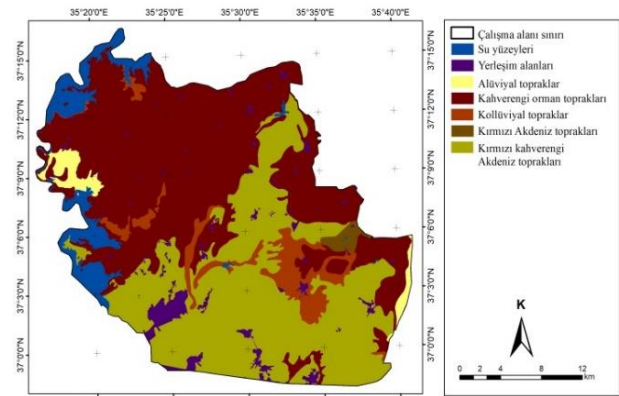
Şekil 2. 2008 ve 2018 yıllarına ait alansal değişimler

Çizelge 1. Sarıçam ilçesine ait arazi örtüsü ve alan kullanımları

| Corine arazi kodu | Corine arazi sınıfı | 2008 (ha) | % | 2018 (ha) | % | Arazi kullanım modeli ve arazi örtüsü değişimi |
|-------------------|--------------------------------|-----------|--------|-----------|--------|--|
| 1.1.1 | Sürekli şehir yapısı | 1793,64 | 2,24 | 1900,23 | 2,38 | % 0,6 artma ↓ |
| 1.1.2 | Kesikli şehir yapısı | 718,09 | 0,90 | 652,8 | 0,82 | % 0,9 azalma ↓ |
| 1.2.1 | Endüstriyel ve ticari birimler | 1384,23 | 1,73 | 3651,59 | 4,57 | % 16,3 artma ↑ |
| 1.4.1 | Kentsel yeşil alanlar | 101,68 | 0,13 | 61,05 | 0,08 | % 3,99 azalma ↓ |
| 2 | Tarımsal alanları | 40460,95 | 50,63 | 46088,05 | 57,68 | % 1,39 artış ↑ |
| 2.3 | Meralar | 159,97 | 0,20 | 1580,23 | 1,98 | % 88,78 artış ↑ |
| 3.2.1 | Doğal çayırliklar | 486,59 | 0,61 | 719,91 | 0,90 | % 4,79 artış ↑ |
| 3.1 | Ormanlar | 27366,82 | 34,25 | 17592,61 | 22,02 | % 3,57 azalma ↓ |
| 5.1.2 | Su kütleleri | 4275,31 | 5,35 | 4525,17 | 5,66 | % 0,58 artış ↑ |
| - | Askeri alanlar | 1722,15 | 2,16 | 1334,51 | 1,67 | % 2,90 azalma ↓ |
| - | Üniversite alanı | 1439,48 | 1,80 | 1802,76 | 2,26 | % 2,52 artış ↑ |
| - | Toplam | 79908,91 | 100,00 | 79908,91 | 100,00 | |



Şekil 3. Sarıçam ilçesi 2018 yılına ait arazi yetenek sınıfları dağılımları



Şekil 4. Sarıçam ilçesi 2018 yılına ait büyük toprak grupları dağılımları

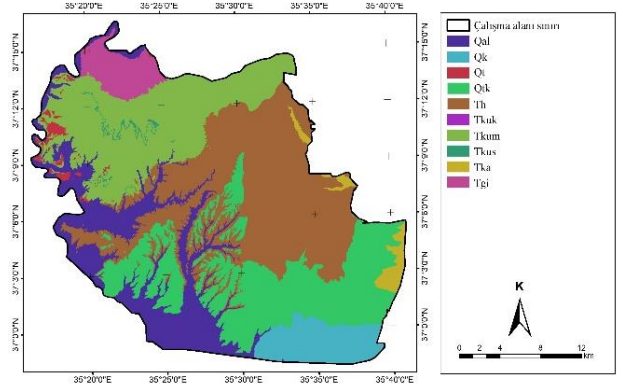
Jeolojik formasyon açısından alanda Handere Formasyonu (% 30,31), Taraça Kaliçi (% 21,71) ve Memişli Üyesi (% 19,9) elemanlarının hakimdir (Şekil 5). Alanda % 15,19 oranında Alüvyon, % 5,70 oranında Kaliçi, % 3,79 oranında Girdili formasyonu, % 1,70 oranında Karaisalı formasyonu, % 0,99 oranında Taraça, % 0,66 oranında Salbaş Tüfit ve % 0,01 oranında Kuzgun üye formasyonları bulunmaktadır. Puanlandırma aşamasında temin edilebilen ve alanla ilgili sosyal, ekonomik, kültürel ve istatistiksel veriler puanlandırmanın güvenilirliğini arttıran verilerdir (Campagne vd., 2020).

Çalışma alanına ait 2018 yılı ortalama sıcaklık verileri incelendiğinde ise çalışma alanının % 39,19'unun 21-22 °C, % 34,91'inin 19-20 °C, % 13,71'inin 17-18 °C, % 12,16'sının 23-24 °C ve % 0,02'sinin ise 15-16 °C sıcaklık değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Çalışmada arazi yetenek sınıfları (Şekil 3), büyük toprak grupları dağılımı (Şekil 4), ilçenin jeolojik formasyonu (Şekil 5) ile sıcaklık değişimlerine ait bilgiler ve veriler (sosyal, ekonomik ve demografik) çalışma grubu tarafından oluşturulan matriste puanlama aşamasında kullanılmıştır. Puanlandırma aşamasında kullanılan ilçeye ait sosyal, ekonomik ve kültürel bilgiler TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerinden elde edilmiştir.

3.1. Çalışma alanına ait ekosistem hizmetleri haritaları

EH matris yaklaşımı, ekosistem türleri, habitat türleri veya arazi örtüsü/ alan kullanımı gibi jeo-uzamsal birimlerden oluşan bir tablonun kullanımına dayanır. Çalışma alanında ekosistem türlerinin ve jeo-uzamsal birimlerin seçimi yaklaşımın başlangıç noktasıdır. Matris tablosunda satır ve sütunlarda ilgili ekosistem hizmetleri ve jeo-uzamsal birimlerin seçiminden sonra uygun göstergeler ve uygun nicelleme yöntemlerine göre ekosistem hizmetlerinin her biri için, ekosistem potansiyeli, ekosistem arzı, ekosistem akışı/kullanımı veya ekosistem talebine atıfta bulunarak bir puan oluşturulur. Matris metodu ile ekosistem hizmetleri haritalama çalışmalarında Burkhard (2012) tarafından 0 ile 5 arasında değişen göreceli bir ölçekte yarı nicel puanların kullanılması önerilmektedir. Bu puanlar, uzman yargılarından çeşitli veri kaynaklarına, istatistiksel verilere, süreç tabanlı modellerden nicel verilere veya dolaylı ve doğrudan ölçümlere dayanabilir ve bu bulgular matris sürecine entegre edilebilir (Campagne vd., 2020). Matris yöntemi arazi örtüsü/alan kullanımları, toprak, jeoloji, iklim gibi jeo-uzamsal birimleri, ekosistem hizmetleri arzı (talebi) ile ilişkilendirmeye dayanmaktadır ve birçok ekosistem hizmetleri haritalama çalışmalarında kullanılmıştır (Burkhard vd., 2012; Vihervaara vd., 2012; Soheli vd., 2015; Tokgöz ve Say, 2018). Aynı zamanda yöntem, Avrupa Birliği MAES (Mapping and Assessment of Ecosystem Services) çalışma grubu tarafından da kabul edilmektedir (Vihervaara vd., 2018).



Şekil 5. Sarıçam ilçesi 2018 yılına ait jeolojik formasyon dağılımları

Çalışmada farklı arazi örtüsü türlerinin ekosistem hizmeti tedarik etme potansiyelinin değerlendirilmesi için oluşturulan matris, uzman grubu tarafından değerlendirilmiştir. Puanlamada kullanılan matris tablosu (Çizelge 2), ilçe genelinde ekolojik ve sosyal yönden alanda çalışmalar yapmış ya da çalışma gruplarında bulunmuş ve alanla ilgili bilgi sahibi 10 uzman (3 peyzaj mimarı, 1 coğrafyacı, 2 şehir plancısı, 1 ziraat mühendisi, 2 orman mühendisi, 1 sosyolog) ve paydaş gruplardan 5 katılımcı (yerel yönetimden 2 peyzaj mimarı, 2 şehir plancısı, 1 ziraat mühendisi) tarafından 2018 yılında yapılan toplam 15 bireysel görüşme sonucunda oluşturulmuştur. Bu kapsamda çalışma ekibi tarafından ilçeye ait altlık veriler (arazi örtüsü sınıflaması, jeoloji, arazi yetenek sınıfları, büyük toprak grupları, iklim verileri, sosyal, demografik ve kültürel veriler) ve hazırlanan matris, uzman ve paydaş grubunda yer alan katılımcılara yüz yüze görüşme tekniği uygulanmıştır. Görüş alınmadan önce çalışmanın içeriği ve kapsamı hakkında ön bilgilendirme görüşmesi gerçekleştirilmiştir.

EH matrisinde (Çizelge 2) X eksenli Uluslararası Ortak Ekosistem Hizmetleri Sınıflandırmasının (CİCES) (4.3 ve 5.1) son iki sürümünün sınıflandırma çerçevesine göre düzenleme, sağlama ve kültürel olmak üzere 3 temel ekosistem hizmeti ve bu hizmetleri kapsayan 28 alt ekosistem hizmetinden oluşturulmuştur. Matris Y ekseninde belirlenen 11 farklı arazi örtüsü türünün ekosistem hizmet potansiyelleri Likert ölçeğine göre 0 ile 5 arasında değerlerle puanlandırılmıştır (5= Çok yüksek potansiyel; 4= yüksek potansiyel; 3= orta potansiyel; 2= düşük potansiyel 1= çok düşük potansiyel ve 0= ilgili potansiyel yok). Toplanan veriler Microsoft Excel programına işlenerek tüm ekosistem hizmetleri için aritmetik bir ortalama hesaplanmıştır. Ortalamalar, bulunan sonuçlardaki en yakın tam sayıya yuvarlanarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler kapsamında Sarıçam ilçesindeki farklı arazi örtüsü/alan kullanım türlerinin potansiyel ekosistem hizmetleri sunma kapasitelerini gösteren ekosistem hizmetleri değerlendirme matrisi ve uzmanların değerlendirme puanlarını içeren bilgiler Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2. Sarıçam ilçesi arazi örtüsü/alan kullanım türlerinin ekosistem hizmetleri sunma kapasitesi değerlendirme matrisi

| Arazi Örtüsü/Alan Kullanımı | Alan (ha) | Alan% | İklim Düzeneleme | Hava Kalitesi Düzeneleme | Su Akışı Kontrolü | Su Arıtma | Erozyon Kontrolü | Doğal Risk Azaltma | Tozlaşma | Zararlı ve Hastalık Kontrolü | Atık Düzeneleme | Düzenleme Ekosistem Hizmetleri | Mahsul | Biyokütle | Besin | Hayvancılık | Kereste | Otlak | Balık, Deniz Ürünleri ve Yenilebilir algler | Su Kültürü | Yabancı Yiyecekler ve Kaynaklar | Biyokimyasallar ve tıp | Temiz Su | Mineral Kaynaklar | Abiyotik Enerji Kaynakları | Sağlama Hizmetleri | Rekreasyon, Yer ve Mekan hissi | Peyzaj Estetiği ve İlham | Bilgi Sistemleri | Manevi ve Etik değerler | Kültürel Miras ve Kültürel Çeşitlilik | Doğal Miras ve Doğal çeşitlilik | Kültürel Ekosistem Hizmetleri | Toplam Ekosistem Hizmetleri Potansiyeli |
|--------------------------------|-----------|-------|------------------|--------------------------|-------------------|-----------|------------------|--------------------|----------|------------------------------|-----------------|--------------------------------|--------|-----------|-------|-------------|---------|-------|---|------------|---------------------------------|------------------------|----------|-------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---|
| Sürekli Şehir Yapısı | 1900,23 | 2,38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 16 | 18 |
| Kesikli Şehir Yapısı | 652,8 | 0,82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 13 | 13 |
| Endüstriyel ve Ticari Birimler | 3651,59 | 4,57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| Yeşil Şehir Alanları | 61,05 | 0,08 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 13 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 | 3 | 4 | 2 | 1 | 1 | 2 | 13 | 32 |
| Tarımsal Alanlar | 46088,1 | 57,7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 36 | 5 | 3 | 5 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 5 | 2 | 3 | 33 | 4 | 5 | 2 | 3 | 3 | 3 | 20 | 89 |
| Meralar | 1580,23 | 1,98 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 25 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 3 | 5 | 2 | 3 | 32 | 4 | 4 | 1 | 3 | 2 | 3 | 17 | 74 |
| Doğal Çayırliklar | 719,91 | 0,9 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 22 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 24 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 13 | 59 | |
| Ormanlar | 17592,6 | 22 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 34 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 25 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 18 | 77 | |
| Su Kütleleri | 4275,31 | 5,66 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 19 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 4 | 2 | 1 | 16 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 12 | 47 | |
| Askeri Alanlar | 1334,51 | 1,67 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 12 |
| Üniversite Alanı | 1802,76 | 2,26 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 13 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 22 | 2 | 4 | 4 | 3 | 1 | 2 | 16 | 51 |

Çizelge 2’de verilen değerlendirme matrisindeki Düzenleme Ekosistem Hizmetleri, Sağlama Ekosistem Hizmetleri ve Kültürel Ekosistem Hizmetlerinin toplam puanlarının 5 eşit aralığa göre değerlendirilmesi ile Çizelge 3’de verilen sınıflandırmalar oluşturulmuştur.

Arazi örtüsü/alan kullanımına göre belirlenen 11 alan kullanımı (sürekli şehir yapısı, kesikli şehir yapısı, endüstriyel ve ticari birimler, yeşil şehir alanları, tarımsal alanlar, meralar, doğal çayırliklar, ormanlar, su kütleleri, askeri alanlar, üniversite alanı) CICES sınıflandırma çerçevesine göre belirlenen düzenleme ekosistem hizmetleri 9 farklı alt ekosistem hizmeti kapsamında (iklim düzenleme, hava kalitesi düzenleme, su akışı kontrolü, su arıtma, erozyon kontrolü, doğal risk azaltma, tozlaşma, zararlı ve hastalık kontrolü, ve atık düzenleme) uzman grubu tarafından puanlandırılmıştır. CBS ortamında ArcMap 10.0 programı kullanılarak, arazi örtüsü/alan kullanımı birimleri ile matrislerdeki 0’dan 5’e kadar olan ekosistem hizmet kapasite puanlarına göre ekosistem hizmetleri haritaları (düzenleme, sağlama, kültürel ve toplam ekosistem hizmetleri potansiyeli sunan alanlar) oluşturulmuştur. Çizelge 3’de verilen bilgilere göre bu haritalarda elde edilen puanlar eşit dağılıma göre beş kategoriye ayrılmış ve alanda EH sağlama derecelerine göre çok düşük, düşük, orta, iyi ve çok iyi alanlar olarak ifade edilmiştir.

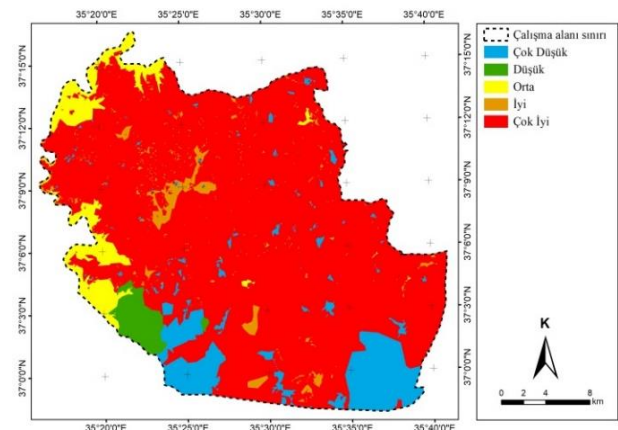
Uzman ve paydaş görüşleriyle oluşturulan matris puanlandırma sonucuna göre, Sarıçam ilçesinde ormanların (34 puan), meraların (25 puan) ve doğal çayırlikların (22 puan) alanların düzenleme ekosistem hizmetlerini sunma potansiyellerinin diğer alan kullanımına göre yüksek olduğu görülmektedir. Çizelge 1’de verilen 2018 verilerine göre 17592,61 ha ormanlık alanın düzenleme ekosistem hizmetlerine katkısı diğer alan kullanımına göre belirgin olarak fazladır. Ancak arazi örtüsü /alan kullanımları verilerindeki değişimlere göre 2008-2018 yılları arasında, ormanlık alanların % 3,57 oranında azaldığı saptanmıştır (Çizelge 1). Bu azalmanın düzenleme ekosistemleri açısından il ve ilçe ölçeğinde ilerleyen yıllarda negatif etkiler yaratacağı düşünülmektedir. Diğer alan kullanımları ile birlikte 63516,65 ha alanın ilçeye çok iyi düzeyde düzenleme

ekosistemlerini sağladığı görülmektedir. Şekil 6’da Sarıçam ilçesinde düzenleme ekosistem hizmeti sağlayan alanların haritası ve potansiyelleri verilmiştir.

Düzenleme ekosistem hizmetleri haritası ve matris değerlendirmesine göre ilçede kentsel ve kırsal yerleşimler ve endüstriyel alanların düzenleme ekosistem hizmetlerine pozitif etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3. Ekosistem Hizmetlerine ait sınıflandırmalar ve değerlendirmeleri

| Toplam ekosistem hizmetleri sınıfları | Düzenleme ekosistem hizmetleri değerleri | Sağlama ekosistem hizmetleri | Kültürel ekosistem hizmetlerinin |
|---------------------------------------|--|------------------------------|----------------------------------|
| Çok Düşük | < 7 | < 6 | < 3 |
| Düşük | 8 - 14 | 7 - 13 | 4 - 7 |
| Orta | 15 - 21 | 14 - 20 | 8 - 12 |
| İyi | 22 - 28 | 21 - 27 | 13 - 16 |
| Çok İyi | 29 < | 28 < | 17 < |



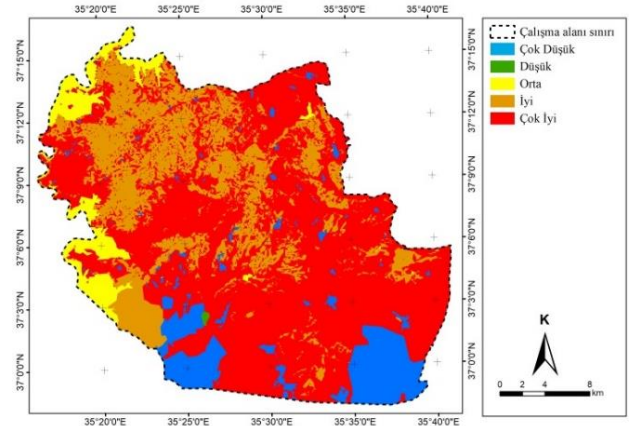
Şekil 6. Düzenleme ekosistem hizmetleri haritası

İnsan refahına katkıda bulunan ekosistemler, karada ve sudaki doğal süreçlerden kaynaklanan mahsul, biyokütle, besin, hayvancılık, kereste, odun, balık ve deniz ürünleri, su kültürü, yabancı yiyecekler ve kaynaklar, biyokimyasallar ve tıp, temiz su, abiyotik enerji kaynakları gibi sınıflandırılan birçok ekosistem hizmeti sunar. Bu hizmetler kentsel alanlar ile yakın çevresinde üretilir ve tüketilir. Yürütülen çalışmada bu hizmetleri sunan ekosistemlerin alansal büyüklükleri ve kapasiteleri değerlendirilmiştir. Çalışma alanında 2008 ve 2018 yılları arasında ekilebilir alanlarda % 1,39 artış olduğu belirlenmiştir. İğne yapraklı ormanlar kereste ve odun temininde ilçe için önemli alanlardır. Kırsal ve kentsel şehir alanları, endüstriyel alanlar ile askeri alanlar ilçenin yaklaşık olarak % 9,44'lük kısmını kapsamaktadır. (Çizelge 1). Alanın yaklaşık olarak 46088,05 ha'luk kısmı ekilebilir düzeydedir ve mahsul, besin, temiz su ve hayvancılık bakımından önem arz eden sağlama hizmetlerini sunmaktadır. Uzman puanlamasına göre ormanların, meraların, doğal çayırların tarımsal alanlarla birlikte sağlama ekosistem hizmetleri açısından potansiyel alanlar olduğu görülmektedir (Şekil 7). Bu alanların dışındaki alan kullanımlarının sağlama ekosistem hizmetleri sunma bakımından etkisi zayıftır.

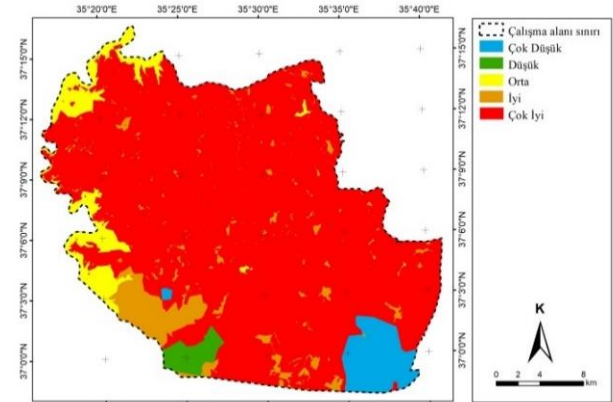
Matris yaklaşımı, EH'lerin hem arzı hem de talebi için kullanılabilir. Tüm EH türlerinde çıktılar sağlayabilir ve hem biyofiziksel hem de sosyo-kültürel değerleri temsil edebilir (Burkhard vd., 2014). Ekosistemler, gözle görülebilen veya insan deneyimiyle belirlenebilen hizmetler dışında insanoğaa etkileşimi sonucu ortaya çıkan pek çok kültürel değere de sahiptir. Kültürel ekosistem hizmetleri, insanların fiziksel ve zihinsel durumlarını etkileyen, tüm maddi olmayan ekosistem çıktıları olarak tanımlanmaktadır (Haines-Young ve Potschin, 2013). Çalışmada rekreasyon faaliyetleri için kullanılan (yürüyüş, balıkçılık, avcılık, yüzme gibi), insanlarda mekanlarda aidiyet hissi yaratacak alanlar, belirli özellikleri ile göze estetik gelen hoş anılar bırakan, bilgi ve öğrenmeyi teşvik edici alanlar, manevi veya dini anlam ifade eden, yerel tarih ve kültürle ilgili, yeni fikir ve yaratıcılığı destekleyen alanlar değerlendirilmiştir. Kültürel ekosistem hizmetleri verileri sadece sübjektif değerlendirmeler ile belirlenemeyeceği için uzmanlarla yapılan ön görüşme aşamasında, alanın kültürel ekosistem hizmetlerine katkı sağlayan sosyal, kültürel ve demografik öğeleri içeren listeye bağlı ön anket çalışması uzman grubu tarafından yapılmıştır. Bu veriler ışığında ortaya çıkan kültürel ekosistem hizmetleri haritası Şekil 8'de verilmiştir. Çalışmada kültürel ekosistem hizmeti sunan alan kullanımları ekilebilir alanlar, ormanlık alanlar, kentsel yerleşimler ile üniversite alanlarıdır ve bu alanların kültürel ekosistem hizmeti sunma kapasiteleri yüksektir.

Ekosistem hizmetleri potansiyeli, mevcut arazi kullanımı ile ekosistem özellikleri ve koşulları göz önüne alındığında, belirli bir bölgede sürdürülebilir bir şekilde sağlanabilecek veya kullanılacak ekosistem hizmetleri miktarının ölçülmesidir. Ekosistem hizmet potansiyeli özellikle planlama, yönetim ve tahmine dayalı araştırmalar için kullanılabilir. Uzman puanlandırmaları sonucunda elde edilen Düzenleme EH, Sağlama EH ve Kültürel EH puanlarının toplamı, toplam EH haritası oluşturulması aşamasında kullanılmıştır. Çizelge 2'de verilen değerlendirme matrisindeki toplam puanların 5 eşit aralığa göre değerlendirilmesi ile Çizelge 4'de verilen sınıflandırılmalar yapılmıştır. Toplam Ekosistem Hizmetleri Potansiyeli matriste de kullanılan araştırma alanındaki arazi

örtüsü/alan kullanımı verileriyle CBS ortamında ArcMap 10.0 programı kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışmada uzman puanlandırmasına göre tarımsal alanların (89 puan), meraların (74 puan), doğal çayırların (59 puan) ve ormanların (77 puan) ekosistem hizmeti sunma potansiyelleri yüksek alanlar olduğu görülmektedir. İlçenin % 82,42'lik bölümünün (Çizelge 5) ekosistem hizmetleri açısından potansiyelinin çok iyi olduğu belirlenmiştir (Şekil 9). İlçede endüstriyel ve askeri alanların ise ekosistem hizmetleri açısından potansiyeli düşüktür.



Şekil 7. Sağlama ekosistem hizmetleri haritası



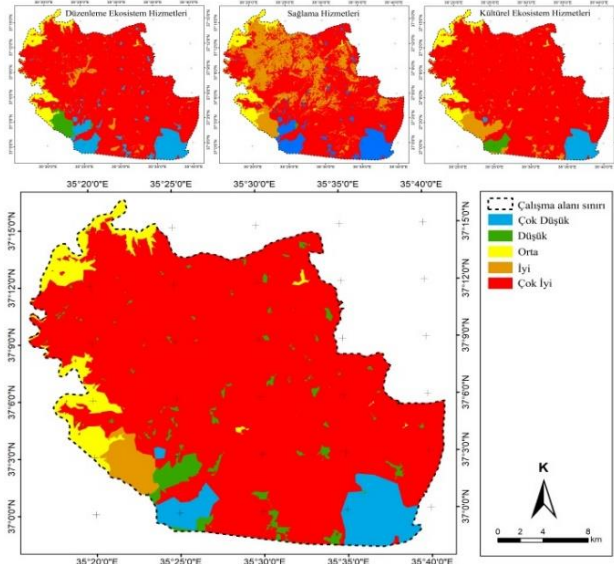
Şekil 8. Kültürel Ekosistem Hizmetleri Haritası

Çizelge 4. Toplam Ekosistem Hizmetleri sınıfları ve değerleri

| Toplam ekosistem hizmetleri sınıfları | Toplam ekosistem hizmetleri değerleri |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Çok Düşük | < 18 |
| Düşük | 19 - 35 |
| Orta | 36 - 54 |
| İyi | 55 - 73 |
| Çok İyi | 73 < |

Çizelge 5. Çalışma alanına ait toplam ekosistem hizmetleri potansiyelleri

| | Düzenleme ekosistem hizmetleri (ha) | % | Sağlama hizmetleri (ha) | % | Kültürel ekosistem hizmetleri (ha) | % | Toplam ekosistem hizmetleri potansiyeli (ha) | % |
|-----------|-------------------------------------|--------|-------------------------|--------|------------------------------------|--------|--|--------|
| Çok düşük | 7855,13 | 9,83 | 6209,73 | 7,77 | 3746,96 | 4,69 | 4998,14 | 6,25 |
| Düşük | 1864,96 | 2,33 | 46265,21 | 57,90 | 1365,13 | 1,71 | 2564,34 | 3,21 |
| Orta | 4536,67 | 5,68 | 2197,81 | 2,75 | 4530,58 | 5,67 | 4628,61 | 5,79 |
| İyi | 2135,5 | 2,67 | 17538,53 | 21,95 | 4937,79 | 6,18 | 1853,73 | 2,32 |
| Çok İyi | 63516,65 | 79,49 | 7697,63 | 9,63 | 65328,45 | 81,75 | 65865,09 | 82,42 |
| Toplam | 79908,91 | 100,00 | 79908,91 | 100,00 | 79908,91 | 100,00 | 79909,91 | 100,00 |



Şekil 9. Toplam Ekosistem Hizmetleri Potansiyeli

4. Tartışma ve sonuç

Ekosistem hizmetleri genellikle havzalar, habitatlar, doğal bölgeler veya arazi kullanım birimleri gibi etki alanları içindeki ekolojik süreçlerden oluşmaktadır. Her bir ekosistem hizmeti, sadece temel ekosistem türleri dikkate alınarak değil, alanla ilgili sosyal, ekonomik ve kültürel verilerle birlikte değerlendirilmelidir.

Toprak tipi, eğim, jeoloji, iklim koşulları, bir kıyı şeridinde veya bir su havzası içindeki konum gibi ekosistem özellikleri, birçok ekosistem hizmetinin arzını temsil eden özelliklerdir. Bu arzi temsil eden ekosistem hizmetlerini haritalamak, ekosistemlerin insan refahına olan katkısını anlamak ve sürdürülebilir doğal kaynak politikalarını desteklemek için gereklidir.

Literatürde çok sayıda EH matris uygulaması bulunmaktadır (Sohel vd., 2015; Hornung vd., 2019; Campagne vd., 2020; Müller vd., 2020; Sieber vd., 2021). Bu kapsamda Kaziukonyte vd.(2021) yaptıkları çalışmada Litvanya Nemunas Deltası ve Curonian Lagünü Bölgesi'nde Ekosistem Hizmetlerinin Ortak Uluslararası Sınıflandırması'na (CICES) göre 34 ekosistem hizmeti (EH) tanımlanmış, değerlendirilmiş ve haritalanmıştır. Uzman görüşü kullanılarak, 15 CORINE arazi örtüsü sınıfı ve 20 Natura 2000 koruma alanı olmak üzere, 35 arazi örtüsü sınıfı EH potansiyellerine göre puanlanmıştır. Toplam EH potansiyeli, ağırlık olarak özgüven puanlaması kullanılarak, uzmanların görüşlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Her bir EH potansiyeli (Düzenleme, Sağlama ve Kültürel EH) için harita üretilmiş ve sıcak soğuk nokta analizleri yapılmıştır. Çalışmada ormanlık alanların en yüksek toplam

EH potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bu konuda yürütülen benzer bir çalışma ise Sieber vd.(2021)'nin Surinam ve Fransız Guyanası'nda yaptıkları araştırmadır. Bu araştırmada uzman tabanlı EH arz matrisleri arazi örtüsü/alan kullanımı verileriyle birlikte kullanılmış ve analiz edilmiştir. Çalışmada orman ekosistemlerinin en yüksek EH kapasitesi taşıdığı ve deniz ve su ekosistemlerinin de ormanlardan sonra yüksek kapasitede olduğu belirlenmiştir (Sieber vd., 2021).

Arazi kullanımı veya arazi örtüsü birçok ekosistem hizmet haritasının temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle, farklı arazi kullanım türlerinin ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerini bilmek ve bunları haritalamak önemlidir. Arazi örtüsü/alan kullanımı değişiklikleri ekosistem hizmetlerini çeşitli ölçeklerde etkileyebilir. Bu değişimin ekosistemler ve hizmetleri üzerine etkilerinin belirlenmesi yerel ve bölgesel ölçekte yürütülecek birçok çalışmada veri olarak kullanılabilir. Bu etkilerin belirlenmesinde farklı yaklaşım ve yöntemler çalışmanın kapsam ve amacına bağlı olarak tercih edilmelidir. Ekosistem hizmetlerinin belirlenmesinde kullanılan "Matris Modeli" yaklaşımı, yerel ve bölgesel düzeyde yürütülen uygulamalara daha bütüncül bakış sunmak için kullanılabilir en pratik yaklaşımdır. Değerlendirmenin temel fikri, ekosistem hizmetlerini mekânsal olarak değerlendirmektir. Adana Sarıçam ilçesinde yürütülen çalışmada, CORİNE arazi sınıflandırmasına göre belirlenen 11 arazi örtüsü/alan kullanımı ekosistem hizmetleri sınıflandırma çerçevesine (CICES) göre değerlendirilmiştir. Sınıflandırma sonuçlarına göre küresel ölçekte de önem taşıyan ekilebilir alanların toplam ekosistem hizmeti sunma kapasitesinin diğer alan kullanımlarına göre yüksek olduğu görülmüştür. Çalışma alanında belirlenen puanlama ölçeğine göre tarım alanları ile birlikte, ormanlar, doğal çayırlar ve meraların ekosistem hizmeti sunma kapasitelerinin çok iyi olduğu tespit edilmiştir. 2008-2018 yılları arasında belirlenen arazi örtüsü/alan kullanımı verilerine göre kentsel yerleşimlerin artması ve kentsel yeşil alanlardaki azalma ekosistem hizmetlerini olumsuz etkilemektedir. Tarımsal alanlardaki artışa rağmen ormanlık alanların azalması da olumsuz etki olarak değerlendirilmektedir. Çalışmada kullanılan matris yöntemi ve üretilen haritalar Sarıçam ilçesindeki ekosistemlerin ve hizmetlerinin önemi konusunda farkındalığı arttıran, korunması gereken alanların alansal büyüklüğünü veren genel verilerdir. Bu verilerin alanla ilgili yapılacak plan ve politikalarda altlık veri olarak kullanılması önerilebilir.

Kaynaklar

- Bennett, E.M., Peterson, G.D., Gordon, L.J., 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12(12): 1394-1404.
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Müller, F., 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21: 17-29.
- Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y., Müller, F., 2014. Ecosystem service potentials, flows and demands-concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape Online*, 34: 1-32.
- Burnett, W.C., P.K. Aggarwal, P.K., Aureli, A., Bokuniewicz, H., Cable, J.E., Charette, M.A., Kontar, E., Krupa, S., Kulkarni, K.M., Loveless, A., Moore, W.S., Oberdorfer, J.A., Oliveira, J., Ozyurt, N., Povinec, P., Privitera, A.M.G., Rajar, R., Ramessur, R.T., Scholten, J., Stieglitz, T., Taniguchi, M., Turner, J.V., 2006. Quantifying submarine groundwater discharge in the coastal zone via multiple methods. *Science of the Total Environment*, 367(2-3): 498-543.
- Campagne, C.S., Roche, P., 2018. May the matrix be with you! Guidelines for the application of expert-based matrix approach for ecosystem services assessment and mapping. *One Ecosystem* 3: e24134. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e24134>
- Campagne, C.S., Roche, P., Müller, F., Burkhard, B., 2020. Ten years of ecosystem services matrix: Review of a (r)evolution. *One Ecosystem*, 5: 1-23.
- Corvalan, C., Hales, S., McMichael, A., Butler, C., Sarukhán, J., 2005. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, ISLAND Press, Washington, DC.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630): 253-260.
- Cowling, R.M., Egoh, B., Knight, A.T., O'Farrell, P.J., Reyers, B., Rouget, M., Roux, D.J., Welz, A., Wilhelm-Rechman, A., 2008. An operational model for mainstreaming ecosystem services for implementation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105: 9483-9488.
- Dadashpoor, H., Azizi, P., Moghadasi, M., 2019. Land use change, urbanization, and change in landscape pattern in a metropolitan area. *Science of The Total Environment*, 655: 707-719.
- Demiroğlu, D., Karadağ, A.A., 2015. Ecosystem services approach to spatial planning In Turkey. *International Urban Studies Congress-Problems in Present Day City*, 1(1): 252-270.
- Drescher, M., Perera, A.H., Johnson, C.J., Buse, L.J., Drew, C.A., Burgman, M.A., 2013. Toward rigorous use of expert knowledge in ecological research. *Ecosphere*, 4(7): 1-26.
- European Commission (EC), 2011. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM(2011) 571. EC, Brussels.
- Freeman, R.E., 1984. *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Basic Books, Pitman, Boston.
- Fu, B., Zhang, L., Zhihong, X., Zhao, Y., Wei, Y., Skinner, D., 2015. Ecosystem services in changing land use. *Journal of Soils and Sediments*, 15: 833-843.
- Haines-Young, R., Potschin, M., 2013. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2012/07/CICES-V43_Revised-Final_Report_29012013.pdf, Erişim:12.01.2021
- Hornung, L.K., Podschun, S.A., Pusch, M., 2019. Linking ecosystem services and measures in river and floodplain management. *Ecosystems and People*. 15(1):214-231. doi:<https://doi.org/10.1080/26395916.2019.1656287>.
- Jacobs, S., Burkhard, B., Van Daele, T., Staes, J., Schneiders, A., 2015. 'Te Matrix Reloaded': A review of expert knowledge use for mapping ecosystem services. *Ecological Modelling*, 295: 21-30.
- Kamlun, K.U., Arndt, R.B., 2019. Expert-based approach on mapping ecosystem services potential supply incircling a protected areas by integrating matrix model assessment. *Journal of Physics Conference Series*, 1358: 1-10.
- Kaziukonyte, K., Lesutiene, J., Gasiunaite, Z.R., Morkune, R., Elyaaagoubi, S., Razinkovas-Baziukas, A., 2021. Expert-Based assessment and mapping of ecosystem services potential in the Nemunas Delta and Curonian Lagoon Region, Lithuania. *Water*, 13: 2728. <https://doi.org/10.3390/w13192728>
- Kertész, Á., Nagy, L.A., Balázs, B., 2019. Effect of land use change on ecosystem services in Lake Balaton Catchment. *Land Use Policy*, 80: 430-438.
- Kopperoinen, L., Luque, S., Tenerelli, P., Zulian, G., Viinikka, A., 2017. *Mapping cultural ecosystem services*. Pensoft Publishers, Sofia.
- Maes, J., Egoh, B., Willemen, L., Liqueste, C., Vihervaara, P., Schägner, J.P., Grizzetti, B., Drakou, E. G., La Notte, A., Zulian, G., Bouraoui, F., Paracchini, M.L., Braat, L., Bidoglio, G., 2012. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1(1): 31-39.
- Manson, S., Bonsal, D., Kernik, M., Lambin, E., 2015. Geographic information systems and remote sensing. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 10: 64-68.
- Metzger, M.J., Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., Schroter, D., 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114: 69-85.
- Müller, F., Bicking, S., Ahrendt, K., Kinsh B. D., Blindow, I., Fürst C., Haase, P., Kruse, M., Kruse, T., Ma, L., Perennes, M., Ruljevic, I., Schernewski, G., Schimming, C.G., Schmeineders, A., Schubert, H., Schumacher, J., Tappeiner, U., Wangai, P., Windhorst, W., Zeleny, J., 2020. Assessing ecosystem service potentials to evaluate terrestrial, coastal and marine ecosystem types in Northern Germany – an expert-based matrix approach. *Ecological Indicators*, 112
- Poikolainen, L., Pinto, G., Vihervaara, P., Burkhard, B., Wolff, F., Hyytiäinen, R., Kumpula, T., 2019. GIS and land cover-based assessment of ecosystem services in the North Karelia Biosphere Reserve, Finland. *Fennia*, 197(2): 249-267.
- Primmer, E., Furman, E., 2012. Operationalizing ecosystem service approaches for governance: Do measuring, mapping and valuing integrate sector-specific knowledge systems? *Ecosystem Services*, 1(1): 85-92.
- Reed, M.S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., Stringer, L.C., 2009. Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management*, 90(5): 1933-1949.
- Sannigrahi, S., Chakraborti, S., Joshi, P.K., Keesstra, S., Sen, S., Paul, S.K., Kreuter, U., Sutton, P.C., Jha, S., Dang, K.B., 2019. Ecosystem service value assessment of a natural reserve region for strengthening protection and conservation. *Journal of Environmental Management*, 244: 208-227.
- Sarıçam Belediyesi, 2021. Coğrafi Konumumuz, Sarıçam Belediyesi, Adana, <http://www.saricam.bel.tr/kurumsal/cografik-konumumuz>, Erişim: 20.04.2021
- Sarıçam Kaymakamlığı, 2021. Tarihçe, T.C. Sarıçam Kaymakamlığı Resmi İnternet Sitesi, Adana, <http://www.saricam.gov.tr/tarihce>, Erişim: 27.04.2021.
- Shen, J., Chen, C., Wang, Y., 2021. What are the appropriate mapping units for ecosystem service assessments? A systematic review. *Ecosystem Health and Sustainability*, 7(1): 1-20.

- Sieber, M., Campagne, S.C., Villien, C., Burkhard, B., 2021. Mapping and assessing ecosystems and their services: A comparative approach to ecosystem service supply in Suriname and French Guiana. *Ecosystems and People*, 17:1, 148-164, DOI: 10.1080/26395916.2021.1896580
- Sinare H, Gordon L.J., Kautsky E.E., 2016. Assessment of ecosystem services and benefits in village landscapes-a case study from Burkina Faso. *Ecosystem Services*, 21: 141-152.
- Smiraglia, D., Ceccarelli, T., Bajocco, S., Salvati, L., Perini, L., 2016. Linking trajectories of land change, land degradation processes and ecosystem services. *Environmental Research*, 147: 590-600.
- Sohel, M.S.I., Mukul, S.A., Burkhard, B., 2015. Landscape's capacities to supply ecosystem services in Bangladesh: A mapping assessment for Lawachara National Park. *Ecosystem Services*, 12: 128-135.
- Su, S., Xiao, R., Jiang, Z., Zhang, Y., 2012. Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco-regional scale. *Applied Geography*, 34: 295-305.
- Tokgöz, G., Say, N., 2018. Kentsel ekosistem hizmetlerinin haritalanması için kullanılan göstergeler, yöntemler ve geliştirilen araçlar. *Artıbilim: Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1): 1-8.
- Vatandaşlar, C., 2021. Orman fonksiyonu mu ekosistem hizmeti mi? *Turkish Journal of Forestry*, 22(2):171-185.
- Vihervaara, P., Kumpula, T., Ruokolainen, A., Tanskanen, A., Burkhard, B., 2012. The use of detailed biotope data for linking biodiversity with ecosystem services in Finland. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 8(1-2): 169-185.
- Vihervaara, P., Mononen, L., Nedkov, S., Viinikka, A., 2018. Biophysical mapping and assessment methods for ecosystem services. Deliverable D3.3 EU Horizon 2020 ESERALDA Project, Grant agreement No. 642007.
- Villamagna, A.M., Angermeier, P.L., Bennett, E.M., 2013. Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity*, 15: 114-121.
- Weibel, B., Rabe, S.E., Burkhard, B., Grêt-Regamey, A., 2018. On the importance of a broad stakeholder network for developing a credible, salient and legitimate tiered approach for assessing ecosystem services. *One Ecosystem*, 3: 1-9
- Xiuwan, C., 2002. Using remote sensing and GIS to analyse land cover change and its impacts on regional sustainable development. *International Journal of Remote Sensing*, 23(1): 107-124.
- Yu, H., Liu, X., Kong, B., Li, R., Wang, G., 2019. Landscape ecology development supported by geospatial technologies: A review. *Ecological Informatics*, 51: 185-192.

Yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitki taksonlarının peyzaj mimarlığındaki önemi: KTÜ Kanuni Kampüsü örneği

Nilgün Güneroğlu^{a,*} , Sabriye Pektaş^b 

Özet: Nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler nedeniyle yeşil alanlar her geçen gün azalmaktadır. Bu nedenle şehirlerdeki mevcut kaynakları korumak ve doğal süreçleri desteklemek için ekolojik tasarım çözümleri ön plana çıkmıştır. Bu anlamda yenilebilir bahçeler, kentsel yeşil alanlarda kullanıcılara sağlıklı ve taze gıda sağlamakla kalmaz, ekonomik özellikleriyle de dikkat çeker. Yaprak, çiçek, meyve ve gövdelerindeki renk, form ve doku gibi estetik özellikleri ile oldukça önemli bitki taksonlarından oluşan yenilebilir bahçeler, kullanıcıları öğrenmeye ve sosyalleşmeye teşvik eden özel alanlardır. Bu çalışmanın amacı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni yerleşkesinde bulunan yenilebilir odunsu bitki taksonlarının belirlenmesi ve bu taksonların peyzaj mimarlığındaki öneminin araştırılmasıdır. Çalışmada kampüs alanında 16 familyaya ait 46 farklı bitki taksonu tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre çiçek güzelliği ile en iyi ilkbahar renklemesine sahip taksonlar Rosacea familyasıdır. Ayrıca bu bitkilerin tek ve grup olarak park ve bahçelerde yoğun olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. *Laurocerasus officinalis*, *Corylus colurna*, *Crataegus monogyna* ve *Crataegus oxyacantha* peyzaj tasarımlarında yenilebilir meyve özelliği ile kullanım potansiyeli en fazla olan bitkiler olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Meyve, Yenilebilirlik, Peyzaj mimarlığı

The Importance of woody plant taxons with edible fruit feature in landscape architecture: KTU Kanuni Campus example

Abstract: Green spaces are decreasing day by day due to population growth and technological developments. For this reason, ecological design solutions have come to the fore in order to protect existing resources and support natural processes in cities. In this sense, edible gardens not only provide users with healthy and fresh food in urban green areas, but also attract attention with their economic features. Edible gardens, which are very important with their aesthetic features such as color, form and texture in their leaves, flowers, fruits and stems, are special areas that encourage users to learn and socialize. The aim of this study is to determine the edible woody plant taxons in Karadeniz Technical University Kanuni campus and to investigate the landscape importance of these species. In the study, 46 different plant taxa belonging to 16 families were determined in the campus area. According to the data obtained, the taxa with the best spring coloring with flower beauty are the Rosacea Family. In addition, it has been determined that these plants are used intensively in parks and gardens as solitary and group. *Laurocerasus officinalis*, *Corylus colurna*, *Crataegus monogyna* and *Crataegus oxyacantha* were evaluated as the plants with the highest potential for use in landscape designs with their edible fruit feature.

Keywords: Fruit, Edibility, Landscape architecture

1. Giriş

Kentlerin oluşmasında en etkili öğeler, insanların yerleşik hayata geçmeleri, sosyal ve ekonomik nedenlerle birlikte yaşamaya başlamalarıdır. Kentler insanların ihtiyaçları, yaşam şekilleri ile birlikte zaman içinde gelişen ve değişime uğrayarak oluşan dinamik alanlardır (Atabeyoğlu vd., 2011). Başlangıçta kapalı küçük sistemler olan kentler, teknolojik gelişmelerle sınırlarını genişletmeye başlamıştır. Özellikle endüstri devrimiyle kentlere göçle oluşan nüfus artışı, su, hava ve katı atık kirliliği gibi olumsuzluklar insanların yaşam kalitesinin düşmesine ve yeni yerleşim biçimlerinin oluşmasına neden olmuştur. Yeni kent formlarında yeşil alanların yoğun olarak kullanımına önem verilmiştir (Tuncel ve İlerisoy, 2016). Artan nüfus, yapılaşma ve sanayileşme ile birlikte özellikle Avrupa ve Amerika'da kentleşme

hareketlerinde yeşil alanlar önem kazanmaya başlamıştır. Planlamacılar sosyal ve kültürel olarak toplumların refah seviyesinin artırılmasında yeşil alanlara önem verilmesi düşüncesini ön planda tutmuşlardır. Özellikle kent parkları ve yeşil yol çalışmalarına önem verilmiş günümüzde hala varlığını sürdüren yeşil alanlar kentlerin vazgeçilmez alanları olarak değerlendirilmiştir (Atanur ve Ersöz, 2020).

Kentsel yeşil alanlarda yer örtücü, çalı, ağaççık, ağaç gibi farklı ölçülerde, otsu ve odunsu yapıda, yaprağını döken veya dökmeyen birçok bitki türü bulunmaktadır. Bitkiler kendi besinini üreten, ağaçlar, çalılar, otlar, çiçekler, yosunlar gibi farklı organizmaları içinde barındıran, farklı ekosistemler oluşturan canlılardır. İnsan yaşamının ayrılmaz bir parçası olan bitkiler, insanların temel besin kaynağıdır. Besin kaynağı olmalarının yanı sıra şifa özellikleri ile geçmişten günümüze ilaç yapımında kullanılmış, ayrıca barınma, eşya

✉ ^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Trabzon

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Trabzon

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): nayhan@ktu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 11.10.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 15.02.2022



Citation (Atıf): Güneroğlu, N., Pektaş, S., 2022. Yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitki taksonlarının peyzaj mimarlığındaki önemi: KTÜ Kanuni Kampüsü örneği. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 79-89. DOI: [10.18182/tjf.100955](https://doi.org/10.18182/tjf.100955)

yapımı, ısıtma, kozmetik ve korunma amaçlı da değerlendirilmişlerdir (Göktaş ve Gıdık, 2019; Kaya Şahin ve Güneroğlu, 2021). Fiziksel ve psikolojik olarak da insanları olumlu yönde etkileyen bitkiler, kentlerde doğal alanlardan uzaklaşan insanlar için vazgeçilmez yaşam alanları sunan öğelerdir (Sarı ve Karasah, 2018). Yapılaşma ve yoğun nüfusun hakim olduğu kentler de bitkilerin yararları göz ardı edilemez. Ekolojik, ekonomik, işlevsel ve estetik fonksiyonları ile kentsel alanlarda farklı mekanlarda kullanımlar sunarlar. Peyzajın canlı materyalleri olan bitkiler her mevsim değişen ve zaman içinde gelişim gösteren özellikleri ile oldukça dikkat çekicidir (Güneroğlu vd., 2018a; Kahveci, 2021). Ekolojik açıdan bakıldığında bitkiler sıcaklık ve yağışları etkileyerek kent ikliminde değişim sağlamaktadır (Rimlinger vd., 2021). Bunun yanı sıra havayı temizleyerek kentlerin hava kalitesini arttırmaktadır (Turner-Skoff ve Cavender, 2019). Yaban hayatı için kentsel alanlarda yaşam ortamı oluşturur ve toprağın verimini etkilerler. Peyzaj ortamını gerektiren alanlarda erozyon kontrolü sağladıkları gibi, terk edilmiş yeşil alanların yeniden nitelik kazanmasında kullanılırlar (Çoban ve Erol, 2015). Rüzgar, gürültü, görüntü perdesi oluşturma, mahremiyet sağlama, sınırlama ve yönlendirme gibi işlevsel özelliklerinin yanı sıra estetik özellikleri için de kentsel alanlarda kullanılırlar (Bekçi vd., 2010). Özellikle bitkilerin mevsimsel değişimleri yaprak, çiçek, meyve gibi bileşenleri ile birlikte yapraksız oluşturdıkları dallanma, gövde kabuğu ve kaligrafik oluşumlar kentlere farklı peyzajlar kazandırmaktadır (Eren vd., 2016). Sahip oldukları çeşitli formlar ve budanarak şekle girebilmeleri sayesinde orta refüflerde, yol kenarında ve girişlerde dekoratif amaçlı kullanılabilirler. Parklarda, caddelerde, çocuk oyun alanlarında görkemli habitüsleri, renkleri ve dokularıyla vurgu sağladıkları için dikkat çekici eleman olarak değerlendirilebilirler. Mekan oluşturabilir, mekanları alt mekanlara bölebilir, perspektif oluşturur ve vista noktaları yaratırlar (Acar, 2010). Kentlerde kimlik öğesi olarak özellikle cadde ve yollarda bitkilendirmelerinde kullanılırlar (Güneroğlu vd., 2018b). Gövdeleri, dalları, meyveleri, çiçekleri, yaprakları ve köklerinin farklı sektörlerde kullanılması ile ekonomik olarak kazanç sağlayan elemanlardır. Yenilebilir özellikleri ile ekonomik olarak kentliler için oldukça değerlidirler (Colinas vd., 2019).

Yenilenebilir bitkiler; insanlar için besin değeri taşıyan tarla bitkileri, bahçe bitkileri (sebzeler, meyveler vd.) ile yaprakları, çiçekleri gibi yenilebilen organlara sahip ağaç, ağaççık ve yerörtücü bitkileri kapsar. Bu özelliklerinin yanı sıra sahip oldukları çiçek güzelliği, meyve güzelliği, sonbahar renklenmesi, gövde güzelliği, habitus gibi estetik özellikleri ile peyzaj tasarımlarının vazgeçilmez öğeleri içinde yer alırlar. Yenilebilir bitkilerle oluşturulan yenilebilir bahçeler hem besin ihtiyacını karşılama hem de işlevsel ve estetik özellikleri ile kamu ve özel alanlarda kullanılmaktadır (Larinde ve Oladele, 2014; Olgun vd., 2018). Konut bahçeleri, toplu konutlar, eğitim kurumları, enstitüler, parklar, yollar ve caddeler yenilebilir bitkilerin yoğun olarak kullanıldığı alanlar içerisinde yer almaktadır. Günümüzde çatı bahçeleri ve düşey bahçe çalışmalarında yenilebilir bitkilerin kullanımı görülmektedir (Hashim vd., 2020). Espalier uygulamalarında da yenilebilir meyve ağaçlarının kullanımı oldukça ön plandadır. Özellikle küçük bahçelere sahip konut bahçelerinde hem alan kazanımı hem de estetik görünümünün oluşmasını sağlamaktadır. Kentsel yenilenebilir bahçeler kentlilerin, bitkilerin büyüme süreçlerini deneyimlemelerini,

tüketmekten ziyade üretici olmalarını ve toplumun kendine yetebilmeyi deneyimlemesini sağlamaları açısından önemli projelerdir (Lovell, 2010). Ekonomik açıdan gelir seviyesi düşük insanların kentsel yeşil alanlardan yenilebilir bitkiler sayesinde yarar sağlayabileceği de düşünülmelidir. Kentsel ekosistem servislerine de önemli katkı sağlayan elemanlardır. Bununla birlikte seçilecek bitki türlerinde önemli hususlar genetiği ile oynanmamış fidan ve tohumların elde edilmesi ve mevsimine uygun olarak dikimlerin yapılmasıdır. Bitkilerin çoğalma yeteneğine sahip olmaları, bulunulan coğrafyadaki koşullara uyum sağlayabilmeleri, kimyasal ilaçlar kullanılmadan oluşabilecek sorunlarla mücadele edilebilir olmaları oldukça önemlidir. Ayrıca gıda güvenliğinin sağlanması, artırılması ve yaban hayatının korunması yenilenebilir bitkilerin kullanım yararları arasında yer alır (Demirci, 2018.).

Dünya üzerinde bulunan 250.000-300.000 bitki türünün hemen hemen 12.000'i ülkemizde yer almaktadır. Türkiye 3649 olan endemik bitki varlığı ile Avrupa'nın bitki tür çeşitliliği açısından en zengin ülkelerinden biridir (Demir, 2013; Bağcıvan ve Daşkın, 2020). Ülkemiz bitki tür çeşitliliği açısından zengin olmasına rağmen yapılan peyzaj çalışmalarında doğal bitki türlerinin yerine egzotik bitkilerin tercih edildiği görülmektedir (Kaya Şahin vd., 2020). Ayrıca bazı egzotik türlerin baskın karakter yapıları doğal türlerin yok olmasına neden olmaktadır. Yaban hayatı üzerindeki etkileri ve habitat oluşturmama gibi ekolojik nedenlerden dolayı egzotik türlerin yerine kentsel peyzaj tasarımlarında ekolojik temelli yaklaşımlar dikkate alınarak doğal türlerin kullanımına önem verilmiştir (Hostetler ve Holling, 2000). Estetik ve işlevsel özellikleri, kolay adapte olabilmeleri, bakım istekleri açısından kanaatkâr oluşları gibi etkenlerin yanı sıra bir de besin olarak kullanılabilmesi doğal yenilebilir bitkilerin önemini ortaya çıkarabilmektedir. Bu bağlamda yenilebilir doğal bitki türlerinin tüm özellikleri değerlendirildiğinde kentsel peyzajlar için önemli tasarım elemanları olarak kullanımları kaçınılmazdır.

Peyzaj mimarlığında hem estetik hem işlevsel hem de ekolojik tolerans özelliklerinin hepsine ya da çoğuna birlikte sahip olabilen türler, bitkisel tasarımlar için oldukça önemlidir. Yenilebilir özelliği olan odunsu bitkiler de bu açıdan değerlendirildiklerin etkili ve işlevsel peyzajlar oluşturmada kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışmada kentsel peyzajların önemli öğeleri olan yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitkilerin tasarım özellikleri ve kullanım alanları konu olarak ele alınmıştır. Bu amaçla Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüs açık yeşil alanlarında bulunan yenilebilir meyve özellikli odunsu bitkiler tespit edilmiş ve peyzaj değeri araştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı

Trabzon akarsuları, toprak ve iklimsel özellikleriyle mavi ve yeşilin birleştiği doğal güzelliklere sahip bir kıyı kentidir. Kıyıdağın itibaren ani yükselişe sahip topografyanın denize bakan yamaçları fazla yağış aldığından bu alanlarda gür ormanlar bulunmaktadır. Kıyıdağın itibaren 0-500 m arasında psödomaki elemanları bulunan bu alanlarda yükseklik arttıkça bitki türleri değişmektedir. 0-800 m arasında geniş yapraklı ağaçlar, 800-1500 m arasında geniş yapraklı iğne yapraklı karışık ormanlar ve 1500-2000 m arasında iğne yapraklı ormanlar görülmektedir. Doğal ve endemik bitki

çeşitliliği açısından da oldukça önemli bir alandır (Anşin, 1980; Var, 1992). Bunların yanı sıra kışların ılık geçmesi nedeni ile kıyı kesimde fındık, çay ve turuncgöl gibi ürünler de oldukça fazla yetiştirilmektedir. Yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitkiler olarak kentte *Laurocerasus officinalis* Roem., *Rosa canina* L., *Crateagus monogyna* Jacq., *Arbutus unedo* L., *Mespilus germanica* L., *Eriobotrya japonica* L., *Corylus avellana* L., *Juglans regia* L., *Vaccinium arctostophylos* L., *Diospyros kaki* L., *Diospyros lotus* L., *Cornus mas* L., *Ribes rubrum* L., *Citrus reticulata* L., *Citrus sinensis* L., *Citrus x limon* L., *Fortunella margarita* L., *Pyrus communis* L., *Malus domestica* Borkh., *Prunus avium* L., *Prunus domestica* L., *Castanea sativa* Mill., *Vitis vinifera* L., *Rubus fruticosus* L., *Rubus idaeus* L., *Sorbus aucuparia* L., *Ceratonia siliqua* L., *Olea europaea* L., *Morus nigra* L., *Punica granatum* L. gibi türler yetişmektedir.

Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü bitki türü çeşitliliği açısından oldukça önemli kaynaklara sahiptir. Kampüste bölgenin doğal bitki türlerinin dışında egzotik özellikli türler de yer almaktadır (Anşin ve Terzioğlu, 1998). Bu nedenle çalışma alanı olarak Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesi Trabzon ili Ortahisar ilçesi sınırları içinde yer alan Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü seçilmiştir (Şekil 1).

1955 yılında kurulan üniversite 1.053.839 m² alana sahiptir (Güneroğlu vd., 2018c). Kampüs yeşil alanları üniversiteye estetik, ekolojik ve işlevsel açıdan oldukça değer kazandırmaktadır (Bayramoğlu, 2016; Güneroğlu ve Bekar, 2018; Düzenli vd., 2018). Bu yeşil alanlar hem kampüs yaşayanları (öğrenciler, çalışanlar) hem de kent halkı için dinlenme ve gezinti amacı ile kullanılabilir (Alkiş ve Ünver Okan, 2020). Angiospermae ve Gymnospermae ağaç,

ağaççık, çalı ve yerörtücü bitkileri barındıran kampüs açık yeşil alanları üniversitede bulunan Orman Mühendisliği, Peyzaj Mimarlığı, Biyoloji vb. bölümler için bitkilerin öğrenilmesi ve bitkilerle araştırma yapılmasında da değerlendirilmektedir. Ayrıca kampüs içinde bulunan bitkilerden tohum ve çelik alınarak birçok türde ve sayıda bitki üretimi gerçekleştirilmektedir. Hem araştırmaların yapılması hem de ekonomik kazanç amacıyla bu bitkilerin değerlendirildiği görülmektedir. Özellikleri Orman Fakültesi serası ve doku kültürü laboratuvarlarında bu amaçlarla çalışmalar yapılmaktadır. Kampüs yenilebilir bitki türleri açısından da önemli kaynaklara sahip olduğundan çalışma alanı olarak tercih edilmiştir.

2.2. Yöntem

Çalışma konusu ile ilgili araştırmaların yapılmasıyla başlayan çalışma, arazi çalışmaları ile devam etmiştir. KTÜ Kanuni Kampüsünde bulunan yenilebilir meyve özelliği bulunan odunsu bitkiler tespit edilmiştir. Ayrıca meyve ağacı grubunda yer alan süs elması, süs eriği gibi süs bitkileri de çalışma alanında tespit edilmiştir. Bitkiler yerinde tespit edilerek fotoğraflandırılmıştır (Şekil 2). Bitkiler peyzaj tasarımlarında, kullanım alanı ve kullanım amacına göre estetik, işlevsel ve ekolojik özellikleri dikkate alınarak değerlendirilir. Yaprak, çiçek, meyve yapıları, mevsimsel renklenmeler, yapraklı olup olmama durumu bitkilerin estetik kullanımları için önemli özellikler olurken, işlevsel kullanımlarda daha çok yönlendirme, perdeleme, çit oluşturma vb. gibi kullanım amaçlarına önem verilir. Ayrıca bitkiler, ekolojik istek ve toleranslarına göre farklı kullanım alanlarında da değerlendirilebilirler.



Şekil 1. Çalışma alanı

Peyzajda bazı bitki taksonlarının, hem estetik hem işlevsel hem de ekolojik tolerans özelliklerinin hepsine veya birçoğuna birden sahip olması peyzaj tasarımlarındaki önemi artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı bitkilerin yaprak, çiçek, meyve, mevsimsel renklenme, yapraklılık durumlarını içeren fenolojik özellikleri, çit (herdem yeşil ve budanarak şekil verilmeye dayanıklı bitkiler), alle (dikkat çekici estetik özelliği olan, tek gövdeli ve yukardan dallanan bitkiler), sırım (farklı ölçülerde ve sık yapılı bitkiler), fon (herdem yeşil, koyu yeşil yapraklı ve boylu bitkiler), soliter (form, doku, renk gibi özellikleriyle tasarımda dikkat çekmek amacıyla tekil kullanılan, boylu bitkiler), grup (temas halinde bulunan, aynı veya farklı türlerle birliktelik oluşturabilen bitkiler), görüntü perdesi (1,5-2 m veya daha yüksek, sık dokulu ve herdem yeşil bitkiler), gürültü perdesi (büyük ve tüylü yaprak dokusuna sahip herdem yeşil ve yaprak döken bitkiler),

rüzgar perdesi (herdem yeşil veya yaprak döken, güçlü kök sistemine bitkiler), gölgeleme (geniş tepe tacına sahip boylu bitkiler), şev stabilizasyonu (güçlü kök sistemleriyle toprak kaymasını önleyebilen bitkiler), peyzaj onarımı (olumsuz koşullarda yetişebilen, hızlı gelişen bitkiler) gibi kullanımları içeren kullanım amaçları ve kaya bahçesi, orta refüj, kentsel alan, park ve bahçeler, eğimli alan, deniz kıyıları, kumul ve kurakçıl alan gibi kullanım alanlarına ait bilgiler 3 başlık altında 27 parametreye göre araştırılmıştır (Şekil 3). Çalışmada kullanılan parametreler, 46 bitki taksonunun estetik özellikleri, kullanım alanları ve amaçlarına ait bilgilerin literatür taraması sonucunda elde edilen bilgilere göre listelenmesiyle oluşturulmuştur. Bu nedenle çalışmada; peyzaj mimarlığında kullanılan bitkilerin tüm kullanım alanları ve amaçları değerlendirilmeye alınmamıştır.



Şekil 2. Tespit edilen bazı bitki taksonlarından örnekler



Şekil 3. Değerlendirme parametreleri

3. Bulgular ve tartışma

Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü'nde gerçekleştirilen çalışmada yenilebilir odunsu meyve özelliği olan bitkilere ait 16 familya içerisinde 46 farklı bitki taksonu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında tespit edilen taksonların estetik özellikleri, kullanım amaçları ve kullanım alanlarına ait bilgiler literatür çalışması yapılarak tablo şeklinde hazırlanmıştır (Çizelge 1) (Yılmaz ve Irmak, 2004; Tokgöz vd., 2004; Emrem, 2008; Özer vd., 2009; Acar, 2010; Özdemir, 2011; Var, 2012; Sakıcı vd., 2013; Yazıcı vd., 2014; Dönmez vd., 2016; Gübbük vd., 2016; Kılıç vd., 2016; Demirci, 2018; Atabeyoğlu ve Bilge, 2019; Yıldız ve Ekici, 2019; Özkan vd., 2019; Aslan, 2020; Çorbacı ve Ekren, 2021).

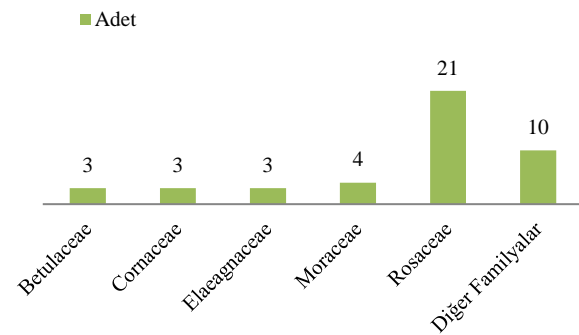
Oluşturulan tablo değerlendirildiğinde; taksonların familyalara göre dağılımında Rosacea (N=21) familyası en çok takson olan familya olarak belirlenmiştir. Ayrıca Moraceae (N=4) familyası ikinci sırada ve Betulaceae (N=3), Cornaceae (N=3), Elaeagnaceae (N=3) familyaları ise üçüncü sırada yer alan familyalar olarak tespit edilmiştir. Geriye kalan 10 familya ise en az takson sayılarını temsil ettiği için toplu olarak Diğer (N=10) başlığı ile değerlendirilmiştir (Şekil 4). Yıldız ve Ekici (2019)'nin Ankara kenti açık yeşil alanlarında yapıları çalışmada 29 farklı meyve türü tespit ettikleri gibi meyvelerin kültür formları ve süs bitkisi olarak geliştirilen 37 takson belirlenmiştir. Akça ve Gülgün Aslan (2019)'ın Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Çaycuma Kampüsündeki gerçekleştirildikleri çalışmada 24 türden 3 tanesinin yenilebilir özellikte türler olduğu görülmektedir. Çalışma alanı bu açıdan değerlendirildiğinde oldukça yüksek tür çeşitliliğine sahiptir.

Estetik özellikler dikkate alındığında Çizelge 1'de bulunan *Sorbus* (6) ve *Cornus* (6) türleri ile *Corylus colurna* (6), *Punica granatum* (6), *Cydonia oblonga* (6) ve *Malus floribunda* (6) en yüksek değerleri almışlardır. Kullanım amacıyla en yüksek değeri *Laurocerasus officinalis* (10) ve *Cerantonia siliqua* (10) alırken sonrasında *Corylus colurna* (9), *Arbutus unedo* (9), *Olea europaea* (8), *Crataegus monogyna* (7) ve *Crataegus oxyacantha* (7) yüksek değerleri ile dikkat çekmektedir. Kullanım alanında en yüksek *Rosa canina* (6) iken ikinci sırada önemli bulunan bitkiler ise *Sorbus aria* (5), *Sorbus aucuparia* (5), *Crataegus monogyna* (5) ve *Crataegus oxyacantha* (5) olarak tespit edilmiştir. Çizelge 1'e göre toplam 27 değerlendirme parametresi göz önüne alındığında en yüksek değere sahip bitkiler *Laurocerasus officinalis* (19), *Corylus colurna* (19), *Crataegus monogyna* (18), *Crataegus oxyacantha* (18), *Cerantonia siliqua* (17) ve *Elaeagnus angustifolia* (16) olarak belirlenmiştir. En düşük değere sahip bitkiler ise *Morus nigra* "Pendula" (7) ve *Vitis vinifera* (8) olarak tespit edilmiştir. Araştırmada tespit edilen taksonların estetik özellikleri ile dikkat çektikleri bununla birlikte kullanım amaçları ve alanlarında da yüksek puanlarla *Laurocerasus officinalis*, *Corylus colurna*, *Crataegus monogyna*, *Crataegus oxyacantha* bitkilerinin ön planda olduğu görülmüştür. Tüm tablo dikkate alındığında hem estetik hem işlevsel hem de kullanıldığı alanlar bakımından doğal taksonların en yüksek değerlerle ilk sıralarda bulunduğu görülmüştür. Doğal bitkiler kullanıldıkları alanlara kolay adapte olabilmeleri, bakım isteklerinin az olması nedenleri ile oldukça kanaatkâr bitkilerdir. Bu nedenlerden ötürü farklı amaçlarla farklı alanlarda kullanıma uygundur.

Bu özelliklerinin yanı sıra estetik değeri ve yenilebilirlikleri ile ön planda olan doğal türlerin bitkisel tasarımlarda kullanımı yapılan çalışmalarda desteklenmektedir (Deniz ve Şirin, 2005). Çalışmada doğal bitki taksonları 25, egzotik kökenli bitkiler ise 21 adet bulunmuştur ve yüksek değere sahip taksonların doğal bitkiler olduğu tespit edilmiştir. Egzotik bitkiler kent ekosistemlerini olumsuz etkilemektedir ve tasarımlarda bu türlerin kullanımı bakım ve maliyet nedenleri ile tercih edilmemelidir (Kaya Şahin vd., 2020). Çalışma bu yönüyle literatürle benzer sonuçlar sağlamıştır. Çalışma alanında egzotik bitkilerin sayısının doğal bitkilerin sayısına yakın olmasının nedeni, egzotik bitkilerin üniversitenin farklı bölümlerinde eğitim-öğretim amaçlı materyaller olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Meyveleri yenilebilen *Prunus domestica*, *Prunus avium*, *Eriobotrya japonica* türlerinin çoğunlukla üniversite lojmanlarının yakın çevrelerindeki yeşil alanlarda bulunduğu görülmektedir. Özellikle çocuk oyun alanı yakın çevresinde *Prunus domestica*, *Prunus avium*, *Corylus avellana* ve *Morus alba* gibi farklı meyve türlerinden oluşan yeşil alanlar belirlenmiştir. Çocukların doğal süreçleri takip edebilmeleri ve doğayı tanımaları için yenilenebilir bitkiler çocuk oyun alanlarında ve okul bahçelerinde kullanılmaktadır (Özgüç Erdönmez, 2007). Fakat çocukların ağaçlardan düşüp yaralanmalarını önlemek amacıyla bu bitkilerin çocuk oyun alanlarında kullanımında güvenliği sağlayıcı tedbirlerin alınmasına özen gösterilmelidir (Aslan, 2020).

Elde edilen veriler estetik özelliklerine göre değerlendirildiğinde taksonlardan 36 tanesinin yaprak dökme olduğu ve 32 tanesinin ise çiçek güzelliği ile dikkat çektiği tespit edilmiştir. Ayrıca Şekil 5'te 29 bitki taksonunun ilkbahar renklenmesine sahip olduğu ve herdem yeşil taksonların ise 10 tane olduğu görülmektedir. Yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitkiler, çiçek özellikleri ile peyzajda ilkbahar renklenmesi oluşturmak için tercih edilmektedir. Kampüs içerisinde özellikle fakültelerin bulunduğu ana aks üzerinde görsel etkiye sahip yenilebilir bitkilerin kullanımı oldukça yükündür. Mevsimsel etki ilkbahar ve sonbahar olarak değerlendirildiğinde yenilebilir bitkilerin oluşturduğu görünümle etkili peyzajlar sunmaktadır (Tutal, 2015). Oluşturdukları etkili görünümünün yanı sıra bu bitkilerin yenilebilir bölümlerinin kullanıcılar tarafından değerlendirildiği yapılan alan çalışmaları sürecinde de tespit edilmiştir.

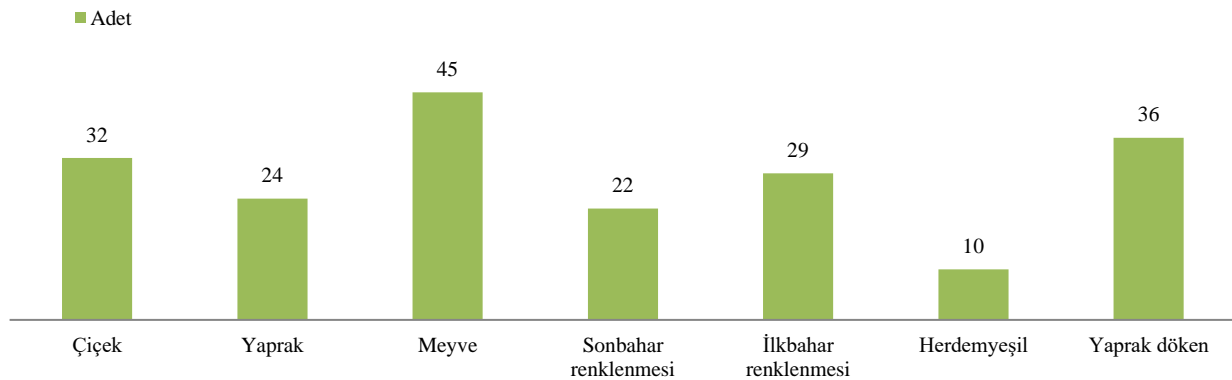


Şekil 4. Bitkilerin familyalarına göre dağılımına ait grafik

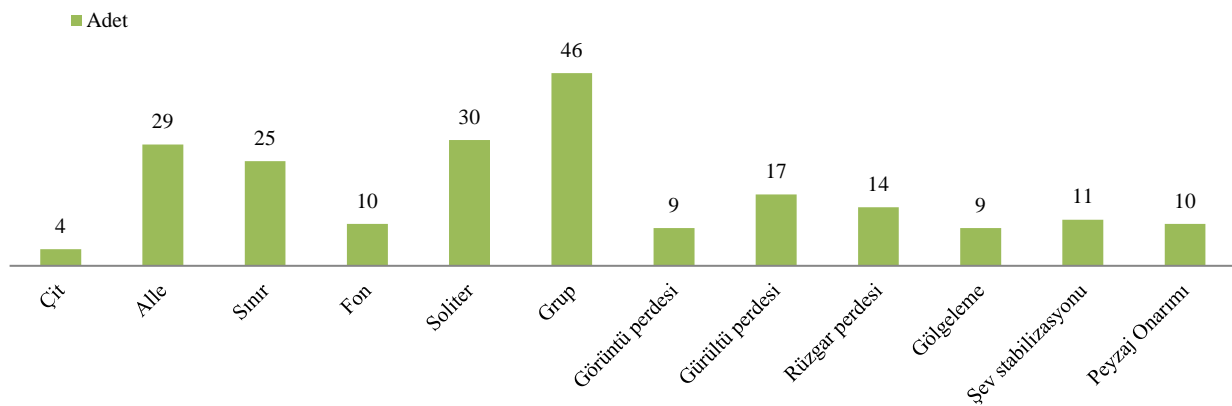
Kullanım amaçlarına göre değerlendirildiğinde çalışmada tespit edilen taksonlardan 30 tanesinin soliter, 46 tanesinin grup olarak kullanıma uygun olduğu belirlenmiştir. Alle 29, sınır ögesi 25, gürlüğü perdesi 17, rüzgar perdesi 14 ve şev stabilizasyonu olarak kullanılabilenler ise 11 olarak değerlendirilmiştir (Şekil 6). Yenilebilir bitkilerin sahip olduğu estetik özellikler nedeni ile soliter ve etkiyi arttırmak amacı ile gruplar halinde yoğun kullanımı peyzaj tasarımlarında oldukça fazla kullanılmaktadır (Yazıcı ve Ünsal, 2019). Çalışma bu yönüyle değerlendirildiğinde literatürle benzer sonuçlar sergilemektedir. *Punica granatum*, *Malus floribunda* ve *Prunus cerasifera* 'Atropurpurea' taksonlarının daha çok ilkbahar renklemeleri nedeni ile soliter olarak kampüsün yoğun kullanım alanlarında yer aldığı belirlenmiştir. *Laurocerasus officinalis* ve *Ceratonia siliqua* türlerinin ise kampüs sınır alanlarında sınır elemanı olarak yoğun kullanımı ile dikkat çektiği görülmektedir. Ayrıca kampüs içerisinde farklı alanlarda soliter kullanımları da belirlenmiştir.

Kullanım alanlarına göre değerlendirildiklerinde belirlenen bitki taksonlarının en çok park ve bahçelerde değerlendirilebilecekleri tespit edilmiştir. Ayrıca 17 taksonun orta refüjlerde, 13 taksonun hava kirliliğine dayanıklı olduğundan kentsel alanlarda değerlendirilebileceği ve yine 13 taksonun ise kurakçıl alanlar için uygun olabileceği belirlenmiştir. Kaya bahçesinde kullanıma uygun olabilecek 2 ve deniz kıyılarında kullanılacak 5 takson olduğu Şekil 7'de

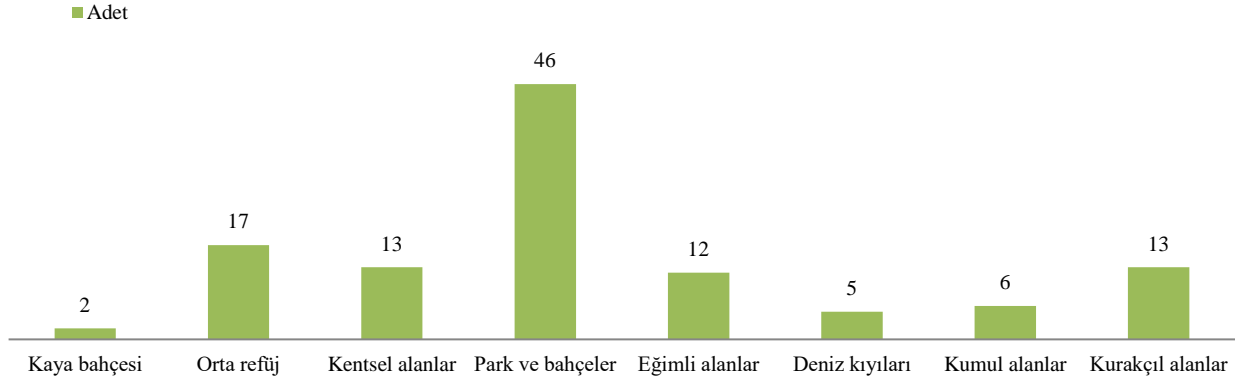
görülmektedir. Kentsel yeşil alanlar içerisinde bulunan park ve bahçeler kentlilerin vazgeçilmez mekanları içerisinde yer almaktadır. Park ve bahçeler, yoğun kent yaşamı içerisindeki kentlileri doğaya yakınlaştırdıkları gibi birçok etkinlik için mekan oluştururlar. Bitkiler park ve bahçelerde doğal görünüm oluşturarak kentlerdeki doğal süreçlere katkı sağlarlar. Üniversite kampüsleri de kentlerin önemli bir parçası oldukları gibi kampüs kullanıcılarının zamanlarının büyük çoğunluğunu geçirdikleri alanlardır. Kampüs yeşil alanları hem fiziksel hem de sosyal sağlığa olumlu etkiler sağlamaktadır (Akça ve Gülgün Aslan, 2019). KTÜ ana kampüsü olan çalışma alanında yeşil doku miktarı oldukça fazladır. Eğitim-öğretimin yanı sıra öğrencilere, çalışanlara ve lojman sakinlerine yeşil alan ve etkinlik olanakları sağlamaktadır. Kullanıcıların ruh ve beden sağlığını olumlu etkiledikleri gibi sosyal yaşamlarını ve kişilik gelişimlerini güçlendirmektedir. Yenilenebilir bitkileri, meyve, çiçek ve yaprak güzellikleri gibi farklı özellikleri dikkate alınarak kampüs içerisinde birçok farklı bitkisel kompozisyonda kullanılmışlardır. Kampüs orta refüj ve yakın çevresinde *Cotoneaster* sp., *Crataegus* sp., *Punica granatum*, *Laurocerasus officinalis* bitkilerinin kullanımı göze çarpmaktadır. Bunların yanı sıra yer yer çiçek güzellikleri ile dikkat çeken *Prunus* sp. ve *Malus* sp. gibi taksonlara da yer verilmiştir.



Şekil 5. Bitkilerin estetik özelliklerine göre dağılımına ait grafik



Şekil 6. Bitkilerin kullanım amaçlarına göre dağılımına ait grafik



Şekil 7. Bitkilerin kullanım alanlarına göre dağılımına ait grafik

4. Sonuç ve öneriler

Bitkiler peyzaj tasarımlarının zamanla değişen ve gelişen canlı ve dinamik elemanlardır. Buldukları mekanlarda estetik, işlevsel, ekolojik, ekonomik olarak değerlendirilen bitkilerin kültürel özellikleri ve kimlik değerleri de oldukça önemlidir. Yenilebilir potansiyelleri ile insanlığın var olduğundan günümüze kadar dikkat çekerek kentsel tasarımlarda kültürel peyzaj öğeleri olarak da değer kazanmışlardır. Özellikle doğal bitkilerin kentsel tasarımlarda kullanımına hem kimlik hem de kent habitatlarının oluşturulması açısından tasarımcılar tarafından değer verilmiştir. Doğallığın yanı sıra kentsel ortamlarda yenilebilir bitkilerin kullanımı da ekolojik peyzaj tasarımları arasında popülerite kazanarak farklı konseptlerde tasarımlarda değerlendirilmeye başlamıştır. Permakültür, hobi bahçeleri ve yenilebilir bahçeler gibi küçük ölçekli tarımsal peyzaj çalışmaları kentsel peyzajlara dahil edilerek mevcut arazi kullanım biçimlerine yenilikçi yaklaşımlarla entegre edilebilmektedir. Parklar, tek ve toplu konut bahçelerinin yanı sıra çatı ve düşey bahçeler, yollar, okul bahçeleri kampüs alanlarında da yenilebilir bitkilerin kullanımına önem verilmeye başlanmıştır.

Yenilebilir meyve özellikli odunsu bitkiler görselliğin ve fonksiyonelliğin birlikteliğine sahip önemli canlı materyallerdir. Kentlere sağladıkları yararlar diğer süs bitkileriyle karşılaştırıldığında oldukça fazladır. Sonbaharda sergiledikleri sararmalar-kızarmalar, ilkbaharda oluşturdukları etkili çiçeklenmeler, yıl boyu yapraklı olabilmeye ya da yeşilden farklı yaprak renkleriyle tasarımlara estetik açıdan değer kazandırmaktadır. Tür çeşitliliği açısından oldukça zengin olan ülkemizde yenilebilir meyve özellikli bitkilerin kentsel açık ve yeşil alanlarda kullanımı teşvik edilmeli ve artırılmalıdır.

Yapılan çalışma sonucunda da KTÜ Kanuni Kampüsü açık yeşil alanlarında 46 yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitki taksonu belirlenmiştir. Kampüs içerisinde yenilebilir bu bitkilerin daha çok ana arter üzerinde estetik özellikleri ile kullanıldıkları belirlenmiştir. Kampüs ana arter daha çok bir ulaşım alanı niteliğinde olduğundan dolayı yenilebilir özellikli bu bitkiler alanda süs elemanı olarak değerlendirilmiştir. Özellikle bu bitkilerin mevsimsel etkileri düşünülerek farklı kompozisyonlar oluşturulmuştur. Kampüs içinde çiçeklenme periyotları dikkate alınarak yapılan tasarımlarda bitkilerin mevsimsel etkilerinin görsel olarak

sergilenmesi sağlanmıştır. Bu açıdan değerlendirildiğinde; üniversitede farklı bölümler için açık derslik olarak kullanılan kampüs açık yeşil alanları, bitkilerin morfolojik özelliklerinin öğrenilmesi için oldukça önemli olanaklar sağlamaktadır.

Yenilebilir özellikleriyle değerlendirilen bitkiler daha çok kampüs lojmanlarındaki yaşam alanlarında dikkat çekmektedir. Bu bitkiler bu alanlarda yenilebilir bölümlerinin besin kaynağı olarak kullanılması amacı ile tercih edilmiştir. Oysa yenilebilir bahçe konseptine göre lojman sakinlerinin özellikle çocukların bu bahçeleri daha bilinçli kullanımı adına revize edilmesi gereklidir. Ayrıca yarıalanmaların önlenmesi için güvenlik sağlayıcı tasarımlara yer verilmelidir. Çocuklara bahçe kurulumunda ve daha sonraki aşamalarda sorumluluk verilerek ekolojik süreçlerin öğretilmesi ve çevre bilinci aşılanmalıdır. Diğer aile bireylerinin de bu süreçlere katılması aktif rol almaları sağlanmalıdır.

Fakültelerin etrafındaki yeşil alanlar içerisinde bulunan yenilebilir bahçe anlayışıyla tasarlanmış alanların olduğu tespit edilse de bu alanlara gereken özenin gösterilmediği belirlenmiştir. Ayrıca bir amaç ve konsept dahilinde tasarlanmayan bu alanlar kullanıcıların ilgisini çekecek nitelikte değildir. Atıl durumdaki bu alanlarda yapılacak peyzaj düzenlemeleriyle kampüs aktif yeşil alanları içine dahil edilmesi sağlanmalıdır.

Kentsel alanlarda yapılacak bitkilendirme tasarımlarında farklı özellikleriyle yenilebilir bitkilerin kullanımıyla verimli ve kaliteli mekanlar oluşturulabilir. Yapılan tasarımlar uzman kişiler tarafından uygulama alanının ekolojik özelliklerine göre belirlenecek konseptler doğrultusunda yapılmalıdır. Yenilebilir bahçelerin ruh ve beden sağlığı için önemli alanlar olduğu ve insanları doğa ile iç içe olabilmeye olanağı sağladığı unutulmamalıdır. Eğitim ve öğretim faaliyetlerinin sürdürüldüğü alanlarda yenilebilir bahçelerin günümüzde doğaya ekolojik süreçlere uzak kalan öğrenciler için fırsatlar sağladığına dikkat edilmeli ve okul bahçelerinde bu mekanlara yer verilmelidir. Özellikle kampüs alanları farklı kullanıcı profilleri ve yoğunluklarıyla yenilebilir bahçelerin kolaylıkla tasarlanabileceği alanlardır. Bu nedenlerden dolayı KTÜ ana kampüsü içerisinde yenilebilir bahçe olarak kullanılacak alanların belirlenerek bu alanların iyileştirilmesi sağlanmalıdır. Üniversitenin Orman Fakültesi içerisinde bulunan sera ve fidanlıkta üretilen bitkiler bu amaçla kullanılabilir. Ayrıca

sera ve fidanlıkta olmayan farklı türlerin alımı ile kampüste çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Tüm bu olanaklar göz önüne alındığında kampüste gerçekleştirilecek bitkisel tasarımlarda yenilenebilir bahçe tasarımlarının uygulanabilmesi desteklenebilir. Bu şekilde kullanıcıların bitkilere olan ilgisi artacağı gibi sosyalleşme olanakları oluşturulacaktır.

Kaynaklar

- Acar, C., 2010. Bitkilendirme Tasarımı, Basılmamış ders notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Trabzon.
- Akça, Ş.B., Gülgün Aslan, B., 2019. Kampüs yaşamında estetik ve fonksiyonel açıdan süs bitkilerinin yeri ve önemi; Çaycuma Kampüsü örneği. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21(2): 267-279.
- Alkış, K.C., Ünver Okan, S., 2020. Web tabanlı bitki bilgi sistemi (BBS): Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni yerleşkesi örneği. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(1), 535-545.
- Anşin, R., 1980. Doğu Karadeniz bölgesi florası ve asal vejetasyon tiplerinin floristik içerikleri. Doçentlik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon.
- Anşin, R., Terzioğlu, S., 1998. Doğu Karadeniz Bölgesinin Özellikle Trabzon Yöresinin Egzotik Ağaç ve Çalıları, KTÜ Matbaası, Trabzon.
- Aslan, H., 2020. Ankara kenti açık yeşil alanlarında kullanılan meyve türlerinin belirlenmesi ve peyzaj mimarlığında süs bitkisi olarak değerlendirilme olanakları. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Özel Sayı): 99-114.
- Atabeyoğlu, Ö., Turgut, H., Yeşil, P., Yılmaz, H., 2011. Tarihi bir kentin değişimi: Erzurum kenti. İtüdergisi/a, 8(1): 41-53.
- Atabeyoğlu, Ö., Bilge, G., 2019. Corylus türlerinin peyzaj tasarım çalışmalarında kullanılabilirliği. Akademik Ziraat Dergisi, 8(Özel Sayı): 145-156.
- Atanur, G., Ersöz, N. D., 2020 kavramsal gelişim süreçleri ve tasarım bileşenleri bağlamında kent parkları. Ağaç ve Orman, 1(1): 66-71.
- Bağcıvan, G., Daşkın, R., 2020. Orhaneli ilçesinin vasküler bitki çeşitliliği (Bursa, Türkiye). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23(2): 416-434.
- Bayramoğlu, E., 2016. Sürdürülebilir peyzaj düzenleme yaklaşımı: KTÜ Kanuni Kampüsü'nün xeriscape açısından değerlendirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(2): 119-127.
- Bekçi, B., Dinçer, D., Var, M., Yahyaoglu, Z., 2010. Trabzon ve yöresinde doğal olarak bulunan bazı meyveli bitkilerin yetiştirme teknikleri ve peyzaj mimarlığında değerlendirilmesi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, s. 1456-1466.
- Colinas, J., Bush, P., Manaugh, K., 2019. The socio-environmental impacts of public urban fruit trees: A Montreal case-study. Urban Forestry & Urban Greening, 45: 126132.
- Çoban, A., Erol, U. E., 2015. Türkiye'de kurulan rüzgâr enerji santralleri (RES) peyzaj onarım çalışmalarının peyzaj mimarlığı açısından irdelenmesi: Osmaniye-Bahçe rüzgâr enerji santrali. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 11(2): 54-74.
- Çorbacı, Ö. L., Ekren, E., 2021. Rize kentsel açık yeşil alanlarında kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin değerlendirilmesi. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 17(1): 159-172.
- Deniz, B., Şirin, U., 2005. Samson dağı doğal bitki örtüsünün otsu karakterdeki bazı örneklerinden peyzaj mimarlığı uygulamalarında yararlanma olanaklarının irdelenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2(2): 5-12.
- Demir, A., 2013. Sürdürülebilir gelişimde yükselen değer; biyolojik çeşitlilik açısından Türkiye değerlendirmesi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 24: 67-74.
- Demirci, Ö., 2018. Trabzon kent parkları ölçeğinde yenilenebilir peyzaj ve potansiyel etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dönmez, Ş., Çakır, M., Kef, Ş., 2016. Bartın'da yetişen bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanımı. Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi, 1(2): 1-8.
- Düzenli, T., Tarakçı Eren, E., Baltacı, H., Aktürk, E., 2018. Bitkisel peyzaj tasarımında renk tercihleri: KTÜ Kanuni Kampüsü örneği. Journal of International Social Research, 11(55): 1082-1092.
- Emrem, Ö., 2008. Alıç meyvesinde (*Crataegus oxyacantha*) pekmez ve marmelat üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Özgüç Erdönmez, İ.M. 2007. İlköğretim okulu bahçelerinde peyzaj tasarım normları. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 57(1): 107-122.
- Eren, E.T., Alpak, E.M., Düzenli, T., 2016. Mevsimsel bitki görünümünün tercih ve algısal farklılıklarının belirlenmesi. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD), 3(1): 145-154.
- Göktaş, Ö., Gıdık, B., 2019. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(1): 145-151.
- Gübbük, H., Tozlu, İ., Doğan, A., Balkıç, R., 2016. Çevre, endüstriyel kullanım ve insan sağlığı yönleriyle keçiboynuzu. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2): 207-215.
- Güneroğlu, N., Bekar, M., 2018., Açık yeşil alanların bitkilendirme tasarım kriterleri açısından değerlendirilmesi, KTÜ Kanuni Kampüsü örneği. Social Sciences Studies Journal, 4(16): 1113-1123.
- Güneroğlu, N., Pulatkan, M. ve Kurt, U., 2018a. Sonbahar renklemeleri ile bazı orman ağaçlarının peyzaj değeri. 4th International Non-Wood Forest Products Symposium, 4-6 Ekim, Bursa, s. 387-399.
- Güneroğlu, N., Kaya Şahin, E. ve Aktürk, E., 2018b. Bitkilerin kültürel çağrışımları, Journal of International Scientific Researches, 3(2): 503-514.
- Güneroğlu, N., Bekar, M., Aktürk, E., Dihkan, A., 2018c. Kentsel yeşil alan sistemlerinde hobi bahçeleri; Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni kampüs örneği. Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR), 5(25): 2253-2263.
- Hashim, N.H., Hussain, N.H.M., Ismail, A., 2020. Green roof concept analysis: A comparative study of urban farming practice in cities. Malaysian Journal of Sustainable Environment, 7(1): 115-132.
- Hostetler, M., Holling, C. S., 2000. Detecting the scales at which birds respond to structure in urban landscapes. Urban Ecosystems, 4(1): 25-54.
- Kahveci, H., 2021. Bilecik kenti açık yeşil alanlarındaki bitkilerin belirlenmesi ve bitkilendirme tasarımı uygulamaları yönünden irdelenmesi. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 17(1): 76-98.
- Kaya Şahin, E., Bekar, M., Güneroğlu, N., 2020. Türk fındığı (*Corylus colurna* L.)'nın peyzaj mimarlığında kullanım olanakları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22(1): 91-99.
- Kaya Şahin E., Güneroğlu N., 2021. Isırganotu (*Urtica* Spp.) bitkisinin kullanım alanları ve peyzaj değeri, International Social Sciences Studies Journal. 7(84): 2699-2707.
- Kılıç, T., Kazaz, S., Ergür, E.G., Gül, A., 2016. Meyve özellikli odunsu bitki türlerinin peyzaj amaçlı bitkisel tasarımda kullanılabilirlik olanakları. VI. Süs Bitkileri Kongresi, 19-22 Nisan, Antalya, s. 358-369.
- Larinde, S., Oladele, A.T., 2014. Edible fruit trees diversity in a peri-urban centre: Implications for food security and urban greening. Journal of Environment and Ecology, 5(2): 234-248.

- Lovell, S.T., 2010. Multifunctional urban agriculture for sustainable land use planning in the United States. *Sustainability*, 2(8): 2499-2522.
- Olgun, R., Yılmaz, T., Türk, S., 2018. Parkların bitkisel tasarımında yenilebilir türlerin kullanımı üzerine kullanıcı görüşlerinin Antalya-Konyaaltı örneğinde araştırılması. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 1(1): 42-48.
- Özdemir, A., 2011. Okul bahçesi peyzaj tasarım anlayışındaki değişim ve bu değişimin uygulamaya yansımalarının Bartın kenti örneğinde irdelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19): 41-51.
- Özer, S., Atabeyoğlu, Ö., Zengin, M., 2009. *Prunus spinosa* L.(çakal eriği)'nin peyzaj mimarlığı çalışma sahasında kullanım olanakları. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2): 1-7.
- Özkan, Z.C., Saraç, D.U., Bozkurt, A.E., 2019. Some natural and exotic plant taxa, which is used non-wood forest products, in parks of Trabzon. *Wood Industry and Engineering*, 1(1): 8-13.
- Rimlinger, A., Avana, M.L., Awono, A., Chakocha, A., Gakwavu, A., Lemoine, T., Marie, L., Mboujda, F., Vigouroux, Y., Johnson, V., Vinceti, B., Carriere, S.M., Duminil, J., 2021. Trees and their seed networks: The social dynamics of urban fruit trees and implications for genetic diversity. *PloS one*, 16(3): e0243017.
- Sakıcı, Ç., Karakaş, H., Kesimoğlu, M.D., 2013. Kastamonu kent merkezindeki kamusal açık yeşil alanlarda kullanılan bitki materyali üzerine bir araştırma. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 13(1): 153-163.
- Sarı, D., Karasah, B., 2018. Bitkilendirme tasarımı öğeleri, ilkeleri ve yaklaşımlarının peyzaj tasarımı uygulamalarında tercih edilişliliği üzerine bir araştırma. *Megaron*, 13(3): 470-479.
- Tokgöz, H., Topuz, A., Gölükcü, M., 2004. Konvansiyonel entegre ve organik yöntemlerle yetiştirilen greyluft (*Citrus paradisi*) meyvesinin bazı kimyasal özellikleri. *Gıda*, 29(6): 457-463.
- Tuncel, S.G., İlerisoy, Z.Y., 2016. Bahçe-şehir kavramı ve Ankara Bahçelievler semti üzerinden irdelenmesi. *International Academic Research Congress*, 3-5 Kasım, Antalya-Side, s. 2828-2835.
- Turner-Skoff, J.B., Cavender, N., 2019. The benefits of trees for livable and sustainable communities. *Plants, People, Planet*, 1(4): 323-335.
- Tural, G., 2015. Bingöl kentinde peyzaj düzenlemelerinde kullanılan bitki türleri. *Yüksek Lisans Tezi*, Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri, Bingöl.
- Var, M., 1992. Kuzeydoğu Karadeniz bölgesi doğal odunsu taksonlarının peyzaj mimarlığı yönünden değerlendirilmesi üzerine araştırmalar. *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Var, M., 2012. Bitki Tanıma I-II, Basılmamış ders notları. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Trabzon*.
- Yazıcı, N., Dönmez, Ş., Şahin, C.K., 2014. Isparta kenti peyzaj düzenlemelerinde kullanılan bazı bitkilerin kurakçıl peyzaj tasarımı açısından değerlendirilmesi. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 14(2): 199-209.
- Yazıcı, K., Ünsal, T., 2019. Kentsel yaşam kalitesi açısından süs bitkilerinin önemi; Tokat/Merkez-Yeşilirmak örneği. *Ziraat Mühendisliği*, (367): 66-76.
- Yıldız, R., Ekici, H., 2019. Gilaburu (*Viburnum opulus* L.)'nun farmakolojik açıdan değerlendirilmesi. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 10(1): 16-23.
- Yılmaz, H., İrmak, M.A., 2004. Atatürk Üniversitesi merkez yerleşimi odunsu bitkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1-2): 89-96.

Comparison of illegal logging crimes and penalties in forest laws in some selected countries

Hüseyin Çalışkan^a, Filiz Egi Oğuz^a, Sezgin Özden^{b,*}

Abstract: Illegal logging, one of the crimes that damage the forests most, may cost human life as well as tax losses in the world. Only even with commercial concerns, 908 people were killed in 35 countries between 2002 and 2013 due to environmental conflicts. However, the absence of comprehensive international legal norms on forest crimes indicates that domestic law is primarily responsible for determining the nature, scope and consequences of these crimes. In this study, Brazil, Indonesia and the Democratic Republic of the Congo, which are among the top countries that suffer the most from forest crimes, and Türkiye, which experienced a significant increase in forest crimes after 2015, were examined in terms of illegal logging crime, forest law and the fine balances related to this crime. It is aimed to discover if there is a relationship between punishment/fine and the number of crimes.

Keywords: Forest crime, Forest laws, Illegal logging

Seçilen bazı ülkelerin orman kanunlarındaki yasa dışı ağaç kesim suçları ve cezalarının karşılaştırması

Özet: Ormana en çok zarar veren suçlardan biri olan kaçak kesim dünyada vergi kayıplarının yanında insan hayatına da mal olabilmektedir. Sadece ticari kaygılarla bile 2002 ile 2013 yılları arasında 35 ülkede 908 kişi çevre çalışmalarını nedeniyle öldürülmüştür. Buna rağmen orman suçlarıyla ilgili kapsamlı uluslararası yasal normların olmaması, bu suçların niteliğini, kapsamını ve sonuçlarını belirlemek için öncelikle iç hukukun sorumlu olduğu gösterir. Bu çalışmada, orman suçlarından en çok zarar gören ülkelerin üst sıralarında yer alan Brezilya, Endonezya ve Kongo Demokratik Cumhuriyeti ile, orman suçları konusunda 2015 yılı sonrasında kayda değer bir artış yaşayan Türkiye'nin kaçak kesim suçu, orman kanunu ve bu suça ilişkin ceza dengeleri incelenmiş, ceza ve suç adedi arasında ilişki olup olmadığının keşfedilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Orman suçu, Orman kanunları, Kaçak kesim

1. Introduction

Forest crimes are all kinds of actions that damage the forest property or endanger its future and are prohibited with the threat of a penalty (Güneş, 2004). Forest crimes are examined by official authorities of the Republic of Türkiye under six main headings: illegal logging, transfer, land clearing, occupation, consumption and grazing. Until 2000, an average of 38 thousand forest crimes were committed every year in Türkiye, and although the number of crimes decreased rapidly after this date, it has increased again since 2015 (OGM, 2021). According to General Directorate of Forestry (OGM) statistics, one of the most damaging crimes to the forest is illegal logging. The fact that this crime has increased again in the last 5 years in Türkiye has necessitated researching some other countries in the world where this crime has been committed and the penalties in the legal regulations of these countries. Thus, it is important to discuss if the punishments attributed to this crime are sufficient to prevent the crime by making a comparison with the countries where this crime is committed the most in the world.

Illegal logging has detrimental effects on essential ecosystem services such as conservation of biodiversity and water filtration, deprives countries of the income they need, thereby depleting natural resources (World Bank 2019). This situation also triggers the climate crisis with its direct and indirect effects such as increasing environmental pollution, especially carbon emissions during transportation, reducing soil and water productivity and increasing greenhouse gasses. According to Interpol's (2019) report, the illegal logging trade is between 51-152 billion dollars annually, and this crime accounts for up to 90% of the cut in many tropical countries and almost 30% of the global timber production in the world. The majority of deforestation and illegal logging take place in the tropical forests of Amazonia, Central Africa and Southeast Asia (INTERPOL, 2019).

International law consists of agreements designed for the protection of the environment and the sustainable use of natural resources (UN, 2012). However, the absence of comprehensive international legal norms, especially regarding forest crimes, indicates that domestic law is primarily responsible for determining the nature, scope and consequences of these crimes (UN, 2012). However, it is

✉ ^a Cankiri Karatekin University, Institute of Natural and Applied Science, Çankırı, Türkiye

^b Cankiri Karatekin University, Faculty of Forestry, Çankırı, Türkiye

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): ozden@karatekin.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 01.11.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 10.02.2022



Citation (Atıf): Çalışkan, H., Egi Oğuz, F., Özden, S., 2022. Comparison of illegal logging crimes and penalties in forest laws in some selected countries. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 90-95.
DOI: [10.18182/tjf.1017597](https://doi.org/10.18182/tjf.1017597)

difficult to combat forest and wildlife crimes internationally without comprehensive national forest laws, including criminal offences (Zimmermann, 2003). This approach of Zimmermann directs us to examine the legislation of the studied countries fighting this crime, which has shaken the balance of the global forest products economy in the world.

The aim of this study is to investigate the legal basis of illegal logging crime and destruction in selected countries. Because, considering that selected countries – except Türkiye - are among the top 10 countries with the largest part of the world's forests in terms of existing forest assets, in these countries, illegal logging crime and deforestation is more than in Türkiye although they have some similar characteristics that we discuss, (FAO and UNEP, 2020).

2. Material and method

2.1. Determination of the study area

Good forest management is indispensable to ensure legality in the sector (Chatham House, 2018). For this purpose, a study was conducted in 2018, covering 19 countries indexed the countries' forest management success in 5 different categories as failing, weak, fair, good and very good (Chatham House, 2018). According to this ranking, the Democratic Republic of the Congo (DRC) was rated as "weak", while Brazil and Indonesia, which were in the middle, were rated as "fair". Türkiye is not among these countries.

The World Bank statistics (2019) has listed the countries with the highest tax losses due to illegal logging. Accordingly, Indonesia is in the first place with 1.8 billion, and Brazil is in second place with 1.4 billion dollars (World Bank, 2019). The amount of illegal logging in these countries are respectively stated as 41 and 19 million m³. The estimated loss of the Democratic Republic of the Congo is 81-163 million dollars according to the same source.

There are several reasons for including these countries in the study area. Since these countries are among the developing countries as Türkiye, excluding the Democratic Republic of Congo (DRC), they have almost similar economic characteristics. Moreover, all of these countries are developing economies of their own regions (UN, 2020a). The reason for including DRC in this study is that there is 91.44% similarity between Türkiye and DRC in terms of all processes of Sustainable Forest Management (Şener and Tolunay, 2016). Brazil, DRC and Indonesia are among the top three countries with the highest annual forest loss between 2010 and 2020 (FAO, 2020a).

2.2. Obtaining and processing data

The main source of the study is statistical data and literature reviews. These statistics were obtained from the United Nations National Account statistics, the United Nations Food and Agriculture Organization, and the Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Forestry. In the interpretation of these resources, forest definitions and penalties were used, in the forest laws of the selected countries. These are the laws of Brazil No. 4771/1965 (FAO, 2021a), Indonesia No. 41/1999 (FAO, 2021c), DRC No. 11/2002 (FAO, 2021d) and Türkiye No. 6831/1956 (Mevzuat, 2021a). This study has been conducted by

evaluating, interpreting and reporting statistics and research together.

3. Results

3.1. Socio-economic situation of Brazil and state of its forests

With a population of 212.5 million (World Bank 2020), about 13% of which are rural, Brazil is the largest country in South America in terms of surface area. According to the Human Development Report by United Nations Development Program (2020), Brazil ranks 84th among 189 countries in terms of the human development index (Table 1) and is in the level of high human development.

According to the United Nations Official National Accounts data, Brazil ranks at the first place in terms of Gross Domestic Product of the studied countries, with 1.8 Trillion dollars, and ranks second after Türkiye in terms of the value per capita (Table 2). With 497 million hectares of forest area (Table 3), Brazil is the country having the most forest area in the world after Russia (FAO, 2020b). Large-scale destruction of the Brazilian Amazon for many reasons, especially logging, started in the 1970s (Boekhout van Solinge, 2014). About 60% of the Amazonia, the world's largest rainforest, of which 18% has been lost in the last 40 years, is located within the borders of Brazil (GREENPEACE, 2021a).

Table 1. Ranking of Countries in the Human Development according to the Report of Human Development (UNDP, 2020)

| Place | Country | Human development index | Level of human development |
|-------|-----------|-------------------------|-----------------------------|
| 54 | Türkiye | 0.820 | Very high human development |
| 84 | Brazil | 0.765 | High human development |
| 107 | Indonesia | 0.718 | High human development |
| 175 | DRC | 0.480 | Low human development |

Table 2. GDPs and GDPs per Capita of the countries in 2019 (UN, 2020b)

| Country | GDP | GDP per capita |
|-----------|-----------------|----------------|
| Türkiye | 761 billion \$ | 9167 \$ |
| Brazil | 1.8 trillion \$ | 8755 \$ |
| Indonesia | 1.1 trillion \$ | 4136 \$ |
| DRC | 47.3 billion \$ | 545 \$ |

Table 3. Forest areas of the studied countries and its percentages by world forest (FAO, 2020b)

| Country | Percentage by world forest | Forest areas (million ha) |
|-----------|----------------------------|---------------------------|
| Brazil | 12 | 496620 |
| DRC | 3 | 126155 |
| Indonesia | 2 | 92133 |
| Türkiye | 0.5 | 22220 |

3.2. Socio-economic situation of indonesia and its forests

Indonesia is a Southeast Asian country and approximately 43.3% of its population of 273.5 million live in rural areas (World Bank, 2020). According to the Human Development Report of the United Nations Development Program (2020), Indonesia ranks 107th among 189 countries in terms of human development index (Table 1) by high human development. According to the United Nations Official National Accounts data, Indonesia ranks at the second place in terms of Gross Domestic Product (GDP) of the studied countries by its 1.1 trillion dollars and third in terms of GDP per capita value among the studied countries by its 4136 dollars (Table 2).

This country having 2% of the world's forests, has lost almost 20% of its forests since 1990 (FAO, 2020b). In fact, Indonesia has entered the Guinness Book of Records in 2008 and has become the country that lost its forests the fastest in the world (GREENPEACE, 2021b). In addition, Greenpeace (2021b) states that Indonesia is the country that destroys its forests the fastest in terms of total forest cover, while Brazil destroys a larger forest area every year.

3.3. The socio-economic situation of the democratic republic of the congo and its forests

The DRC has a population of about 89.5 million, of which about 54.4 live in rural areas (World Bank, 2020). This country ranks 175th among 189 countries in terms of human development and is in the low human development index (UNDP, 2020). The country ranks at the last among the countries studied in terms of GDP and GDP per capita, and it is among the 10 countries with the most forest assets in the world in terms of forest assets (FAO, 2020b).

According to Lawson (2014), only 10% of DRC forests are used for logging, resulting in low levels of official felling. In the country, especially illegal logging and clearing crimes dominate, and for these reasons, almost 16% of its forests have been lost in the last 40 years (FAO, 2020b). In the mid-2000s, some measures were taken in countries such as Indonesia, where forest utilization was high. With these measures, implementation and legal regulations, there has been a decrease in illegal logging, but it has been stated that illegal use of forests has increased in many countries after this decreasing (Lawson and MacFaul, 2010; Nellemann, 2012).

3.4. The socio-economic position and the condition of forests in the republic of Türkiye

Türkiye, with its 84.3 million people (World Bank, 2020), of which approximately 20.1% lives in rural areas, is the country with the highest level of human development and the highest GDP per capita among the studied countries. Türkiye is the 6th country to increase its net forest assets the most between 2010 and 2020, although the country has a very low amount of forest compared to Brazil, DRC and Indonesia in terms of forest assets, and having to deal with many forest crimes, especially illegal logging (FAO, 2020a).

3.5. Illegal logging statistics of the countries in the study area

Indonesia exports the majority of forest products to Asia and the USA. In this category, it exports the most to China with 15.6 million m³, and an estimated 70% of this is illegal

(Chatham House, 2018). Chatham House reports that Indonesia produces an average of 41 million m³ of timber annually, of which approximately 65% is produced in illegal ways. Similarly, the Democratic Republic of the Congo makes 84% of its timber trade illegally, of which the vast majority, 66%, is to China (Chatham House, 2018). Brazil, on the other hand, is more positive than mentioned countries. The biggest part of its own timber export is to China with 24% and only 3% of this is illegal (Chatham House, 2018).

Tax losses due to illegal logging and illegal trade, according to the estimates of the World Bank, are indicated in Figure 1, (World Bank, 2020). This type of statistics has not been prepared for Türkiye yet, but considering the number of illegal logging crimes and the size of the affected forest area, it is estimated that this tax loss remains very low compared to other studied countries.

Forest statistics in Türkiye are released by the General Directorate of Forestry. Accordingly, the total number of forest crimes in Türkiye has almost doubled in the last 6 years (Figure 2). The number of illegal cutting crimes, on the other hand, fluctuated between the same years, but increased by approximately 50%. However, when looking at the amount of illegal cutting in Figure 3, it is seen that it increases 375%.

3.6. Illegal cutting in the forest laws of the studied countries

In the 21st century, when the world is more sensitive about the protection of forests, all countries should attach importance to the sustainable use of forest assets. One of the countries that received the most public reaction with the changes it made in the forest law is Brazil (Freitas et al., 2018). These changes can endanger more than 15 million hectares of forest areas (Freitas et al., 2018). This requires reexamining the existing forest laws of the studied countries.

When we look at the Brazilian Forest Law, it is necessary to suspend activities in areas that are illegally taken out of forest within the legal boundaries of the Amazonia region after July 22, 2008, with article 17, made in 2012 (Planalto, 2021). With this amendment, it is understood that forest areas exploited before 2008 are forgiven. These and similar situations make it possible to suspect that a new amnesty may arise for those who invaded forest areas after this date.

The importance that countries give to forests is related to how much they protect them with their laws. In this context, the articles regarding illegal logging in the forest laws of the selected countries have been examined. But the forest acts of the selected countries did not define this crime as intentional or unintentional.

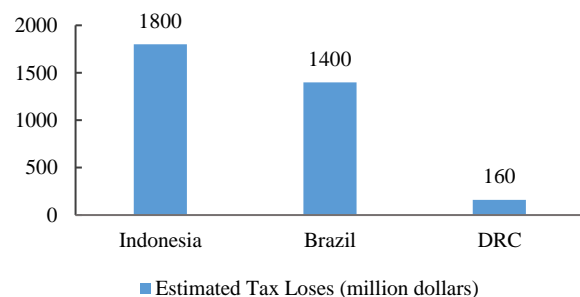


Figure 1. Estimated tax losses due to illegal cutting of the studied countries (million dollars) (World Bank, 2020)

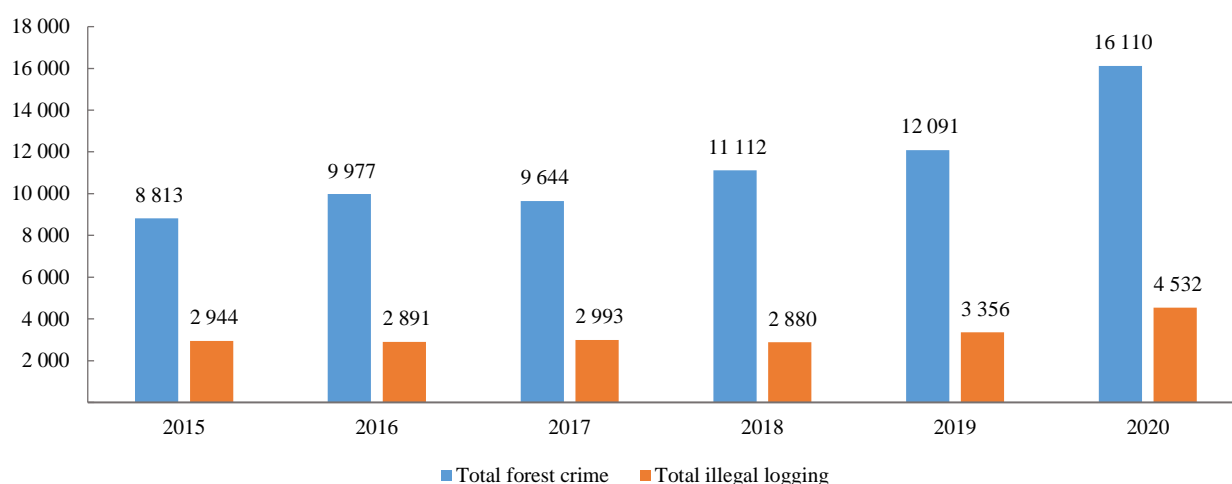


Figure 2. Statistics of total forest and illegal logging crimes in Türkiye (OGM, 2021)

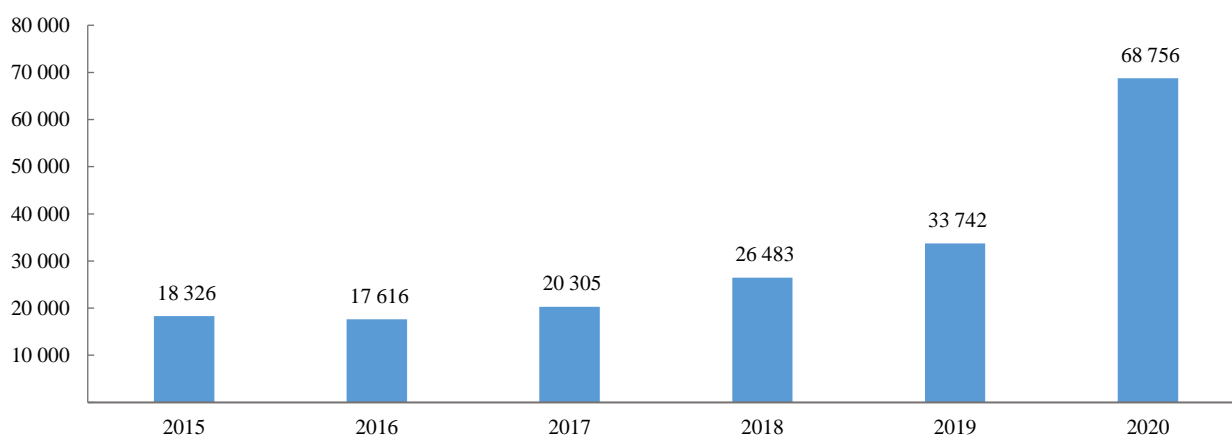


Figure 3. Statistics on the amount of illegally cut trees in Türkiye (m³) (OGM, 2021)

It is seen that sources such as Chatham House and the World Bank give illegal cutting data as “estimates”. This situation indicates that there is both/or a legal gap and/or lack of control in the countries where these two sources worked – which includes all of the countries included in this study except Türkiye. For this reason, it is necessary to examine the forest laws of the studied countries.

Article 26/b of the law no. 4771, which Brazil adopted in 1965, commits the illegal logging crime as follows.

“Cutting trees in permanent preservation forests, without permission from the competent authority constitutes criminal misdemeanors, punishable by three months to one year of simple imprisonment or a fine of one to one hundred times the monthly minimum wage, the place and date of the offense or both penalties cumulatively”. (Planalto, 2021).

Article 78/5 of the law no. 41, which Indonesia adopted in 1999, commits the illegal logging crime as follows (Table 4).

“Whoever deliberately violates the provision as meant in Article 50 sub section (3) letter e (felling trees, harvesting or

harvesting forest products in a forest without the permission of an authorized official) or letter f will be threatened with the punishment of a maximum imprisonment of 10 (ten) years and a maximum fine of Rp 5,000,000,000.00 (five billion rupiah).” (FAO, 2021c).

Article 146/4 of the law no. 11, which DRC adopted in 2002, commits the illegal logging crime as follows.

“Is punished with a penal servitude of one month to three years and a fine of 10,000 to 500,000 constant Congolese francs or one of these penalties only, the forest concessionaire who: ... exploits forest products, without authorization required” (FAO, 2021d).

Article 91 of the law no. 6831, which Türkiye adopted in 1956, commits the illegal logging crime as follows.

“Those who cut trees from standing trees, uproot, end their life by strungling, as among the acts prohibited by subparagraphs (A) and (B) of Article 14, shall be sentenced to imprisonment from three months to five years and a judicial fine up to a thousand days.” (Mevzuat, 2021a).

Table 4 Comparison of the amount of fines attributed by countries to illegal logging (FAO, 2021a; FAO, 2021b; FAO, 2021c; FAO, 2021d, Mevzuat, 2021a; Mevzuat, 2021b)

| Country | Article | Penalty | | USD |
|-----------|---------|--------------------|-------------------------------|------------|
| | | Imprisonment (max) | Fine (max) | |
| Brazil | 26/b | 1 year | 100 times the minimum wage | 21 153.00 |
| Indonesia | 78/5 | 10 years | 5 billion Indonesian rupees | 350 632.37 |
| DRC | 146/4 | 5 years | 500 thousand Congo francs | 250.38 |
| Türkiye | 91 | 5 years | Judicial fine up to 1000 days | 11 848.34 |

Note: USD exchange rates at the date of the research were used.

4. Discussions

Mankind has contributed to the destruction of natural ecosystems by "destroying many animal and plant species around it with behaviors that anthropologists call anthropization" (Uğur, 2021) for their own needs. Illegal logging crimes, just one of these activities, not only harm the forest or ecosystem, it also causes the people of the region to be "killed" (Boekhout van Solinge, 2014). This is considered as organized crime (Boekhout van Solinge, 2014). It is seen that in some regions, the destruction of forest lands has not only environmental but also social effects by increasing the rates of injustice and crime and by negatively affecting the local people (GREENPEACE, 2003). Wich et al. (2011) state that combating illegal logging requires fighting bribery, corruption, violence and many illegal crimes.

It is true that forests are a home to forest-bound communities. The studied countries have both significant portions of the world's forests and they are the countries densely populated. Especially when we consider Brazil's population of more than 200 million and Indonesia's more than 250 million, it is seen that they have low per capita income despite their high GDP. It is inevitable for countries with this surplus population to see nature as a home and a means of survival.

Forest laws come from necessity that emerged for the protection, development and operation of forests (Bayraktaroğlu, 1969). By defining the penalties in Türkiye, it is stated that in relation to the circumstances affecting the crime. While the low value of the forest products subject to the crime is a mitigating factor, the fact that the perpetrator of the crime is a merchant or using a chainsaw aggravates the crime (Toprak, 2017). However, illegal slaughter for commercial purposes is almost non-existent in Türkiye. Illegal logging for personal use is a relatively basic problem in rural areas in Türkiye. Erdönmez and Yurdakul Erol (2021) express the ineffectiveness of the relevant legal regulations and argue that long-term studies should be made in the regulation of laws. When the perception of forest crime in Türkiye is examined, it is seen that the definition of the crime is not accepted by those who use the forest, and it is required that some exceptions to be made for personal use (Yılmaz, 2018). Şen and Toksoy's research (2004) reports that the type of house in which individuals live due to their financial situation - living in wooden houses - increases forest crime in the region. It is seen that illegal logging crime in Türkiye is mostly committed by people living in and around the forested areas, and this is due to educational and economic deficiencies of people living in these areas (Yüksel et al., 2008).

While low-income individuals fear the law, high-income individuals believe that deterrence should be realized by education, not by punishment (Birben et al., 2019). In this case, it may be suggested that increasing their income, raising public awareness and education levels may increase crime

awareness and encourage individuals to protect forests (Mercimek, 2019). In Türkiye, this situation may be discussed in detail, due to the low level of illegal cutting for commercial purposes. However, as indicated in Figure 1 data, illegal cutting causes hundreds of millions of dollars in tax losses in Brazil, Indonesia and KDC.

Considering the penalties imposed by the countries, it is seen that the punishment for the crime of illegal cutting is imprisonment and/or fines in all countries we studied. When these fines are compared, it is seen that the maximum penalty is 10 years of imprisonment and the maximum fine is 350 thousand USD in Indonesia. Despite such a large fine, 84% of this country's logging trade is illegal.

5. Conclusions

This study investigates the legal basis of illegal logging and destruction in selected countries, the following conclusions are reached.

The balance of crime and punishment is disproportionate in the countries studied. Among these countries, it is not possible to identify a country or law that will set an example for others. Despite the high penalties, this is due to two reasons: Insufficient inspection and non-deterrent penalties.

When we look at the penalties in the law for the protection of forests, it is seen that the purpose of the movement is not effective in punishment. Indonesia is the most prominent country in terms of capital punishment. Fining or punishing everyone within the same limit makes the sense of justice question. At the same time, individuals with different income levels do not get the same effect from the deterrent penalties. For this reason, it was concluded that the punishment alone is not sufficient to prevent illegal logging crimes.

It is observed that forest amounts, crime rates and human development levels do not form a direct or inverse proportion with illegal logging crime. For this reason, regardless of the level of development and crime rate, forest crime is a problem not only for countries but also for the whole world and affects everyone.

Even if it is not possible for the society to be completely deprived of this god-given income, forests, it will not be easy to reduce forest crimes unless their dependence on the forest is reduced. Concepts such as poverty, hunger, or necessity are almost one of the main reasons among the studied countries except for commercial use. For this reason, the implementation of policies to reduce rural poverty, although not limited to the countries in the field of study, may reduce and even prevent forest crimes. Reducing this dependency in forest-dependent societies will also be beneficial for preventing the climate crisis. Because illegal logging is one of the components of the climate crisis.

References

- Bayraktaroğlu, H., 1969. Sosyal düzen, hukuk ve orman hukuku. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 1-16.
- Boekhout van Solinge, T., 2014. Researching illegal logging and deforestation. International Journal for Crime, Justice and Social Democracy, 3(2): 35-48. doi:10.5204/ijcjsd.v3i2.179
- Birben, Ü., Ünal, H.E., İmal, U., 2019. Orman suçlarında toplumsal algı (Kırıkkale İli Örneği). Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21(2): 495-505. DOI: 10.24011/barofd.541853
- CHATHAM HOUSE, 2018. What are the Trends in Forest Governance? Accessed: <https://forestgovernance.chathamhouse.org/> Access date: 25.07.2021
- Erdönmez, C., Yurdakul Erol, S., 2021. Türkiye'de ulusal ormancılık politikasının tarihsel gelişimi açısından bir dönüm noktası: 1255 sayılı yasa. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 23(1): 182-201. DOI: 10.24011/barofd.805525
- FAO, 2020a. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- FAO, 2020b. Global Forest Resources Assessments Country Reports Accessed: <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/country-reports/en/> Access date: 24.08.2021
- FAO, 2021a. FAO Database, Brezilya Ulusal Orman Yasası Accessed: <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC012382/> Access date: 11.06.2021
- FAO, 2021b. Law No. 18/2013 on the prevention and eradication of Forest Destruction. Accessed: <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC137703> Access date: 11.06.2021
- FAO, 2021c. Indonesia Forestry Act No. 41 of 1999. Accessed: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ins36649.pdf/> Access date: 13.08.2021
- FAO, 2021d. Congo - Dem. Rep. of (National level) Loi n° 11-2002 portant Code forestier. Accessed: <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC034383/> Access date: 03.07.2021
- FAO and UNEP, 2020. The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people. Rome. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca8642en>
- Freitas, F.L., Sparovek, G., Berndes, G., Persson, U.M., Englund, O., Barretto, A., Mörtberg, U., 2018. Potential increase of legal deforestation in Brazilian Amazon after Forest Act revision. Nature Sustainability, 1(11): 665.
- GREENPEACE, 2003. State of Conflict. An Investigation into the Landgrabbers, Loggers and Lawless Frontiers in Pará State, Amazon. Amsterdam: Greenpeace International. Accessed: <https://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/legacy/Global/usa/report/2007/8/state-of-conflict.pdf> Access date: 23.08.2021
- GREENPEACE, 2021a. Brazil and the Amazon Forest. Accessed: <https://www.greenpeace.org/usa/issues/brazil-and-the-amazon-forest/> Access date: 23.08.2021
- GREENPEACE, 2021b. Indonesia makes it to 2008 Guinness World Records as fastest forest destroyer on the planet. Accessed: <https://www.greenpeace.org/philippines/story/1371/indonesia-makes-it-to-2008-guinness-world-records-as-fastest-forest-destroyer-on-the-planet/> Access date: 29.08.2021
- Güneş, Y., 2004. Orman suçlarının ceza hukuku açısından incelenmesi. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 54(1): 143-164.
- INTERPOL, 2019. Global Forestry Enforcement, Strengthening Law Enforcement Cooperation Against Forestry Crime. Accessed: <https://www.interpol.int/Crimes/Environmental-crime/Forestry-crime> Access date: 23.08.2021
- Lawson, S., 2014. Illegal logging in the Democratic Republic of the Congo. Energy, Environment and Resources EER, 2014. Accessed: <https://landportal.org/nl/node/14122> Access date: 23.08.2021
- Lawson, S., MacFaul, L., 2010. Illegal logging and related trade. Chatham house, 2010. Accessed: http://awsassets.panda.org/downloads/chatham_house_illegallogging_2010.pdf Access date: 23.08.2021
- Mercimek, A., 2019. Kastamonu orman bölge müdürlüğünde orman suçlarında toplum bilinci ve hukukun etkinliği. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Mevzuat, 2021a. Türkiye Cumhuriyeti Orman Kanunu. Kanun No: 6831. Accessed: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.3.6831.pdf> Access date: 06.06.2021
- Mevzuat, 2021b. Türkiye Cumhuriyeti Türk Ceza Kanunu. Kanun No: 5237. Accessed: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5237&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5> Access date: 09.09.2021
- Nellemann, C., INTERPOL Environmental Crime Programme (eds). 2012. Green Carbon, Black Trade: Illegal Logging, Tax Fraud and Laundering in the Worlds Tropical Forests. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal. Accessed: <https://www.grida.no/publications/126> Access date: 13.09.2021
- OGM, 2021. Resmi İstatistikler, Ormancılık İstatistikleri. Accessed: <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> Access date: 30.06.2021
- Planalto, 2021. Presidência da República Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Accessed: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm#art17%C2%A73. Access date: 09.09.2021
- Şen, G., Toksoy, D., 2004. Orman köylüsünün sosyo-ekonomik yapısının orman suçlarına etkileri üzerine bir araştırma Karadere Orman İşletme Müdürlüğü örneği. Gazi Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 4(1): 1303-2399.
- Şener, F.N., Tolunay, A., 2016. Sürdürülebilir orman yönetimi süreçlerinde Türkiye'nin konum analizi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 18(2): 146-157. DOI: 10.24011/barofd.270082
- Toprak, M., 2017. Açıklamalı – İçtihatlı Orman Suçları. 2. Baskı, Adalet yayınevi, ISBN: 9786053000976 Ankara.
- Uğur, A., 2021. Antroposen: iklim krizi mi yoksa uygarlık krizi mi? REFLEKTİF Sosyal Bilimler Dergisi, 2(3): 557-579. <https://doi.org/10.47613/reflektif.2021.46>
- UN, 2020a. World Economic Situation and Prospects. ISBN: 978-92-1-109181-6. United Nations. 2020
- UN, 2020b. National Account Statistics. Accessed: <https://unstats.un.org/unsd/snaama/CountryProfile> Access date: 27.08.2021
- UN 2012. International Law. Wildlife and Forest Crime Analytic Toolkit https://www.unodc.org/documents/Wildlife/Toolkit_e.pdf Access date: 21.08.2021
- UNDP, 2020. Human Development Report 2020. The Next Frontier Human Development and the Anthropocene. United Nations Development Programme. Accessed: <https://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2020.pdf> Access date: 15.08.2021
- Wich, S.A., Riswan, J., Refisch, J., Nellemann, C. (eds). 2011. Orangutans and the economics of sustainable forest management in Sumatra. Accessed: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8027> Access date: 13.08.2021
- World Bank, 2019. Illegal logging, Fishing and Wildlife Trade: The costs and How to Combat it. Worldbank Group Report. October 2019.
- World Bank, 2020. United Nations Population Division. World Population Prospects. Accessed: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=BR> Access date: 01.07.2021
- Yılmaz, A., 2018. Orman, köylü ve devlet: Ormandan faydalanma, koruma ve orman suçları bağlamında orman köylüsü ve devlet ilişkileri. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20(4): 665-690. <https://doi.org/10.16953/deusosbil.420833>
- Yüksel, B., Akbulut, S., İpek, A., Baysal, İ., 2008. Türkiye'de orman kaçakçılık suçları ve kaçakçı profilinin değerlendirilmesi: Akyazı ve Hendek örneği. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 59(1): 1-14.
- Zimmermann, M.E., 2003. The black market for wildlife. Vanderbilt Journal of Transnational Law, 36(5): 1657-1661.

Instructions for authors

Manuscript should be prepared in A4 page size, with Times New Roman font and 12 pt font size, as plain text. Unless necessary, no special formatting should be used. Page and line numbers should be included into the manuscript. Please check out the explanations below for other details.

Cover page: Cover page should include title of the manuscript, names and contact information of the authors.

Title and abstract (Turkish and English): Abstract should not exceed 250 words, and briefly explains rationale, goals, methods, results and recommendations of the study. Keywords with 3-6 words should be included at the end of the abstract.

Main text: Main body of the manuscript should be written in single line spacing, and it should not exceed a total of 15 pages including tables and figures. Headings should be numbered as follows: 1., 1.1., 1.1.1.

Footnotes: Use of footnotes within the text should be avoided as much as possible. If necessary, it can be used below tables and figures.

Symbols and abbreviations: Unit symbols should comply with The International System of Units. Abbreviations should be explained briefly within a parenthesis where it appears first.

References: In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Oliver et al., 1996; Geray, 1998). At the end of the paper, references should be ordered first alphabetically and then chronologically. If there is more than one paper from the same author for a given year, these references should be identified by the letters a, b, c..., after the year of publication (For example: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). See Appendix 1 for details on references.

Tables and figures: All tables and figures (graphs, photographs, maps etc.) should be numbered in the order of their citation in the text. Titles of the tables should be located above, and titles of the figures should be located below the related table or figure. Tables and figures should be simple, and their text, number and symbol components should be easily visible and understandable. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution and 8.15 or 17 cm width. Characters within the figures should be in Times New Roman font type and 8 pt font size.

Submission of a manuscript: All review and publishing processes are carried out online in [DergiPark Akademik](#). Authors should first “[register](#)” and “[login](#)” to the system and then upload their manuscript with a “[cover letter and copyright transfer form](#)”.

Yazar rehberi

Makale A4 sayfa boyutunda, 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve düz metin şeklinde hazırlanmalıdır. Zorunlu olmadıkça hiçbir özel format kullanılmamalıdır. Makaleye sayfa ve satır numarası eklenmelidir. Diğer hususlar için lütfen aşağıdaki açıklamalara bakınız.

Kapak sayfası: Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri yer almalıdır.

Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce): Özet, 250 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalı, kısaca araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 kelimedenden oluşan anahtar kelimeler eklenmelidir.

Ana metin: Makale ana metni tek satır aralıklı olarak yazılmalı, çizelge ve şekillerle birlikte toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Konu başlıkları 1., 1.1., 1.1.1., şeklinde numaralandırılmalıdır.

Dipnotlar: Metin içerisinde dipnotlardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Çizelge ve şekillerde ise gerekli olması halinde ilgili objenin altında kullanılabilir.

Semboller ve kısaltmalar: Birim sembolleri Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) uygun olmalıdır. Kısaltmalar ise metin içerisinde ilk geçtiği yerde parantez içinde açıklanmalıdır.

Kaynaklar: Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayın yılı ile birlikte verilmelidir (Örnek: Oliver vd., 1996; Geray, 1998). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayın yılından sonra gelecek a, b, c... harfleriyle ayrılmalıdır (Örnek: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). Kaynaklar hakkında detaylar için Ek 1'e bakınız.

Çizelgeler ve şekiller: Bütün çizelge ve şekiller (grafik, fotoğraf, harita vb.) metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Çizelgelerin üzerinde ve şekillerin altında başlıkları yer almalıdır. Çizelge ve şekiller mümkün olduğu kadar sade olmalı, içerilerindeki metin, rakam, sembol vb. unsurlar net olarak görünür ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde ve 8.15 ya da 17 cm genişliğinde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde ve 8 punto büyüklüğünde olmalıdır.

Makalenin gönderilmesi: Dergimizin tüm hakemlik ve yayıncılık faaliyetleri online olarak [DergiPark Akademik](#) üzerinden yürütülmektedir. Yazarların öncelikle dergimize “[kayıt](#)” olup sisteme “[giris](#)” yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte “[üst yazı ve telif devir](#)” formunu sisteme yüklemelidirler.

Appendix 1. References

In accordance with generally accepted principles; author, publication year, title, publisher, page numbers and other appropriate information should be given for each reference.

Electronic references: Ordinary internet sites sources with limited credibility and permanence should not be used as an electronic reference. If a publication exists in both print and electronic versions, the print version should be preferred as a reference.

If used, electronic sources should be treated as printed sources; author, year of publication, title of the article or web page, publisher's name and place should be given. DOI numbers should be included at the end if an online-only publication is used as reference.

Periyodik dergilerde makale / Article in periodical journals

Binkley, D., Stape, J.L., Ryan, M.G., 2004. Thinking about efficiency of resource use in forests. *Forest Ecology and Management*, 193: 5-16.

Acar, H.H., Ünver, S., 2012. Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2): 97-102.

Kitap / Book

Boydak, M., Çalıkoglu, M., 2008. Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich) Biyolojisi ve Silvikültürü. Ormancılık Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, Ankara.

Oliver, C.D., Larson, B.C., 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley and Sons, New York.

Kitapta bölüm / Reference to a chapter in an edited book

Little, C.H.A., Pharis, R.P., 1995. Hormonal control of tree stem growth. In: *Plant Stems: Physiology and Functional Morphology* (Ed: Gartner, B.L.), Academic Press, New York, pp. 281-319.

Öztekin, M., 2014. *Phlomis L. (Çalbalar)*. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları (Ed., Akkemik, Ü.), Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, s: 385-389.

Tez / Thesis and dissertation

Gürlevik, N., 2002. Stand and soil responses of a loblolly pine plantation to midrotation fertilization and vegetation control. PhD Dissertation, North Carolina State University, NC, USA.

Işık, F., 1998. Kızıldağın (*Pinus brutia* Ten.) genetik çeşitlilik, kalıtım derecesi ve genetik kazancın belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Konferans bildirisi / Conference proceedings

Erdönmez, C., Ok, K., 2009. Özel ağaçlandırmaları etkileyen sosyo-ekonomik etkenler. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat, Isparta, s. 74-80.

Erkan, N., 2002. Growth performance of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) in natural forest and plantation in Turkey. Proceedings of IUFRO Meeting: Management of Fast Growing Plantations, 11-13 September, Izmit, Turkey, pp. 67-74.

Elektronik kaynak / Electronic reference

FAO, 2011. Fact and figures: Forest cover. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/forestry/28808/en/>, Accessed: 22.12.2012.

OGM, 2009. Ormancılık istatistikleri 2009. Resmi istatistik programı kapsamındaki ormancılık istatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/istatistikler/ormancilik_ist_2009.pdf, Erişim: 06.02.2013.

Ek 1. Kaynaklar

Genel kabul görmüş ilkelere uygun olarak, her bir yayının yazarı, yayın yılı, başlığı, yayıncısı, sayfa numarası ve gerekli diğer bilgileri verilmelidir.

Elektronik kaynaklar: Sıradan bir internet sitesi gibi güvenilirliği ve devamlılığı şüpheli olan elektronik kaynaklar tercih edilmemelidir. Eğer bir kaynağın hem elektronik hem de basılı hali mevcutsa, basılı olanı referans gösterilmelidir.

Eğer kullanılacaksa, elektronik kaynaklar da basılı kaynaklar gibi düşünülmeli; yazar, yayın yılı, makale veya internet sayfasının başlığı, yayıncı adı ve yeri verilmelidir. Sadece çevrimiçi yayın yapan dergilerde DOI numarası da kaynağın sonuna eklenmelidir.

Standartlar/Standarts

TS 2472, 2005. Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara

ASTM-D 1413-007, 2007. Standart test methods of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures. Annual Book of ASTM Standarts, USA.

Çeviri kaynak/Translated reference

Eyüboğlu, A.K., 1979. Fidan (Çeviri: Cleary, B.D., Greaves, R.D., Owston, P.W., 1978. Seedlings. Oregon State University, School of Forestry, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Corvallis, Oregon, USA). Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2:31-69.

Proje raporu/Project report

Yılmaz, E., Abbak, A., Kırış, R., Sayın, M.A., 2015. Orman Amenajman Planlamasının Sosyal Boyutu: Pozantı Orman İşletme Şefliğinde Örnek Uygulama. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 20.5315/2014-2015, Tarsus.

Teknik rapor/Technical report

Davis, C.T., Kellogg, L.D., 2005. Measuring Machine Productivity with the MultiDAT Datalogger: a Demonstration on Three Forest Machines. USDA Forest Service, General Technical Report, PSWGTR-194.

Keskin, S., 1989. Kokulu Ardıç (*J. foetidissima* Willd.) ve Boylu Ardıç (*J. excelsa* Bieb.) Çeliklerinin Köklendirilmesi Üzerine Çalışmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Raporlar Serisi, No: 36-39, Ankara.

Teknik bülten/Technical bulletin

Eyüboğlu, A.K., Atasoy, H., Küçük, M., 1992. Doğu Karadeniz Bölgesinde Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Orijin Denemelerinin 9 Yıllık Sonuçları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi, No: 237, Ankara.

