Cilt: 21 Sayı: 1 Haziran 2025 / Vol: 21 No: 1 June, e-ISSN 2148-7855

DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ ORMANCILIK DERGİSİ

DÜZCE UNIVERSITY FACULTY OF FORESTRY
JOURNAL OF FORESTRY

Düzce Üniversitesi Adına İmtiyaz Sahibi : Rektör Prof. Dr. Nedim SÖZBİR
Baş Editör : Prof. Dr. Engin EROĞLU

Editör Kurulu

Alan Editörleri
Prof. Dr. Kermit CROMAC Jr. (Oregon State University)
Prof. Dr. Rimvydas VASAITIS (Swedish University of Agricultural Sciences)
Prof. Dr. Jiří REMEŠ (Czech University of Life Sciences Prague)
Prof. Dr. Marc J. LINIT (University of Missouri)
Prof. Dr. Zeki DEMİR
Prof. Dr. Emrah ÇİÇEK
Prof. Dr. Dr. Derya SEVİM KORKUT
Prof. Dr. Aybike Ayfer KARADAĞ
Prof. Dr. Akif KETEN
Prof. Dr. Özgür YERLİ
Doç. Dr. Hüseyin AMBARLI
Doç. Dr. Ali Kemal ÖZBAYRAM
Doç. Dr. Çağlar AKÇAY
Doç. Dr. Hüseyin CİRİTCİOĞLU
Dr. Ögr. Üyesi Pınar KÖYLÜ
Dr. Ögr. Üyesi Hasan ÖZDEMİR
Dr. Ögr. Üyesi Tarık ÇİTGEZ
Dr. Ögr. Üyesi Muhammet ÇİL
Dr. Ögr. Üyesi Nuray ÖZTÜRK
Arş. Gör. Dr. Sertaç KAYA

Teknik Editörler
Dr. Ögr. Üyesi Ömer ÖZYÜREK
Dr. Ögr. Üyesi Muhammet ÇİL
Dr. Ögr. Üyesi Nuray ÖZTÜRK
Arş. Gör. Dr. Sertaç KAYA
Arş. Gör. Yıldız BAHÇECİ
Arş. Gör. Erkan ALTAŞ
Arş. Gör. Mevlüt GÜRSOY
Arş. Gör. Elif Can SUER

Dil Editörleri
Dr. Ögr. Üyesi Pınar KÖYLÜ
Arş.Gör. Mertkan Fahrettin TEKİNALP

Yazışma Adresi **Corresponding Address**

Düzce Üniversitesi Duzce University

Orman Fakültesi Faculty of Forestry

81620 Konuralp Yerleşkesi / Düzce-TÜRKİYE 81620 Konuralp Campus / Düzce-TURKEY

Dergi yılda iki sayı olarak yayınlanır (This journal is published semi annually)
https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod adresinden dergiye ilişkin bilgilere ve makale özetlerine ulaşılabilir
(Instructions to Authors" and "Abstracts" can be found at this address).

İÇİNDEKİLER

Modeling of Potential Distribution of *Castanea sativa* Mill. in Bolu Regional Directorate of Forestry Depending on Climate and Topographic Variables…….1
Selim KALIPÇIOĞLU, Ahmet Salih DEĞERMENCİ

3 Boyutlu Simülasyon Tekniği ile Oluşturulmuş Kent İçi Araç Sirkülasyon Koridoru Örneğinde Mevsimsel Değişimin Görsel Algıya Etkisi…….34
M. Kıvanç AK, Sena DEMİRCİ, Atakan Süha KARAYILMAZLAR, Tarık GEDİK

Analysis of OECD Countries in Terms of Foreign Trade of a Wood-Based Product Group via Hierarchical Clustering ……..…….60
Sebahattin TİRYAKİ

Isparta Gölcük Tabiat Parkının Rekreasyon Potansiyelini Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma……...……75
Büşra KUTLU, Sarıyya RAHIMBAYLI, Mert AKOĞLU

Kavak Dağı (Milas/Muğla) Vejetasyonunun Fitososyolojik Yönden İncelenmesi……..……92
Ömer VAROL, Hediye AKTAŞ AYTEPE, Kenan AKBAŞ, Yeliz DEĞERLİ

Nevşehir Kent Peyzajının Yeşil Altyapı Bağlamında Değerlendirilmesi……...……122
Bülent Ahmet ÖZMEN, Mustafa ARTAR

Ceza İnfaz Kurumları Çalışanlarının Rekreasyon Faaliyetlerinin Yaşam Kalitesine Etkileri...140
İsmail Mesut ÖZDOĞAN, Haldun MÜDERRİSOĞLU

Terk Edilmiş Maden Sahaları İçin Hazırlanan Peyzaj Rehabilitasyon Projelerinin Ticari Kârlılık Analizi Bağlamında İncelenmesi: Çaltepe Açık Mermer Ocağı Örneği, Yeşilova/Burdur...……158
Latif Gürkan KAYA, Hüseyin Samet AŞIKKUTLU, Yasin AŞIK, Serkan PALAS, Mesut Alper DEMİRBUGAN

The Evaluation of Performance Properties of CMC-Based Copolymer Hydrogels Reinforced with Cellulosic Fibers Subjected to Stepwise Chemical and Mechanical Pretreatments: Moderate Alkaline Oxidation Treatment……..….172
Asena Damla BÜYÜKÜSTÜN, Esat GÜMÜŞKAYA, Emir ERİŞİR

Yaş Dostu Kriterler Bağlamında Erişilebilir Mekan Analizi: Antalya Havalimanı Örneği…...193
Seadet Özgü TURAL, Tahsin YILMAZ

Yönetimden Yönetişime Geçiş: Çevre ve Doğal Kaynaklar Odaklı Kavramsal Bir İnceleme....210
İlke Hilal ŞENSÖZ, İdris DURUSOY

Kent Akustiği ve Ekolojik Çözümler; Bingöl Kent Merkezi Örneği…….237
Hüccet VURAL, Fatoş ÖZTEKİN, Ayşenur AKBANA

İstanbul 100. Yıl Parkı'ndaki Ağaçların Risk Analizinin Belirlenmesi ve Ağaçların Risk Yönetimi……...…265
Tuğsem SÖNMEZ, Bilal ÇETİN

Akarsu Kirliliğinin Azaltılmasında Fitoremediasyon Yaklaşımının Kullanımı……...285
Ahmet AYTEĞİN, Mehmet ÖZCAN

Artificial Intelligence in Forestry: A Comprehensive Analysis of Current Applications and Future Perspectives ……..……303
Ourania ARETA HIZIROĞLU, Tarık SEMIZ

Bursa ili Sağlıklı Kentler Birliği Belediyelerindeki Yönetim Birimlerinin Birlik Faaliyetleri ile ilgili Farkındalığının Değerlendirilmesi……335
Emine CAN, Osman UZUN

Kent Parklarında Bitki Örtüsü ve Tozlayıcı Etkileşiminin Değerlendirilmesi: Barış Mahallesi, Bursa Örneği ……..……358
Betül SÜELTÜRK, Çiğdem COŞKUN HEPCAN

Effects of Microwave Irradiation on the Color and Turbidity of Wastewater from Paper Recycling……..376
Uğur ÖZKAN, Halil Turgut ŞAHİN

Limon servi (*Cupressus Macrocarpa*) odununun seçili özelliklerinin belirlenmesi ve diğer bazı ağaç türü odunları ile karşılaştırılması……..……394
Vedat ÇAVUŞ, Bekir Cihad BAL, Nasır NARLIOĞLU

Melez Kavak (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) ve Amerikan Karakavağı (*Populus deltoides* Bartr.)'nda Klon Denemeleri……...……...…409
Cihan ATMACA, Murat ALAN, Teoman KAHRAMAN, Filiz KÜÇÜKOSMANOĞLU KAHRAMAN, Yusuf TAŞTAN

The Effects Of The First Thinning On Stand Structure In Oak and Hornbeam Mixed Stands.425
Aytekin ERTAŞ, Muhammed Ali AYDIN

Sahil Çamı Kabuk Taneni Bazlı Biyotutkal Üretimi ve Karakterizasyonu …….442
Özkan CIRRIK, Oktay GÖNÜLTAŞ

Sektörel Rekabet Gücü Analizi: Türkiye ve Asya-Pasifik Ekonomik İşbirliği Örgütü (Orman Ürünleri Sektörü Örneği)……...454
Kadri Cemil AKYÜZ, Nadir ERSEN, İlker AKYÜZ

Phenological Evaluation of Autumn Coloration in Parthenocissus quinquefolia L. using Visual Assessment and Brix Measurement ……..471
Candan KUŞ ŞAHİN, Büşra ONAY

Computer-Aided Modeling In Parametric Landscape Design……...483
Fazilet MUHAMMED ÇOLAK, Ayça Yeşim ÇAĞLAYAN

Devlet Ormanlarındaki Yayla Alanlarının Yönetimi: Düzce Bölgesi Üzerine Hukuki Bir Analiz……...504
Hakan Yasin ÖZDEMİR, Yaşar Selman GÜLTEKİN

Düzce İli Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinde İş Kazalarının Analizi…….539
Gülseren YEŞİLDAĞ, Derya Sevim KORKUT

İç Anadolu Kurak Sahalarında Ağaçlandırma Başarısını Sınırlandıran Etmenler…….552
Abdullah Hüseyin DÖNMEZ, Oktay YILDIZ

Identifying The Role of Green Spaces in Air Quality Regulation: The Case of Trakya University Balkan Campus……...565
Emine KELEŞ ÖZGENÇ

İklim Değişikliği ile Mücadele Kapsamında Dirençli Bina Tasarım Ölçütlerinin Belirlenmesi...586
Bircan Selma DELİBAŞ, Ayşen ÇOBAN

Initial Performance of Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) and Maritime Pine (*Pinus pinaster* Aiton) Afforestation in Izmir, Türkiye……...……...…….607
Hasan Ali DEMİR, Derya EŞEN

Konya Kapalı Havzası'nda Ekolojik Temelli Master Plan Önerisi……...621
Sena Şükran TÜREDİ, Mustafa VAR

The Extinction Trajectory of the Crimean Juniper (Juniperus excelsa) Species in Central Anatolia Under Global Climate Change ……..……646
Ahmet ACARER

Zonguldak Bulent Ecevit University Farabi Campus 2023 Carbon Footprint Analysis and Sustainable Solution Proposals……..673
Elif ÖZTEKİN, Gülçin DEMİREL BAYIK, Deniz KARAELMAS

Gece Peyzajı……..…685
Evren TANDOĞAN, Elmas ERDOĞAN

Rize Kent Kullanıcıları Açısından Çay Bahçelerinin Turizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Bir Çay Rotası Önerisi……...……..…718
Gülcay ERCAN OĞUZTÜRK, Filiz YÜKSEK

Transformation of Post Industrial Areas Into Public Open and Green Spaces; Ankara Maltepe Gasworks Example……739
Onur AKSOY, Merve DİLMAN GÖKKAYA, Gül SAYAN ATANUR

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp. 1-33
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/ duzceod.1656326

Modeling of Potential Distribution of *Castanea sativa* Mill. in Bolu Regional Directorate of Forestry Depending on Climate and Topographic Variables*

Castanea Sativa Mill.'in Bolu Orman Bölge Müdürlüğü Sınırları İçindeki Olası Yayılış Alanlarının İklim ve Topoğrafik Değişkenlere Bağlı Modellenmesi

Selim KALIPÇIOĞLU[1], Ahmet Salih DEĞERMENCİ[1]

Abstract

In this study, we assessed the potential impacts of climate change on *Castanea sativa* habitats using the MaxEnt model under SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios for 2050, 2070, and 2090 in the Bolu Regional Directorate of Forestry, northwestern Turkey. Bioclimatic and topographic variables were selected through ecological and correlation analyses. The model performed well, with AUC values of 0.961 (training) and 0.959 (test). Bio17 (precipitation in the driest quarter), Bio15 (precipitation seasonality), and Bio4 (temperature seasonality) were the most influential variables. Under SSP5-8.5, unsuitable areas slightly increase while high suitability areas decrease from 310.92 ha to 266.47 ha by 2090. SSP2-4.5 projects a greater reduction in high suitability (to 133.26 ha) and an increase in medium suitability areas, suggesting habitat transitions. *C. sativa* is currently found predominantly at elevations below 1000 meters, with 20.2% of suitable habitats located between 0–100 meters; in the future, the species is expected to shift to relatively lower elevations. These findings highlight the importance of adaptive forestry and conservation strategies to reduce habitat loss and fragmentation.

Keywords: Climate change, habitat suitability, SSP5-8.5, SSP2-4.5, Türkiye, Worldclim

Özet

Bu çalışmada, *Castanea sativa* (Anadolu Kestanesi) habitatlarının iklim değişikliğinden nasıl etkilenebileceği, MaxEnt tür dağılım modeli kullanılarak SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 iklim senaryoları altında 2050, 2070 ve 2090 yılları için Bolu Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında değerlendirilmiştir. Biyoklimatik ve topoğrafik değişkenler, ekolojik uygunluk ve korelasyon analizleri ile seçilmiştir. Model yüksek doğruluk göstermiştir (AUC: eğitim verisi için 0.961, test verisi için 0.959). En etkili değişkenler sırasıyla Bio17 (en kurak çeyrekte yağış), Bio15 (yağışın mevsimselliği) ve Bio4 (sıcaklık mevsimselliği) olmuştur. SSP5-8.5 senaryosunda uygun olmayan alanlar hafifçe artarken, yüksek uygunluk gösteren alanlar 310.92 hektardan 266.47 hektara düşmektedir. SSP2-4.5 senaryosu ise yüksek uygunluk alanlarında daha belirgin bir azalma (133.26 ha'ya) ve orta düzeyde uygun alanlarda artış öngörmektedir; bu da geçiş habitatlarının artabileceğini göstermektedir. *C. sativa* günümüzde çoğunlukla 1000 metrenin altındaki yükseltilerde görülmekte olup, uygun alanların %20.2'si 0–100 metre arasındadır; gelecekte bu türün nispeten daha düşük rakımlara kayması beklenmektedir. Bu sonuçlar, habitat kaybı ve parçalanmayı azaltmak için uyarlanabilir ormancılık ve koruma stratejilerinin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, habitat uygunluğu, SSP5-8.5, SSP2-4.5, Türkiye, Worldclim

Received: 12.03.2025, Revised: 24.04.2025, Accepted: 06.05.2025
Address: [1]Duzce University, Faculty of Forestry Department of Forest Engineering
E-mail: ahmetdegermenci@duzce.edu.tr
*This study is prepared based on Master thesis of first author at.

1. Introduction

In recent years, species distribution models (SDMs) have become important tools for predicting the potential geographic distribution of plant and animal species (Franklin, 2009). Climate system have a strong influence on the distribution of plant taxa and habitats (Bertrand et al., 2011). Throughout 4.5 billion years of Earth's history, climate systems have undergone continuous change. Global climate change has accelerated in recent years, with an average increase of 0.85°C over the last century. If the climate system continues to change in this way, a temperature increase of at least 0.3-1.7°C and at most 2.6-4.8°C is projected by 2100 (IPCC, 2014). Many species with limited habitats are affected and face the threat of habitat loss and extinction (Thuiller et al., 2005; Lawler et al., 2009; Cobben et al., 2015; Ashraf et al., 2016; Yi et al., 2016; Zhang et al., 2018). In this sense, such studies are important to observe future distribution areas and populations of plants and to take conservation measures in advance if necessary (Gaston and Blackburn, 1996).

Different models were used to determine species distributions. The most widely used habitat suitability models include ENFA (ecological niche factor analysis), GARP (genetic algorithm for rule-set prediction) and MaxEnt (Maximum Entropy) (Zhang et al. 2022; Li et al., 2023). Maxent is a modelling technique based on the principle of maximum entropy that uses existing species distribution data to determine the probability distributions associated with environmental variables (Elith and Leathwick, 2009). This model is preferred in many studies, particularly because of its ability to work with limited datasets. Many studies have been conducted in Turkey and worldwide to determine the potential distribution of species using species distribution models (Beaumont et al., 2008; Williams et al., 2009; Beale and Lennon, 2012; Wisz et al., 2013; Akyol and Örücü, 2019; Koç et al., 2022; Gabor et al., 2022; Uzun and Örücü, 2023; Dutucu, 2023; Cedano Giraldo and Küçüker, 2023).

Turkey is located in the Mediterranean climate zone and is one of the regions affected by climate change. Similar to all plant species in this climate zone, the tree species *C. sativa* shows changes in habitat area due to climate change. Studies have also highlighted that the range of *C. sativa*'s will decrease. Metreveli et al. investigated the potential distribution and suitable habitats of *C. sativa*. In this study, the distribution of *C. sativa* was modelled using the Chelsa and WorldClim climate datasets, and potential habitat changes were assessed under climate change scenarios. The results showed that the distribution of *C. sativa* is significantly affected by climate change (Metreveli et al., 2023). In another important study, Beridze et al. identified conservation priorities for *C. sativa* populations in the South

Caucasus using genetic and ecological metrics. The study predicted that *C. sativa* could experience a 70% decline in distribution under climate change (Beridze et al., 2023). Dutucu used MaxEnt-based species distribution modelling to determine the potential range of Anatolian chestnut (*Castanea sativa*) today and in 2100. According to climate projections, suitable habitat areas will decrease by 33.9% in the SSP2-4.5 scenario and by 79.7% in the SSP5-8.5 scenario, with highly suitable areas shrinking, particularly in the Black Sea and Marmara regions (Dutucu, 2023). *C. sativa* is an important tree species for ecosystems in Turkey and worldwide. The species has a wide range of economic and ecological benefits. Turkey plays an important role in the production of *C. Sativa,* and the conservation and sustainable management of this species are crucial for both the local economy and biodiversity.

The use of species distribution models is essential for the conservation of ecosystems and sustainable management of biodiversity. Models such as Maxent provide an effective tool for understanding the environmental factors that influence species distribution and for predicting future scenarios of change. In this context, studies conducted worldwide and in Turkey have provided essential information for species conservation and habitat management. The modelling capabilities provided by Maxent play a vital role in maintaining ecosystem health and preserving biodiversity.

In recent years, various studies have modelled the potential distribution of *Castanea sativa* under climate change scenarios using species distribution models, particularly MaxEnt. These studies commonly rely on bioclimatic variables derived from sources such as WorldClim and employ future projections based on SSP scenarios. While there is a degree of methodological convergence in the general modeling framework, important differences exist in terms of study area, baseline climate data, variable selection, and ecological scope. Unlike previous research, which often applies standard baseline datasets and primarily focuses on horizontal (spatial) distribution patterns, the present study uses a distinct set of current climate data tailored to the ecological conditions of the Bolu Regional Directorate of Forestry. Moreover, this study uniquely incorporates a detailed assessment of the vertical (elevational) distribution of *C. sativa*, providing a more comprehensive understanding of habitat shifts under changing climate conditions. Additionally, the use of 1014 occurrence points ensures high model reliability and robustness. These aspects collectively form the core of the study's originality, offering region-specific insights and practical implications for the sustainable management and conservation of *C. sativa* in northwestern Turkey.

2. Material and Method

2.1. Study Area

The Bolu Regional Directorate of Forestry (BRDF), which covers the provinces of Duzce and Bolu in northwestern Turkey, was selected for this study. The working area, 30°29'00" - 32°38'00" east longitude and 40°03'00" - 41°10'00" north latitude, has a topography that rises to 2400 m above sea level (Figure 1). With a total area of 983901.2 hectares, approximately 60% of the BRDF is forested. Karadere, Seben and Aladağ forests stand out among the important forest areas in the region and are rich ecosystems with both high biodiversity and high quality timber production. In addition, the Aladağ Forests, which were among the first FSC-certified forests in Turkey, are also located in this study area.

The Abant Mountains form an important part of the study area, and are located in the Euro-Siberian phytogeographic zone. The region serves as an ecological boundary between the Euxine floristic region connected to the Black Sea coast and the Irano-Turanian floristic region extending to Central Anatolia (Sargıncı and Beyazyüz, 2022; Aydın and Sivri, 2023). The study area is located in a continental climate zone, and according to 30-year climate data, the average daily sunshine duration is 5.2 hours, the average annual precipitation is 691 mm, the average annual number of rainy days is 136, and the average annual temperature is 10.5 °C (Öztürk et al., 2017).

In terms of vegetation cover, broadleaf species are widespread at low altitudes and coniferous species are widespread at high altitudes (Öztürk et al., 2017). As part of the study, the distribution areas of *Castanea sativa* were identified based on stand type maps obtained from forest management plans. Spatial analyses were conducted using ArcGIS software, through which all stands containing *C. sativa*, either as pure or mixed formations, were selected via attribute-based querying. Subsequently, presence points were systematically assigned to these identified stands to be used in the modeling process (Figure 1).

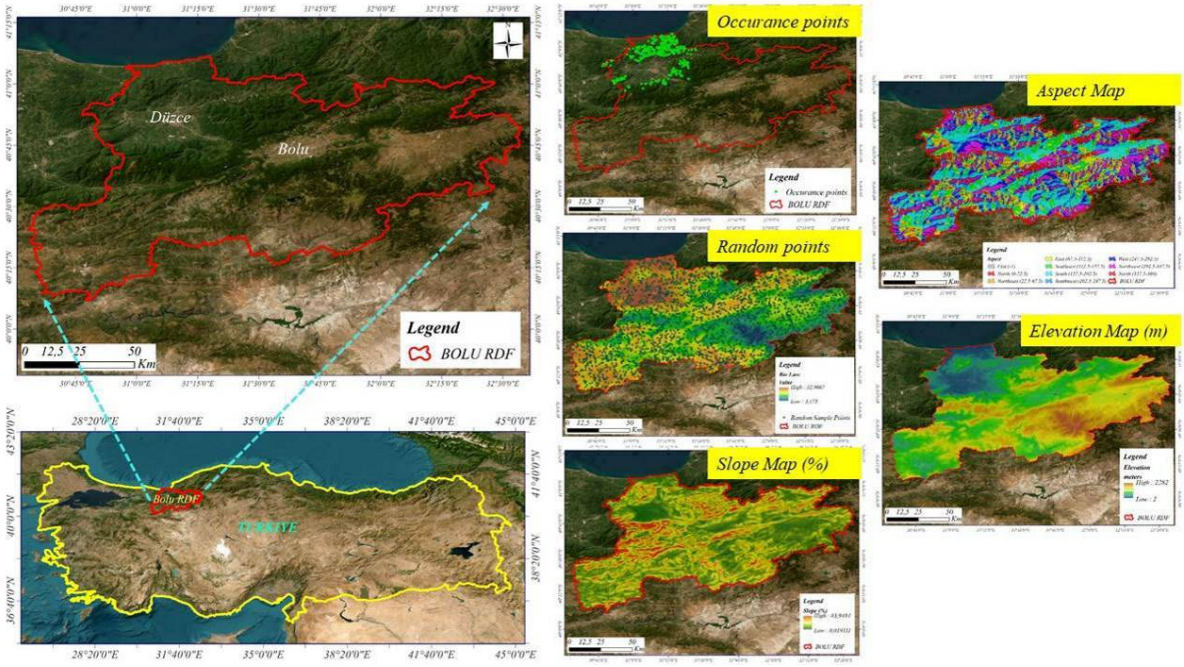


Figure 1. Geographical location of the study area and some descriptive maps.

2.2. Environmental Data

The WorldClim 2.1 database (WorldClim, 2020) was used to determine the potential range of the species. This dataset, published in 2020, contains monthly minimum, maximum, and average temperatures, precipitation, wind speed, water vapor pressure, solar radiation and total precipitation data from 1970 to 2000. It also includes 19 different bioclimatic variables that are commonly used to understand the ecological requirements of species (Fick and Hijmans, 2017).

Climate data with a spatial resolution of 30 arc-seconds (approximately 1 km²) were used to determine the current distribution range of the species. In addition, topographic variables elevation, slope, and aspect were derived from a digital elevation model (DEM) generated using 10-meter interval contour lines through TIN (Triangulated Irregular Network) interpolation in ArcGIS. The resulting DEM was then used to calculate slope and aspect maps. All topographic layers were resampled to match the spatial resolution of the bioclimatic data obtained from WorldClim (30 arc-seconds) to ensure consistency in the analysis. All spatial processing and analyses were carried out using ArcGIS software (Table 1).

In the modelling process, the MaxEnt model was used to assess the contribution of environmental variables to the species' distribution. The model was run with 500 replicates to ensure robustness and reliability of the results, in line with recommendations in the

literature (Pearson et al., 2007). The jackknife test was employed to evaluate the sensitivity of the model to each variable. This test revealed the relative importance of each environmental predictor and identified the key factors shaping the ecological niche of the species.

Table 1. Worlclim data used in the study environmental variables.

Variable	Parameters	Unit
Bio1	Annual mean temperature	°C
Bio2	Mean diurnal range [mean of monthly (max temp–min temp)]	°C
Bio3	Isothermality (bio2/bio7) (* 100)	°C
Bio4	Temperature seasonality (standard deviation *100)	°C
Bio5	Max temperature of warmest month	°C
Bio6	Min temperature of coldest month	°C
Bio7	Temperature annual range (bio5–bio6)	°C
Bio8	Mean temperature of wettest quarter	°C
Bio9	Mean temperature of driest quarter	°C
Bio10	Mean temperature of warmest quarter	°C
Bio11	Mean temperature of coldest quarter	°C
Bio12	Annual precipitation	mm
Bio13	Precipitation of wettest month	mm
Bio14	Precipitation of driest month	mm
Bio15	Precipitation seasonality (coefficient of variation: mean/sd*100)	%
Bio16	Precipitation of wettest quarter	mm
Bio17	Precipitation of driest quarter	mm
Bio18	Precipitation of warmest quarter	mm
Bio19	Precipitation of coldest quarter	mm
Elevation	Elevation	m
Aspect	Aspect	Degrees
Slope	Slope	%

In this study, the Institute Pierre Simon Laplace Climate Modelling (IPSL CM6A-LR) climate model was used to estimate the potential future range of species. The IPSL CM6A-LR is the latest version of the IPSL climate model and provides robust projections of climate change scenarios. Future scenarios were determined using the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) scenarios developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in its 6th Assessment Report (IPCC, 2020). These scenarios cover climate projections for the 21st century and have been developed to model possible future trends in greenhouse-gas emissions.

In CMIP6, the Representative Concentration Pathways (RCPs) used in previous climate projections have been updated and renamed shared socio-economic pathways (SSPs). The new SSP scenarios provide a multi-dimensional approach that includes not only greenhouse gas concentrations but also economic, social, and political variables (O'Neill et al., 2016; CarbonBrief, 2018). The RCP and SSP scenarios worked together to help model future global emission trends and their environmental impact.

2.3. General SSP scenarios and scenarios used in the study

SSP1-2.6 (Sustainability Scenario): A low-emissions future is envisaged, prioritizing environmental sustainability and social equity. SSP2-4.5 (Middle Path Scenario): Global development progresses unevenly while climate policies are partially implemented. SSP4-6.0 (Rising inequality scenario): Economic and social inequalities are evident and climate policies are limited. SSP5-8.5 (fossil fuel-dominated scenario): A high-emissions future characterized by rapid economic growth and increased use of fossil fuels (O'Neill et al., 2016; CarbonBrief, 2018).

In this study, SSP2-4.5 (medium emissions scenario) and SSP5-8.5 (high emissions scenario) were used. The modelling evaluated projections for the periods 2050 (2041-2060), 2070 (2061-2080) and 2090 (2081-2100). The current and future ranges of *C. sativa* were determined separately using the MaxEnt model, according to the selected climate scenarios. In addition, to analyze the vertical distribution of the species, elevation data in the study area were evaluated by classifying them at 100 m intervals.

In order to minimize multicollinearity among the environmental variables and enhance the predictive power of the model, a correlation analysis was first conducted on the 19 bioclimatic variables using SPSS 23.0. Pairwise Pearson correlation coefficients were calculated, and in line with common practice, when the correlation between two variables exceeded 0.80 ($|r| > 0.80$), one of them was excluded to avoid redundancy. The variable selection process was based not only on statistical correlation but also on the ecological relevance and interpretability of the variables. All environmental variables were resampled and calibrated to the same spatial resolution (30 arc-seconds, ~1 km²) to ensure compatibility before the analysis.

Although principal component analysis (PCA) was conducted to visualize the overall correlation structure and identify clusters of related variables, it was not used for direct variable reduction in this study. Instead, variable elimination was based on pairwise correlation analysis and expert judgment, in line with previous studies emphasizing ecological rationale in predictor selection.

For the MaxEnt model, 75% of the data were selected for model training, and 25% for model testing (Phillips and Dudik, 2008). The receiver operating characteristic (ROC) curve and area under the ROC curve (AUC) values were used to evaluate the performance of the model (Wang et al., 2007; Phillips et al., 2017). The AUC value determined whether the model was better than a random estimate. An AUC > 0.5 means that the model is better than

a random guess (Phillips and Elith, 2010). The closer the AUC is to 1, the better the accuracy and complementarity of the model.

The MaxEnt model results were converted into distribution maps using ArcGIS 10.8TM software. In the model, the distribution of a species is represented by a value between 0-1, and as these values approach 1, the probability of the species occurring in these areas increases. In the current and potential future distribution maps, suitability categories were classified based on the preferred areas in the studies. Habitat suitability values were classified as 0-0.25 (not suitable), 0.25-0.5 (low), 0.5-0.75 (medium) and 0.75-1 (high) (Yan et al., 2021; Neldner, 2014; Aouinti et al., 2022). This classification was used to calculate estimated distribution areas in hectares (ha) (Çoban et al., 2020). The selection of variables during the modelling process increased the predictive power of the model, resulting in more reliable and ecologically meaningful results

3. Results and Discussion

3.1. Correlation Analysis and Selected Variables

When selecting the WorldClim variables to be used in the MaxEnt model, the problem of multicollinearity was minimized by selecting only one of the highly correlated variables ($r>0.8$). In particular, only one of the variables with correlation values above 0.8 was used. In addition, ecologically and biologically significant variables that were relevant to the subject of the study and that directly influenced the distribution of the species were selected. To improve the performance of the model, a balanced representation of both temperature and precipitation related variables was considered. The correlation coefficients between variables are shown on a color scale, with red shading indicating a strong positive correlation (close to $r = 1.0$) and blue shading indicating a strong negative correlation (close to $r = -1.0$) (Figure 2). In line with this analysis, only one of the highly correlated pairs of variables was preferred when selecting variables to be included in the model.

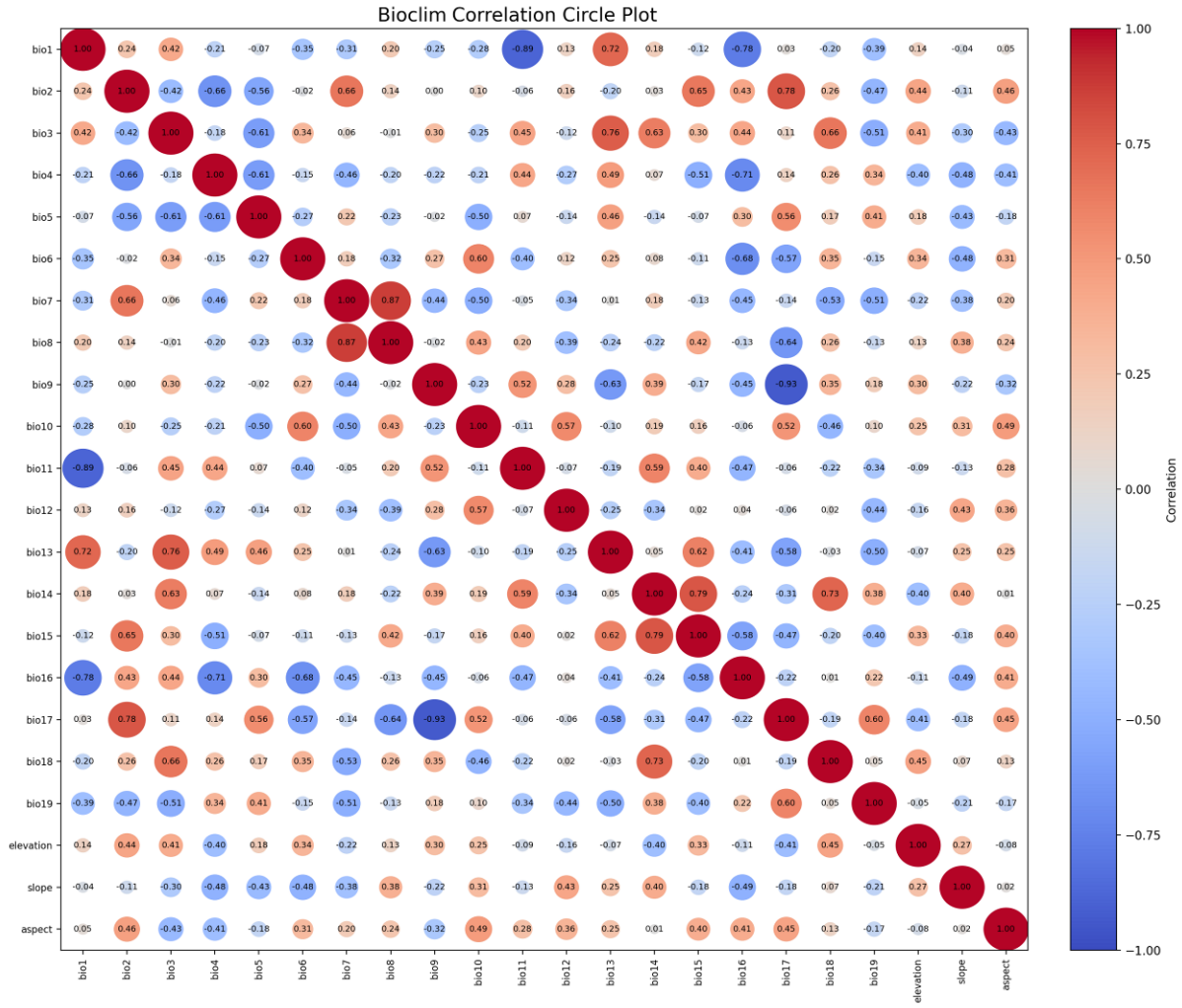


Figure 2. Correlation analysis results of Bioclim variables used in the MaxEnt model.

As a result of the correlation analysis, the preferred climate variables in this study were determined based on their use and importance in habitat suitability models. The variables used are, Bio1 (Annual Mean Temperature); average temperature throughout the year to show broad ecological tolerance, Bio4 (Temperature Seasonality); to determine temperature variability and adaptive capacity of trees, Bio5 (Max Temperature of Warmest Month); to determine tolerance of tree species to extreme temperatures, Bio6 (Min Temperature of Coldest Month); for its importance in measuring survival potential during cold periods, Bio10 (Mean Temperature of Warmest Quarter); to evaluate the effect of temperature, especially during growth periods, Bio12 (Annual Precipitation); to determine water availability in general, Bio15 (Precipitation Seasonality); to determine water availability in general, Bio15 (Seasonality of Precipitation); because it helps to understand drought resilience by measuring the variability of precipitation over the year, Bio16 (Precipitation of Wettest Quarter); because of the amount of precipitation during the wettest period and its

critical role in growth, and finally Bio17 (Precipitation of Driest Quarter); because they are important for understanding water availability during dry periods.

The use of additional environmental variables, such as elevation, slope, and aspect, along with bioclimate data in MaxEnt species distribution modelling is critical to more accurately predict species distribution. These variables play an important role in understanding species' habitat preferences and ecological requirements. Bioclimate data represent climatic factors, whereas topographic variables such as elevation, slope, and aspect reflect the physical environmental conditions that influence species distribution. For example, altitude directly influences variation on vegetation and climatic conditions. The growth conditions of plant species change as temperature decreases at higher altitudes. Therefore, it is necessary to include elevation data to estimate species distribution at high and low elevations. Tam et al. (2024) reported that topographic variables such as slope and aspect are important factors affecting species distribution. They emphasized that slope affects vegetation development by influencing water flow and soil erosion, and that areas with steep slopes generally retain less water, whereas flat areas allow water to accumulate. This, in turn, could affect plant species preferences. Aspects also have an important effect on plant growth by influencing the length of time plants are exposed to sunlight. Sunny aspects increase the ability of plants to photosynthese, whereas shady aspects may have less vegetation cover (Merow et al., 2013). The MaxEnt model predicts potential species distribution using a combination of these environmental variables. By analyzing the environmental factors that influence the current distribution of species, the model determines the impact of these factors on the distribution of species (Chhogyel et al., 2020). Therefore, using variables such as elevation, slope, and aspect in combination with bioclimate data, increases the accuracy of species distribution models and provides more robust data for species conservation and management (Mollah et al., 2021).

3.2. MaxEnt model results

The Receiver Operating Characteristic (ROC) curve was used to evaluate the predictive ability of the MaxEnt model, and the area under the curve (AUC) was calculated. An AUC value of 0.961 was obtained for the training data, and 0.959 for the test data (Figure 4a). These values indicate that the model predicts species distribution with high accuracy, which is well above the level of random guessing (AUC = 0.5). The high performance of the model suggests that it accurately reflects the effects of the environmental variables on the ecological niche of *Castanea sativa*. In addition, to assess the error rates of the model and

the size of the predicted area, the omission and predicted area plots were analyzed, which show the error rates of the model for different cumulative thresholds. For example, for a cumulative threshold of 10,000, the model recorded an omission rate of 6.3% for the training data and a predicted area of 10.1% for the test data. These results suggest that the model performed in a balanced manner, avoiding the risk of overfitting (Figure 4b).Overfitting causes the model to become too dependent on the training data alone, resulting in poor performance on new data. However, this analysis shows that the model captures the overall distribution well and has a generalizable predictive power.

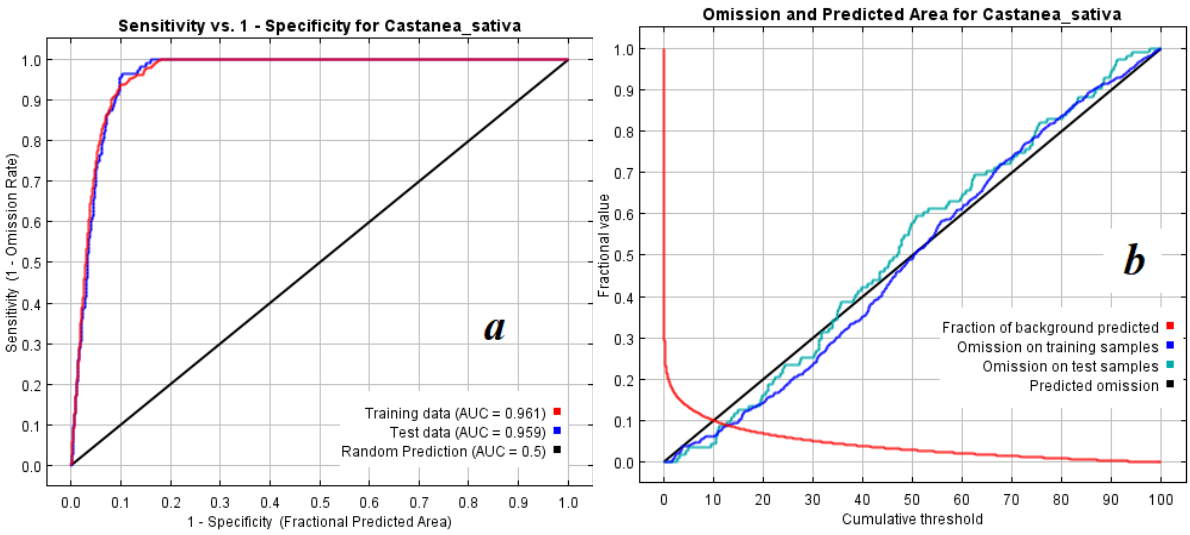


Figure 4. Prediction power and error rates of the MaxEnt model.

According to the MaxEnt model, the most influential environmental variables affecting the potential distribution of *Castanea sativa* were related to precipitation and temperature. As shown in Table 2, the variable with the highest percent contribution to the model was Bio17 (precipitation in the driest quarter) at 42.2%, followed by Bio15 (precipitation seasonality) at 27.6%, and Bio4 (temperature seasonality) at 15.7%. Among these, Bio4 also had the highest permutation importance (53.4%), indicating that it contains substantial unique information critical to model performance. Temperature variables such as Bio5 (maximum temperature of the warmest month, 9.7%) and Bio6 (minimum temperature of the coldest month, 1.5%) also contributed to the model. In contrast, several other variables such as Bio1 (annual mean temperature), Bio10 (mean temperature of warmest quarter), Bio12 (annual precipitation), and Bio16 (precipitation of wettest quarter) showed limited contributions (all below 1%). Furthermore, topographic variables including aspect and slope had minimal influence on the model, both in terms of percent contribution and permutation importance (≤0.2%), suggesting that these variables play a negligible role in shaping the

distribution of the species in the study area. While elevation had a slightly higher permutation importance (12.2%), its percent contribution (1.2%) remained low, indicating a relatively limited explanatory power compared to the dominant climatic variables.(Table 2).

Table 2. Contributions of variables to the model.

Variable	Percent contribution	Permutation importance
bio17	42.2	0.7
bio15	27.6	19.6
bio4	15.7	53.4
bio5	9.7	2.1
bio6	1.5	7.1
elevation	1.2	12.2
bio12	0.7	0.1
bio16	0.6	3.5
bio1	0.4	1.2
aspect	0.2	0.2
slope	0	0
bio10	0	0

According to the results of the jackknife test, which is used to evaluate the individual impact of environmental variables on the model and to determine which variables provide the most information and which variables the model is more dependent on, Bio4 alone provides the most information (Figure 5a). This shows that elevation carries important information that the model can learn independently of the other variables. The AUC-based analysis also confirmed that Bio4 and elevation made the greatest contribution to model performance (Figure 5c).

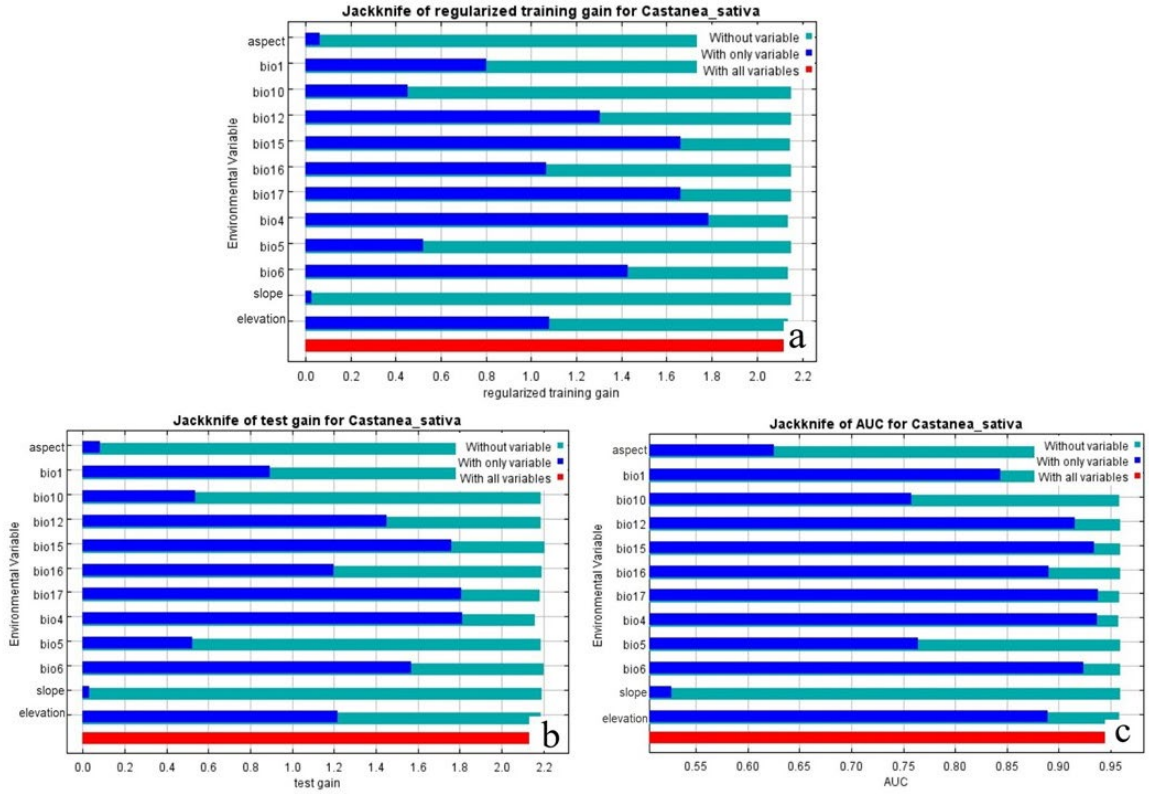


Figure 5. MaxEnt model Jacknife variable importance test results.

When all these results are evaluated together, it is understood that the rainfall regime and temperature variability are the most determining factors for the distribution of *Castanea sativa*. Precipitation variables, such as Bio17 and Bio15, play a critical role in defining suitable habitats for the species, while temperature fluctuations also stand out as important factors affecting habitat suitability. In addition, elevation is an important variable that increases the power of the model and shapes ecological niches.

3.3. Findings on Horizontal Distributions

When the current distribution of the *C. sativa* tree species from the existing data was examined with the MaxEnt, it was observed that 92.2% of the BRDF was not suitable. Of the total area, 4.2% were classified as low suitability, 3.51% as medium suitability, and 0.03% as very suitable (Table 3 and Figure 6).

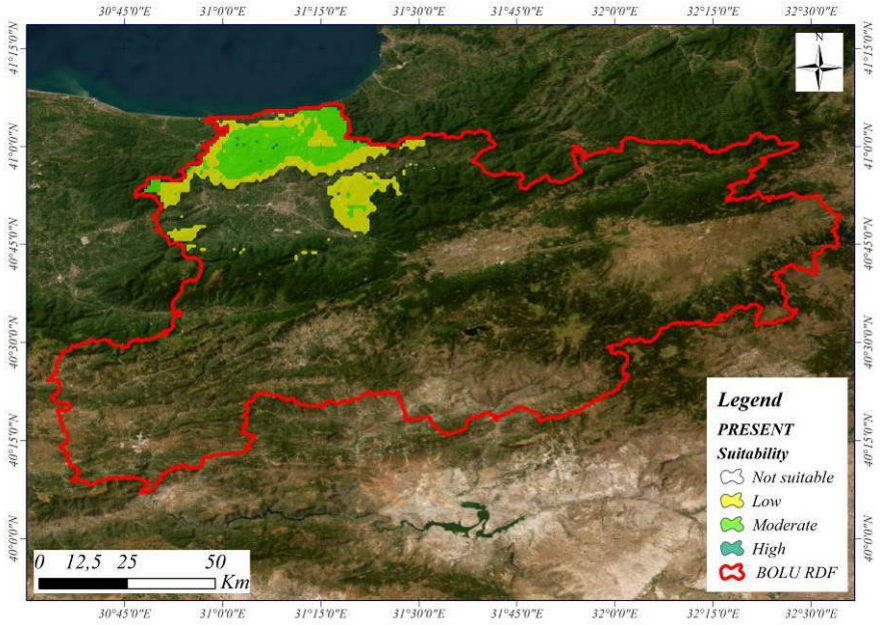


Figure 6. Current distribution areas of C. sativa tree species according to MaxEnt Model.

According to the SSP5-8.5 scenario, the not suitable areas for the tree species *C. sativa* increase by 2518.2 ha to 910104.2 ha in 2050. There was a transition of 3848.7 ha from the not suitable class to the low suitable class. It is expected that 189.74 ha will be transferred from the high to moderate suitability class. In addition, 3147 ha are projected to shift from the moderate to the low suitability class, while 100.8 ha may transition to the high suitability class (Table 3).

Table 3. Areal changes and transitions between the current situation and SSP5-8.5 scenario for 2050.

Suitability		SSP5-8.5_2050 (Area -ha)					
		Not suitable	Low	Moderate	High	Total	%
Present	Not suitable	903737.18	3848.74			907585.92	92.24
	Low	6241.26	31034.55	4144.59		41420.40	4.21
	Moderate	125.72	3147.01	31210.42	100.86	34584.00	3.51
	High			189.74	121.18	310.92	0.03
	Total	910104.16	38030.29	35544.75	222.04	983901.24	100.00
	%	92.50	3.87	3.61	0.02	100.00	

In the 2050-2070 period of the SSP5-8.5 climate scenario, it is estimated that 3966.7 ha of low suitability areas will transition to not suitability areas and 1180 ha to moderately suitable areas. The model predicts that 2703.4 ha of moderate suitability will become low suitability and 88.9 ha high suitability (Table 4). It is also estimated that 2988.1 ha will move from not suitable to low suitable and 24.69 ha to moderate suitability.

Table 4. Expected land status and transitions between 2050 and 2070 in the SSP5-8.5 scenario.

Suitability		SSP5-8.5_2070 (Area-ha)					
		Not suitable	Low	Moderate	High	Total	%
SSP5-8.5_2050	Not suitable	907091.33	2988.14	24.69		910104.16	92.50
	Low	3966.74	32883.28	1180.28		38030.29	3.87
	Moderate		2703.49	32752.33	88.92	35544.75	3.61
	High				222.04	222.04	0.02
	Total	911058.07	38574.91	33957.30	310.96	983901.24	100.00
	%	92.60	3.92	3.45	0.03	100.00	

In the 2070-2090 period of the SSP5-8.5 climate scenario, it is estimated that there will be a transition of 3907,55 ha from low to not Suitable and 7,12 ha from moderate to not Suitable and the amount of not Suitable areas is predicted to increase in each period. An area of 3077,07 ha is expected to move from the moderate to low suitability class and 44,43 ha to the high suitability class. It is estimated that an area of approximately 88.92 ha will move from the high suitability class to the moderate suitability class. (Table 5). In the projection for 2090, it is estimated that there will be a return to the moderate suitability class, especially in the high suitability areas, and according which, *C. sativa* species will shrink in their distribution areas.

Table 5. Land status and transitions expected between 2070 and 2090 in the SSP5-8.5 scenario.

Suitability		SSP5-8.5_2090 (Area-ha)					
		Not suitable	Low	Moderate	High	Total	%
SSP5-8.5_2070	Not suitable	906028,33	5016.58	13.15		911058.07	92.60
	Low	3907.55	30698.97	3968.38	0.00	38574.91	3.92
	Moderate	7.12	3077.07	30828.68	44.43	33957.30	3.45
	High			88.92	222.04	310.96	0.03
	Total	909943.00	38792.63	34899.14	266.47	983901.24	100.00
	%	92.48	3.94	3.55	0.03	100.00	

According to the climate scenario SSP5-8.5, it is assumed that there will be a decrease and narrowing of suitable distribution areas in the horizontal distribution of the tree species *C. sativa*. It can be seen that the areas suitable for the horizontal distribution of the species are generally located in the areas up to 1000 m altitude and within the borders of Düzce province. The distribution of suitability by year is shown in Figure 7 a, b and c.

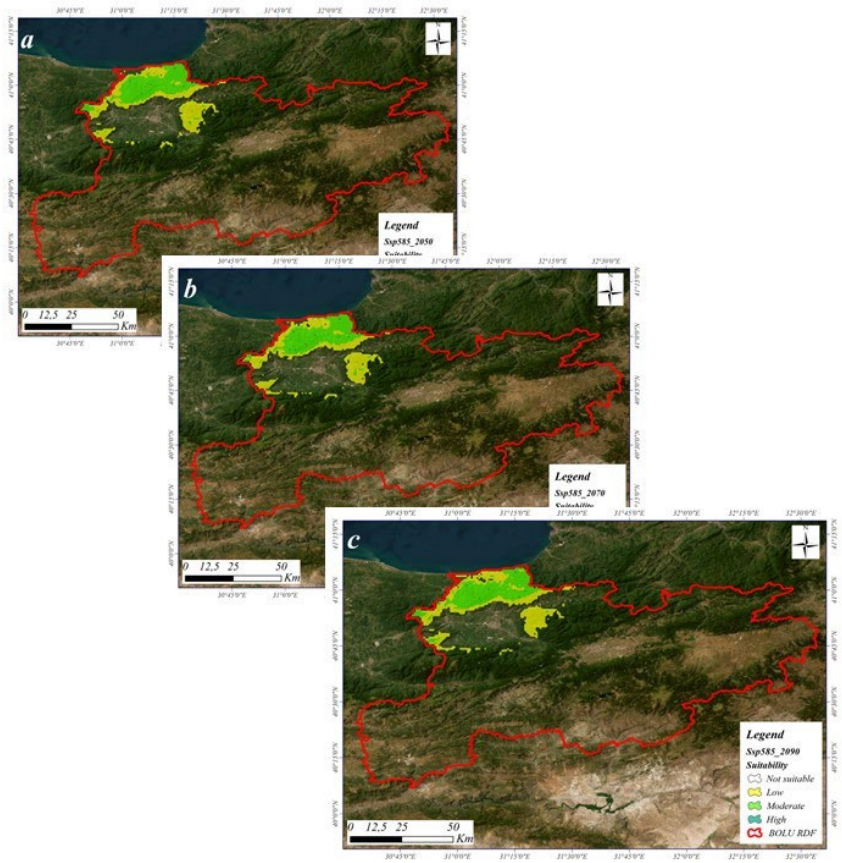


Figure 7. Habitat suitability maps of the tree species C. sativa according to SSP5-8.5 climate scenario and MaxEnt model a) 2050 b) 2070 and c) 2090.

According to the SSP2-4.5 climate scenario, not suitable areas for *C. sativa* will increase by 6681 ha to 914266.9 ha in 2050. In addition, it is estimated that 3806.56 ha of the currently unsuitable areas will move to the low suitability class and 131.9 ha to the medium suitability class. While a net decrease of approximately 8638 ha is expected in the low suitability class, it is predicted that 9754,89 ha will move into not suitable areas and 4694.51 ha will move into the medium suitability class. It is estimated that 864.59 ha of moderate suitability will be transferred to not suitable areas, 2004.87 ha to low suitability and 145.39 ha to high suitability areas. It was estimated that 234.15 ha of high suitability areas would be transformed into areas of moderate suitability (Table 6). With all these transitions and transformations, an increase of 2045.7 ha occurred only in areas of moderate suitability among the areas suitable for the tree species *C. sativa*. A decrease was expected in the areas of other suitability classes (Figure 8 a).

Table 6. Area changes and transitions between the current situation and the SSP2-4.5 scenario for 2050.

Suitability		SSP2-4.5_2050 (Area-ha)					
		Not suitable	Low	Moderate	High	Total	%
Present	Not suitable	903647.46	3806.56	131.90		907585.92	92.24
	Low	9754.89	26970.99	4694.51		41420.40	4.21
	Moderate	864.59	2004.87	31569.14	145.39	34584.00	3.51
	High			234.15	76.77	310.92	0.03
	Total	914266.94	32782.43	36629.70	222.16	983901.24	100.00
	%	92.92	3.33	3.72	0.02	100.00	

According to the SSP2-4.5 climate scenario, 3807.69 hectares of low suitability areas and 3.62 hectares of moderate suitability areas are expected to become unsuitable areas in the period 2050-2070. 7450.94 ha and 3428.52 ha areas converted to low suitability area from not suitable and moderate areas respectively. In the moderate class, it is estimated that 378.4 ha will be converted from the not suitable class, 2180.6 ha from the low suitability class and 133.3 ha from the high suitability class. As a result of all these conversions and transitions that may occur during this period, only the low suitability class is expected to increase, while the other suitability classes are expected to decrease (Figure 8 b).

Table 7. Land status and transitions expected between 2050 and 2070 according to SSP2-4.5 scenario.

Suitability		SSP2-4.5_2070 (Area-ha)					
		Not suitable	Low	Moderate	High	Total	%
SSP2-4.5_2050	Not suitable	906437.59	7450.94	378.41		914266.94	92.92
	Low	3807.69	26794.12	2180.61		32782.43	3.33
	Moderate	3.62	3428.52	33153.16	44.41	36629.70	3.72
	High			133.31	88.86	222.16	0.02
	Total	910248.90	37673.58	35845.49	133.26	983901.24	100.00
	%	92.51	3.83	3.64	0.01	100.00	

In the SSP2-4.5 climate scenario 2070-2090, 3910.19 ha of unsuitable area is projected to change to low suitability and 19.73 ha to medium suitability for C. sativa tree species distribution. It is foreseen that 6475.5 ha of low suitability areas will turn into not suitable areas and 3230.09 ha into moderate suitability areas. From the areas of moderate suitability, 7.9 ha will be converted to not suitable areas, 2825.9 ha to low suitability and 44.4 ha to high suitability. A transition of 44.4 ha from high to medium suitability was expected (Table 8).

As a result, an increase of 2553.5 ha in not suitable areas and 415.9 ha in moderate areas is expected over this period, whereas a decrease of 2969.5 ha is expected in low areas. In the high areas, no change in the total area was expected as a result of the transitions (Figure 8c).

Table 8. Land status and transitions expected between 2070 and 2090 according to SSP2-4.5 scenario.

Suitability		SSP2-4.5_2090 (Area-ha)					
		Not suitable	Low	Moderate	High	Total	%
SSP2-4.5_2070	Not suitable	906318.98	3910.19	19.73		910248.90	92.51
	Low	6475.50	27967.99	3230.09		37673.58	3.83
	Moderate	7.93	2825.93	32967.22	44.41	35845.49	3.64
	High			44.42	88.85	133.26	0.01
	Total	912802.41	34704.11	36261.46	133.26	983901.24	100.00
	%	92.77	3.53	3.69	0.01	100.00	

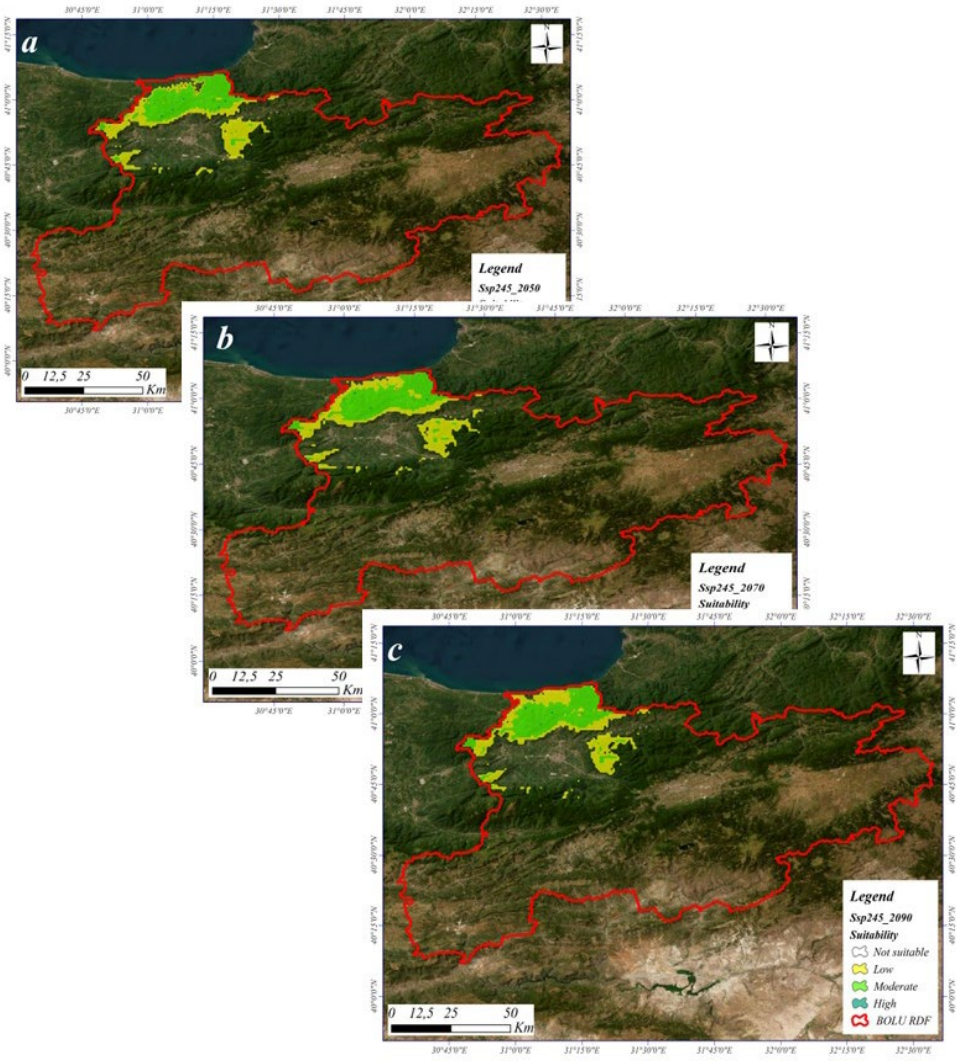


Figure 8. Habitat suitability maps of the tree species C. sativa according to SSP2-4.5 climate scenario and MaxEnt model a) 2050 b) 2070 and c) 2090.

Assessing the current situation of both climate scenarios and the projections for 2090, in the SSP5-8.5 scenario, where economic and social inequalities are evident and climate policies are limited, an increase of 2357 ha in not suitable areas and 315 ha in areas of moderate suitability is expected, while a decrease of 2627.7 ha in areas of low suitability and 44.5 ha in areas of high suitability are predicted. According to the SSP5-8.5 climate scenario, especially low suitability areas in the distribution of *C. sativa* will become not suitable areas (Table 9). In the SSP2-4.5 climate scenario, which is based on the assumption of unbalanced global development and partial implementation of climate policies, a higher increase of 2859.4 ha in not suitable areas is expected compared with the SSP5-8.5 scenario. Overall, for Ssp2-4.5, not suitable areas are expected to increase by 5216.5 ha and moderate areas by 1677.5 ha, while low suitability areas are expected to decrease by 6716.3 ha and high suitability areas by 177.6 ha (Table 9). When analysing the general table, it is estimated that the low suitability areas of the C. sativa tree species distribution areas will decrease significantly, and the high suitability areas will transition into moderately suitable areas. However, it is important to note that a significant portion of this decrease in low suitability areas shifts to moderate areas, while a larger portion shifts to not suitable areas.

Table 9. Current and 2090 land conditions and transitions according to SSP5-8.5 and SSP2-4.5 scenarios.

Suitability		**SSP5-8.5_2090 (Area-ha)**				
		Not suitable	Low	Moderate	High	Total
Present	Not suitable	902191.70	5357.18	37.04		907585.92
	Low	7115.56	29631.17	4673.66		41420.40
	Moderate	635.74	3804.28	29998.69	145.29	34584.00
	High			189.74	121.18	310.92
	Total	**909943.00**	**38792.63**	**34899.14**	**266.47**	**983901.24**
	SSP2-4.5_2090 (Area-ha)					
	Not suitable	904908.74	2660.52	16.66		907585.92
	Low	7828.84	28447.30	5144.25		41420.40
	Moderate	64.83	3596.29	30910.79	12.08	34584.00
	High			189.74	121.18	310.92
	Total	**912802.41**	**34704.11**	**36261.46**	**133.26**	**983901.24**

According to the probable distribution scenarios of the current situation and climate scenarios for the year 2090, 53 different regions in the SSP2-4.5 scenario and 52 different regions in the SSP5-8.5 scenario will move from Not Suitable to Low Suitable areas (Table 10). It is estimated that 44 different regions in the SSP2-4.5 scenario and 40 different regions

in the SSP5-8.5 scenario will move from low to not suitable areas. It is predicted that 43 different areas will move from low to moderate suitability under SSP2-4.5 and 44 different areas under SSP5-8.5. From the moderate suitability areas, 45 areas were predicted to change to Low suitability areas under both scenarios. Although the same number of areas are changed, the different sizes and locations of the pieces result in different areas. In other suitability classes, transitions were expected to occur in small areas. In the SSP2-4.5, areas maintaining their current suitability status in 2090 represent 98% of the total area, whereas in the SSP5-8.5, this proportion is 97.8%. In summary, according to the scenarios, changes in suitability classes in *C. sativa* distribution areas were expected at rates corresponding to 2-2.5% of the total area. Of course, the rate of 2% may seem very low here, but in the BRDF, the proportion of areas that are not suitable at all for *C. sativa* distribution is approximately 92% (Figure 9).

Table 10. Expected land transitions according to climate scenarios.

Suitibility Transitions (Present to 2090)		SSP2-4.5		SSP5-8.5	
		Count	Area (ha)	Count	Area (ha)
Present	Not suitable to Low	53	2660.52	52	5357.18
	Not suitable to Moderate	3	16.66	2	37.04
	Low to Not suitable	44	7828.84	40	7115.56
	Low to Moderate	43	5144.25	44	4673.66
	Moderate to Not suitable	2	64.83	6	635.74
	Moderate to Low	45	3596.29	45	3804.28
	Moderate to High	1	12.08	4	145.29
	High to Moderate	5	189.74	5	189.74
	Unchange	166	964388	164	961942.72
	Total	362	983901.21	362	983901.21

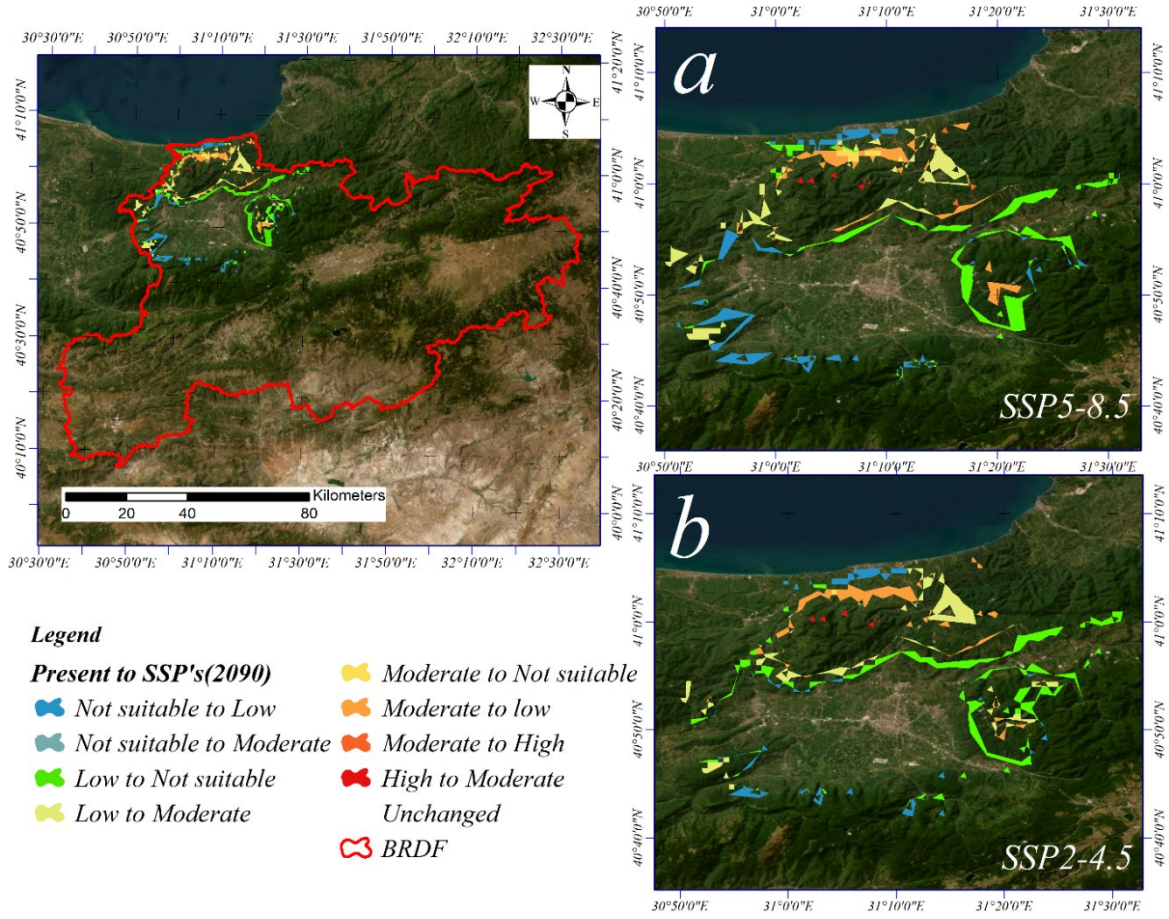


Figure 9. Changes in suitability status according to the current situation and the a) SSP5-8.5 b)SSP2-4.5 2090 scenarios.

3.4. Findings related to vertical distribution

When analyzing the vertical distribution of the tree species *C. sativa* in the BRDF, it can be seen that it extends from sea level to 1000 m altitude. In the current situation, it can be seen that areas of low and medium suitability are generally concentrated at altitudes of 0-800 m. The high suitability areas were small and were distributed between 300-800 m (Figure 10).

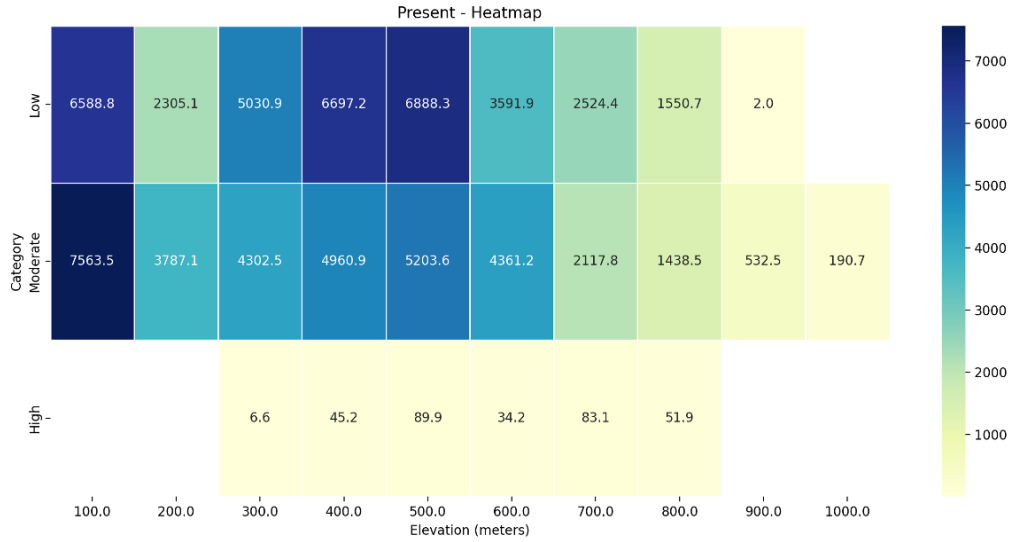


Figure 10. Current vertical distribution of C. sativa tree.

The vertical distribution in 2090 for the SSP5-8.5 climate scenario is predicted to be intensively distributed at altitudes of 0-700 metres. It is predicted that the distribution areas will increase, especially at lower altitudes, compared with the current situation. The most striking aspect of the vertical distributions in the SSP5-8.5 climate scenario is the prediction that there will be areas in the high suitability class in the 0-100 metre altitudes compared to the other scenarios and the current situation. It can also be seen that in this scenario the high distribution areas are distributed between 0-100 m, but the general distribution area is between 300-800 m (Figure 11).

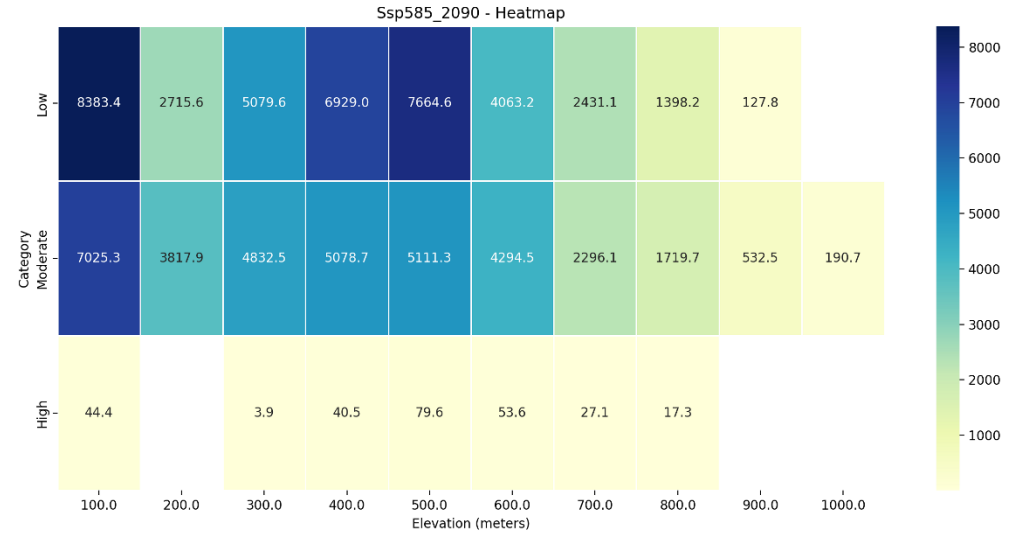


Figure 11. Vertical distribution of C. sativa tree in 2090 according to SSP5-8.5 scenario.

When analyzing the vertical distribution in 2090 for the SSP2-4.5 climate scenario, it can be seen that low and medium suitability areas are generally distributed at altitudes of 0-700 m. According to this climate scenario, although the densest area of distribution is at altitudes of 0-100 m, it is predicted to be extremely dense at altitudes of 300-600 m. In paritcular, high suitability areas are expected to be distributed at altitudes of 300-800 m, although they are distributed as small areas (Figure 12).

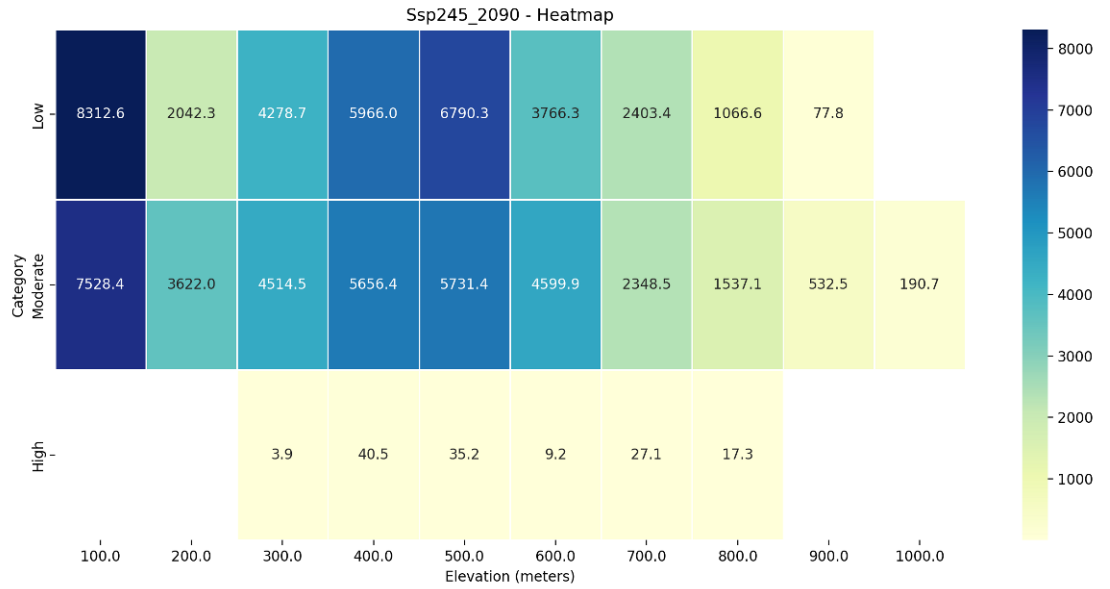


Figure 12. Vertical distribution of C. sativa tree in 2090 according to SSP2-4.5 scenario.

In terms of vertical distribution, when the current situation and the situation of the scenarios in 2090 are evaluated together, it is seen that the densest distribution areas are in areas between 0-100 meters altitude. About 1/5 of all suitable areas were distributed in areas up to 100 m. Although *C. sativa* trees are densely distributed up to an altitude of 700 m, the distribution areas decrease above 700 m. The areas with the highest suitability are currently and according to the SSP2-4.5 scenario between 300-800 m, whereas according to the SSP5-8.5 scenario, an area of 44.4 ha at an altitude of 0-100 m is estimated to have a high distribution area. Low suitability areas at 900 m are estimated to increase, although by a greater amount compared to the SSP5-8.5 scenario. It is predicted that the distribution of moderate suitability areas above 900 m will not change according to the scenarios. It is also seen that there will be a shift towards lower altitude areas over time in areas with high suitability classes. Based on the current distribution of suitable areas in terms of vertical distribution and the scenarios for the year 2090, it is estimated that *C. sativa* species will continue to spread to lower altitude areas in the following years (Table 11).

Table 11. Vertical distribution of suitability areas according to the current situation and scenarios.

Suitability		Elevation (meters)										
		100	**200**	**300**	**400**	**500**	**600**	**700**	**800**	**900**	**1000**	Total Area
PRESENT	Low	6588.8	2305.1	5030.9	6697.2	6888.3	3591.9	2524.4	1550.7	2.0		35179.1
	Moderate	7563.5	3787.1	4302.5	4960.9	5203.6	4361.2	2117.8	1438.5	532.5	190.7	34458.3
	High			6.6	45.2	89.9	34.2	83.1	51.9			310.9
	Total	**14152.2**	**6092.1**	**9340.0**	**11703.2**	**12181.8**	**7987.3**	**4725.3**	**3041.2**	**534.5**	**190.7**	**69948.3**
	Percent (%)	20.2	8.7	13.4	16.7	17.4	11.4	6.8	4.3	0.8	0.3	100.0
SSP5-8.5 2090	Low	8383.4	2715.6	5079.6	6929.0	7664.6	4063.2	2431.1	1398.2	127.8		38792.6
	Moderate	7025.3	3817.9	4832.5	5078.7	5111.3	4294.5	2296.1	1719.7	532.5	190.7	34899.1
	High	44.4		3.9	40.5	79.6	53.6	27.1	17.3			266.5
	Total	**15453.1**	**6533.6**	**9916.0**	**12048.2**	**12855.5**	**8411.4**	**4754.4**	**3135.2**	**660.3**	**190.7**	**73958.2**
	Percent (%)	20.9	8.8	13.4	16.3	17.4	11.4	6.4	4.2	0.9	0.3	100.0
SSP2-4.5 2090	Low	8312.6	2042.3	4278.7	5966.0	6790.3	3766.3	2403.4	1066.6	77.8		34704.1
	Moderate	7528.4	3622.0	4514.5	5656.4	5731.4	4599.9	2348.5	1537.1	532.5	190.7	36261.5
	High			3.9	40.5	35.2	9.2	27.1	17.3			133.3
	Total	**15841.0**	**5664.3**	**8797.2**	**11662.9**	**12557.0**	**8375.4**	**4779.1**	**2621.0**	**610.3**	**190.7**	**71098.8**
	Percent (%)	22.3	8.0	12.4	16.4	17.7	11.8	6.7	3.7	0.9	0.3	100.0

In assessing the impact of climate change on the distribution of *C. sativa* trees, particularly in the BRDF, the aim was to identify significant habitat changes by using different scenarios (SSP2-4.5 and SSP5-8.5). According to the scenario results, the not suitable areas increase to 909,943 ha in SSP5-8.5, and 912,802 ha in SSP2-4.5 by 2090. This shows that different climate scenarios can lead to conflicting results, particularly in terms of habitat suitability. In the fossil fuel dominated, high emission, climate scenario, more moderate results can be found, which is contrary to the expectations of climate change research. However, in these studies, it was more appropriate to evaluate the habitat suitability conclusions of climate change scenarios in the context of their associated environmental impacts (Gustafson et al., 2022; Sandercock et al., 2024). Hattab et al. (2014) found that the combination of climate change and habitat loss scenarios significantly altered species distributions. They also emphasized that habitat loss may occur even under low emission scenarios, which may negatively affect species richness. However, the magnitude and nature of these effects are complex and vary depending on the specific scenario (Hattab et al. 2014). Preston (2006) examined the impact of climate change on existing habitat loss and found that it was difficult to reduce existing habitat loss, even under low emission scenarios. This

indicates that even low emission targets may not be sufficient to reduce habitat loss (Preston, 2006). Another study by Wilson et al. (2012) found that considering factors such as climate change and habitat loss together can reduce the risk of species extinction, and if these two threats are not addressed together, there will be great difficulties in conserving species (Wilson et al., 2012). In another study, Travis (2003) emphasised that climate change and habitat loss are interacting factors (Travis, 2003). Changes in species distribution and suitable habitats under current climate scenarios show the negative consequences of this interaction.

There were very small changes between 2050 and 2090 in the areas predicted to be highly suitable under the SSP5-8.5 climate scenario. This indicates that the scenario maintains relatively stable conditions. In contrast, areas of high suitability are expected to decrease in the SSP2-4.5, where habitat changes are predicted under low greenhouse gas emission scenarios (Stanton-Jones and Alexander, 2024; Martín et al., 2010). The SSP5-8.5 scenario showed some resilience in highly suitable habitats, suggesting that some ecoregions may be better able to withstand climate change (Sandercock et al., 2024). In moderately suitable areas, SSP2-4.5 is spread over a larger area than SSP5-8.5, and it has a greater capacity to support moderately suitable habitats. This suggests that although SSP2-4.5 performs poorly in high suitability areas, it has the potential to provide the flexibility needed for species that require such habitats under changing climatic conditions. Many studies have highlighted that moderately suitable habitats are essential for biodiversity conservation (Portela et al., 2014; Sohn et al., 2016). The results of this study highlight the need for targeted adaptation strategies in forest management, especially in areas with high habitat concentrations of moderate and low suitability. Increasing conservation efforts in these critical areas will increase resilience to adverse climate impacts and facilitate species migration and adaptation (Tabor et al., 2018). As studies in different regions hav shown, climate-induced changes highlight the increasing need to address habitat fragmentation and ensure the long-term sustainability of adapted plant communities (Petford and Alexander, 2021).

The results of this study showed that the SSP5-8.5 scenario was relatively more successful in conserving high suitability *C. sativa* habitats, whereas the SSP2-4.5 scenario was more successful in conserving moderately suitable habitats. The SSP2-4.5 medium and low emissions scenario is estimated to increase global temperature by approximately 2.0-3.0°C by 2090, while the SSP5-8.5 high emissions scenario is estimated to increase global temperature by about 4.0-5.5°C. This means that temperature increases are tolerable for *C.*

sativa, but warmer summers may lead to increased water stress and reduced survival (Conedera et al., 2021). The predicted reductions and changes in habitat suitability for *C. sativa* are consistent with the results of previous studies on this species. Atalay Dutucu (2023) modelled the distribution of *C. sativa* for the Anatolian region and its surroundings for the period 2081-2100. According to the results, it is predicted that there will be a decrease in areas with the highest habitat suitability and an increase in not suitable areas, especially in the SSP2-4.5 and SSP5-8.5. In the study by Sarıkaya and Orucu (2019), it is estimated that the potential suitable areas of *C. sativa* will decrease and reach critical ratios depending on RCP4.5 and RCP8.5 scenarios for the period 2050-2070. In addition, Cedano Giraldo and Küçüker (2023) modelled the future distribution of *C. sativa* for the years 2061-2080 under SSPs 1-2.6, 2-4.5 and 5-8.5 within the boundaries of the Trabzon Regional Directorate of Forestry using the predictions of the Hadley Centre Global Earth Model HadGEM-GC31-. According to the model results, there was a significant decrease in the suitable areas for *C. sativa*.

4. Conclusions

This study, which shows the effects of climate change on the potential distribution of *C. sativa* habitats under different SSP scenarios, highlights the need to consider multiple environmental factors when assessing the ecological potential. The results of the study show that areas of high suitability show very little change in the high emissions scenario (SSP5-8.5), but these areas are significantly reduced in the medium emissions scenario (SSP2-4.5). These contradictory results show the complexity of climate-induced changes in habitat areas and the possibility of nonlinear responses in ecological systems. An increase in not suitable habitats was expected under both scenarios, indicating the inevitability of climate change in habitats. However, the diversity of areas of high and moderate suitability under different climate scenarios indicates that conservation strategies should not be based solely on reducing emissions, and that habitat-specific adaptations should also be considered. The conservation of high suitability areas in the SSP5-8.5 scenario shows that ecological and topographical factors have a positive effect on coping with climate change. Despite the overall loss of habitat suitability, some ecological habitats can thrive, even under extreme climatic conditions. However, the reduction in habitat area associated with the SSP2-4.5 scenario shows that severe habitat fragmentation and loss can occur even under the moderate emissions and climate change scenarios. The larger the area of habitat of moderate

suitability, the greater the capacity of these areas to act as transition zones and facilitate more rapid adaptation to climate change.

The results of this study highlight the need for greater consideration of climate change strategies in forest management and conservation planning. Given the expected habitat loss and changes, it is important to consider and implement measures that complement strategies, such as assisted migration, habitat restoration, and improving ecological connectivity. In addition, the high level of agreement with previous studies on climate-based habitat modelling demonstrates the validity of these predictions. Future research is extremely important, and habitat models should be improved, especially those that include ecological variables, such as soil structure, competition, and natural disturbance. In addition, the development of holistic strategies that combine ecological modelling, land-use planning, and economic components is essential to cope with the effects of climate change and conserve biodiversity.

References

Akyol, A., & Örücü, Ö. (2019). İklim değişimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre kızılcık türünün (cornus mas l.) odun dışı orman ürünleri kapsamında değerlendirilmesi. *European Journal of Science and Technology*, 224-233. https://doi.org/10.31590/ejosat.6150.

Aouinti, H., Moutahir, H., Touhami, I., Bellot, J., & Khaldi, A. (2022). Observed and predicted geographic distribution of acer monspessulanum l. using the maxent model in the context of climate change. *Forests, 13* (12), 2049. https://doi.org/10.3390/f13122049.

Ashraf, U., Ali, H., Chaudry, M., Ashraf, I., Batool, A., & Saqib, Z. (2016). Predicting The Potential Distribution Of Olea Ferruginea In Pakistan Incorporating Climate Change By Using Maxent Model. *Sustainability, 8*, 722. https://doi.org/10.3390/su8080722

Atalay Dutucu, A. (2023). Anadolu Kestanesi' nin (*Castanea sativa*) Anadolu'daki günümüz ve gelecek (2100) olası dağılışının modellenmesi. *Journal of Human Sciences*, *20* (4), 446-460. doi:10.14687/jhs.v20i4.6405

Aydın, M., & Sivri, N. (2023). Biyoçeşitlilik ve ekosistemler. https://doi.org/10.53478/tuba.978-625-8352-58-0

Beale, C.M., & Lennon, J.J. (2012). Incorporating uncertainty in predictive species distribution modelling. *Phil. Trans. R. Soc. B., 367*, 247–258. doi:10.1098/rstb.2011.0178247

Beaumont, L.J., Hughes, L., & Pitman, A.J. (2008). Why is the choice of future climate scenarios for species distribution modelling important? *Ecology Letters*, *11*(11), 1135-1146.

Beridze, B., Sękiewicz, K., Walas, Ł., Thomas, P.A., Danelia, I., Fazaliyev, V., & Dering, M. (2023). Biodiversity protection against anthropogenic climate change: conservation prioritization of *Castanea sativa* in the south caucasus based on genetic and ecological metrics. *Ecology and Evolution*, *13*(5). https://doi.org/10.1002/ece3.10068

Bertrand, R., Lenoir, J., Piedall, C., Riofrío-Dillon, G., Ruffray. P., Vidal, C., Pierrat, J.C., & Gégout, J.C. (2011). Changes In Plant Community Composition Lag Behind Climate Warming In Lowland Forests. *Nature, 479*, 517. https://doi.org/10.1038/nature10548

Carbonbrief. (2018). CMIP6, the next generation of climate models explained. https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained, Erişim: 14.03.2025.

Cedano Giraldo, D., & Mumcu Küçüker, D. (2023). Assessing climate change impacts on the spatial distribution of *Castanea sativa* Mill. using ecological niche modeling. *Anatolian Journal of Forest Research*, *9*(2), 170-177.

Chhogyel, N., Kumar, L., Bajgai, Y., & Jayasinghe, L. (2020). Prediction of bhutan's ecological distribution of rice (oryza satival.) under the impact of climate change through maximum entropy modelling. *The Journal of Agricultural Science*, *158*(1-2), 25-37. https://doi.org/10.1017/s0021859620000350

Cobben, M., Van Treuren, R., Castañeda-Álvarez, N.P, Khoury, C.K., Kik, C., & Van Hintum, T.J. (2015). Robustness and Accuracy of Maxent Niche Modelling for Lactuca Species Distributions in Light of Collecting Expeditions. *Plant Genetic Resources 13*, 153-161. https://doi.org/10.1017/S1479262114000847

Conedera, M., Krebs, P., Gehring, E., Wunder, J., Hülsmann, L., Abegg, M., & Maringer, J., (2021). How future-proof is Sweet chestnut (*Castanea sativa*) in a global change context? *Forest Ecology and Management, 494*, 119320

Çoban, H.O., Örücü, Ö.K., & Arslan, E.S., (2020). MaxEnt modeling for predicting the current and future potential geographical distribution of Quercus libani olivier. *Sustainability*, *12*, 2671.

Fick, S.E., & Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology, 37* (12), 4302-4315. https://doi.org/10.1002/joc.5086

Franklin, J. (2009). *Mapping species distributions: spatial inference and prediction.* Cambridge University Press, Cambridge, UK

Gábor, L. Jetz, W., Lu, M., Rocchini, D., Cord, A., Malavasi, M., Zarzo-Arias, A., Barták, V., & Moudrý, V. (2022). Positional errors in species distribution modelling are not overcome by the coarser grains of analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, *13*(10), 2289-2302.

Gaston, K.J., & Blackburn, T.M. (1996). The Spatial Distribution Of Threatened Species: Macro-Scales And New World Birds. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: *Biological Sciences, 263*, 235-240. https://doi.org/10.1098/rspb.1996.0037

Gustafson, E., Miranda, B., Dreaden, T., Pinchot, C., & Jacobs, D. (2022). Beyond blight: phytophthora root rot under climate change limits populations of reintroduced american chestnut. *Ecosphere, 13*(2). https://doi.org/10.1002/ecs2.3917

Hattab, T., Albouy, C., Lasram, F., Somot, S., Loc'h, F., & Leprieur, F. (2014). Towards a better understanding of potential impacts of climate change on marine species distribution: a multiscale modelling approach. *Global Ecology and Biogeography*, *23*(12), 1417-1429. https://doi.org/10.1111/geb.12217

IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, R.K. Pachauri, and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp

IPCC (2020) AR6 Synthesis Report, Climate Change 2022 IPCC. https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/. Accessed 8 Aug 2022.

Koç, D. E., Dalfes, H. N., & Meral, A. (2022). Anadolu'da Konifer Ağaçların Yayılış Alanlarındaki Değişimler. *Coğrafya Dergisi*, *(44*), 81-95.

Lawler, J.J., Shafer, SL, White, D., Kareiva, P., Maurer, E.P., Blaustein, A.R., & Bartlein, P.J. (2009). Projected Climate-İnduced Faunal Change In The Western Hemisphere. *Ecology, 90*, 588-597. https://doi.org/10.1890/08-0823.1

Li, S., Wang, Z., Zhu, Z., Tao, Y., & Xiang, J. (2023). Predicting the potential suitable distribution area of Emeia pseudosauteri in Zhejiang Province based on the MaxEnt model. *Scientific Report*, *13*, 1806 (2023). https://doi.org/10.1038/s41598-023-29009-w

Martín, M., Mattioni, C., Cherubini, M., Taurchini, D., & Villani, F. (2010). Genetic diversity in european chestnut populations by means of genomic and genic microsatellite markers. *Tree Genetics & Genomes*, *6*(5), 735-744. https://doi.org/10.1007/s11295-010-0287-9

Merow, C., Smith, M., & Silander, J. (2013). A practical guide to maxent for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, *36*(10), 1058-1069. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x

Metreveli, V., Kreft, H., Akobia, I., Janiashvili, Z., Nonashvili, Z., Dzadzamia, L., & Gavashelishvili, A. (2023). Potential distribution and suitable habitat for chestnut (*Castanea sativa*). *Forests, 14*(10), 2076. https://doi.org/10.3390/f14102076

Mollah, T., Shishir, S., & Rashid, M. (2021). Climate change impact on the distribution of tossa jute using maximum entropy and educational global climate modelling. *The*

Journal of Agricultural Science, *159*(7-8), 500-510. https://doi.org/10.1017/s0021859621000897

Neldner, V. (2014). The contribution of vegetation survey and mapping to herbarium collections and botanical knowledge: a case study from queensland. *Cunninghamia*, *14*, 77-87. https://doi.org/10.7751/cunninghamia.2014.14.005

O'Neill, B. C., Tebaldi, C., Van Vuuren, D., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., Knutti, R., Kriegler, E., Lamarque, J.F., Lowe, J., Meehl, J., Moss, R., Riahi, K., & Sanderson, B.M. (2016). The scenario model intercomparison project (ScenarioMIP) for CMIP6

Öztürk, M., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). Köppen-geiger iklim sınıflandırmasına göre türkiye'nin iklim tipleri. *Journal of Geography*, *35*, 17-27. https://doi.org/10.26650/jgeog295515

Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M., & Peterson, A.T., (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *J. Biogeogr. 1*, 102–117.

Petford, M., & Alexander, G. (2021). Potential range shifts and climatic refugia of rupicolous reptiles in a biodiversity hotspot of south africa. *Environmental Conservation*, *48*(4), 264-273. https://doi.org/10.1017/s0376892921000370

Phillips, S.J., & Elith, J. (2010). POC Plots: Calibrating species distribution models with presence-only data. *Ecology*, *91*, 2476-2484

Phillips, S.J., & Dudik, M. (2008) Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, *31*, 161–175.

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Dudík, M., Schapire, R.E., & Blair, M.E., (2017). Opening the black box: An open-source release of MaxEnt. E*cography*, *40*, 887-893.

Portela, E., Ferreira-Cardoso, J., Louzada, J., & Gomes-Laranjo, J. (2014). Assessment of boron application in chestnuts: nut yield and quality. *Journal of Plant Nutrition*, *38*(7), 973-987. https://doi.org/10.1080/01904167.2014.963116

Preston, B. (2006). Risk-based reanalysis of the effects of climate change on u.s. cold-water habitat. *Climatic Change, 76*(1-2), 91-119. https://doi.org/10.1007/s10584-005-9014-1

Sargıncı, M., & Beyazyüz, F. (2022). Effects of climate change on forests: climate-smart forestry perspective. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 8*(2), 142-149. https://doi.org/10.53516/ajfr.1139640

Sandercock, A., Westbrook, J., Zhang, Q., & Holliday, J. (2024). A genome-guided strategy for climate resilience in american chestnut restoration populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 121,* (30). https://doi.org/10.1073/pnas.2403505121

Sohn, J., Saha, S., & Bauhus, J. (2016). Potential of forest thinning to mitigate drought stress: a meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, *380*, 261-273. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.046

Stanton-Jones, W., & Alexander, G. (2024). Gazing into the future: the potential impact of climate change on habitat suitability of the sungazer (smaug giganteus). *Austral Ecology, 49*(8). https://doi.org/10.1111/aec.13577

Tabor, K., Hewson, J., Tien, H., González-Roglich, M., Hole, D., & Williams, J. (2018). Tropical protected areas under increasing threats from climate change and deforestation. *Land, 7*(3), 90. https://doi.org/10.3390/land7030090

Tam, L., Thinkhamrop, K., Suttiprapa, S., & Suwannatrai, A. (2024). Potential distribution of malaria vectors in central vietnam: a maxent modeling approach. *Veterinary World*, 1514-1522. https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1514-1522

Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T., & Prentice, I.C.(2005). Climate Change Threats to Plant Diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 102*, 8245-8250. https://doi.org/10.1073/pnas.0409902102

Travis, J. (2003). Climate change and habitat destruction: a deadly anthropogenic cocktail. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, *270*(1514), 467-473. https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2246

Uzun, A., & Örücü, Ö. (2023). Spartium junceum l. (katırtırnağı)'un küresel iklim değişimi etkisi altındaki potansiyel yayılış alanlarının modellenmesi. *Ağaç ve Orman*, *4*(2), 73-81. https://doi.org/10.59751/agacorman.1383004

Wang, Y.S., Xie, B.Y., Wan, F.H., Xiao, Q.M., & Dai, L.Y., (2007). The potential geographic distribution of Radopholus similis in China. *Agricultural Sciences in China, 6,* 1444-1449.

Williams, J.N., Seo, C., Thorne, J., Nelson, J.K., Erwin, S., O'Brien, J.M., & Mark W. S. (2009). Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Diversity and Distribution*, *15*(4), 565-576.

Wilson, J., Bekessy, S., Parris, K., Gordon, A., Heard, G., & Wintle, B. (2012). Impacts of climate change and urban development on the spotted marsh frog (limnodynastes tasmaniensis). *Austral Ecology, 38*(1), 11-22. https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2012.02365.x

Wisz, M.S, Pottier, J., Kissling, W.D., Pellissier, L., Lenoir, J., Damgaard, C.F., Dormann, C.F., Forchhammer, M.D., Grytnes,J.A., Guisan,A., Heikkinen, R.K., Høye,T.T., Kühn,I., Luoto, M., Maiorano, L., Nilsson, M.C., Normand, S., Öckinger, E., Schmidt, N.M., Termansen, M., Timmermann, A., Wardle, D.A., Aastrup, P. & Svenning, J.C (2013). The role of biotic interactions in shaping distributions and realised assemblages of species: implications for species distribution modelling. *Biological Reviews*, *88*(1), 5-30

WorldClim, (2020). Global Climate Data, Url: https://worldclim.org/data/index.html.

WWF, (2015). World Wide Fund for Nature, 122 key Turkish botanical sites: Important plant areas in Turkey, 464 p.

Yan, X., Wang, S., Duan, Y., Han, J., Huang, D., & Zhou, J. (2021). Current and future distribution of the deciduous shrub hydrangea macrophylla in china estimated by maxent. *Ecology and Evolution, 11*(22), 16099-16112. https://doi.org/10.1002/ece3.8288

Yi, Y.J, Cheng, X, Yang, Z.F., & Zhang, S.H. (2016). Maxent Modeling for Predicting The Potential Distribution of Endangered Medicinal Plant (H. riparia Lour) in Yunnan, China. *Ecological Engineering, 92,* 260-269. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.04.010

Zhang, K., Yao, L., Meng, J., & Tao, J., (2018). Maxent Modeling for Predicting The Potential Geographical Distribution of Two Peony Species Under Climate Change. *Science of the Total Environment, 634*, 1326-1334. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.112

Zhang, L., Zhu, L., Li, Y., Zhu, W., & Chen, Y. (2022). Maxent modelling predicts a shift in suitable habitats of a subtropical evergreen tree (Cyclobalanopsis glauca (Thunberg) Oersted) under climate change scenarios in China. *Forests, 13*(1), 126.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 34-59
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1639290

3 Boyutlu Simülasyon Tekniği İle Oluşturulmuş Kent İçi Araç Sirkülasyon Koridoru Örneğinde Mevsimsel Değişimin Görsel Algıya Etkisi*

The Effect of Seasonal Change on Visual Perception in The Sample of The Urban Vehicle Circulation Corridor Created By 3d Simulation Technique

M. Kıvanç AK[1], Sena DEMİRCİ[1], Atakan Süha KARAYILMAZLAR[1], Tarık GEDİK[2]

Özet

Peyzaj mimarlığı meslek disiplininde yapılan görsel algı çalışmaları, doğal ve yapay çevrenin estetik değerini araştırmak, korumak ve geliştirmek için yapılan bir dizi araştırmayı kapsar. Çalışmaların ortak amacı; insanların fiziksel çevreyi nasıl algıladıklarını ve ondan ne şekilde etkilendiklerini anlamaktır. Bu çalışmada; insanların görsel algılarının mevsimler üzerindeki değişimi ve bunlara hangi değişkenlerin etki ettiğini irdelemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, araştırmanın daha hızlı yapılmasına imkân verebilecek 3 boyutlu programlardan yararlanılmış ve aynı bakış noktasından 4 mevsimin ayrı ayrı görselleri kurgulanmıştır. Simülasyonların kurgulanmasında Sketchup, Lumion ve Photoshop programlarından yararlanılmıştır. Oluşturulan görseller uzman ve kullanıcı grubunun yer aldığı psikofiziksel yaklaşım modelinden yararlanılarak anket yoluyla değerlendirilmiştir. Microsoft Excel programında bir araya getirilen veriler SPSS programında korelasyon ve aritmetik ortalama analizlerine tabi tutulmuştur. Yapılan analizler sonucunda kişilerin demografik yapıları ile görsel algı parametreleri arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Manzara güzelliği, görsel tercih, eşsiz karakter, bitkisel çeşitlilik, düzen, doğallık, açıklık, renk, uyum, ilginçlik, büyüleyicilik, çekicilik, güven, ulaşılabilirlik parametreleri içinde renk en yüksek algılanan kriter olma özelliğini göstermiş ve bu algı en fazla ilkbahar mevsiminde görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Görsel algı, Mevsimsel değişim, Simülasyon tekniği

Abstract

Visual perception studies in the landscape architecture profession include a series of studies to investigate, protect and improve the aesthetic value of the natural and artificial environment. The common purpose of the studies; is to understand how people perceive the physical environment and how they are affected by it. In this study; It is aimed to examine the changes in people's visual perceptions on the seasons and which variables affect them. For this purpose, 3-dimensional programs that can enable the research to be carried out faster were used and separate visuals of the 4 seasons were constructed from the same point of view. Sketchup, Lumion and Photoshop programs were used in the editing of the simulations. The created visuals were evaluated by means of a questionnaire, using the psychophysical approach model, which included expert and user groups. The data gathered in Microsoft Excel program were subjected to correlation and arithmetic mean analysis in SPSS program. As a result of the analysis, a significant relationship was found between the demographic structures of the people and the visual perception parameters. Among the parameters of landscape beauty, visual preference, unique character, plant diversity, order, naturalness, openness, color, harmony, interestingness, fascination, attractiveness, trust, and accessibility, color was the highest perceived criterion, and this perception was seen the most in spring.

Keywords: Visual perception, Seasonal change, Simulation technique

Geliş Tarihi: 13.02.2025, Düzeltme Tarihi: 29.04.2025, Kabul Tarihi: 15.05.2025
Adres: [1]Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
[2]Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
E-mail: mehmetkivancak@duzce.edu.tr
*Bu çalışma, Düzce Üniversitesi BAP – 2022.02.01.1340 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

1. Giriş

İnsanın çevresinden gelen uyaranları duyuları yardımıyla hissedip anlamlandırması süreci algı olarak tanımlanmaktadır (Kalın, 2004; Çağlayan ve ark., 2014). Görsel algı ise insanın gözüyle görüp zihnine aktardığı, kendi kavramlarıyla somutlaştırdığı bir olgudur (Çağlayan ve ark., 2014). Görme duyusunun aktif olarak kullanıldığı görsel algıyı etkileyen faktörler içinde; algılayan taraf ve algılanan alan arasındaki çeşitlilikler rol oynamaktadır. Kişilerin cinsiyeti (Güngör ve Akyüz, 2020), yaşam alanı (Eroğlu ve ark., 2012), eğitimi, kültürel değerleri, sahip olduğu duygusal birikim (Çağlayan ve ark., 2014) gibi değişkenler görsel algıyı etkileyen kişisel faktörlerden sayılabilmektedir. Bununla birlikte ışık, hava koşulları, görüş mesafesi, bitki boyutları, bakımlı çim alanlar, donatı elemanları, su ögeleri gibi algılanan alandaki değişkenler de kişilerin görsel algısını etkileyebilmektedir (Çağlayan Kaptanoğlu, 2006; Ak ve Kaya, 2016).

Görsel peyzajı etkileyen unsurlardan biri de bitkilerin mevsimsel değişimleridir. Mevsimlerin değişimiyle kar örtüsü (Özhancı ve Yılmaz, 2013), yazın bitkilerin çiçekli görüntüsü (Çağlayan Kaptanoğlu, 2006), mevsimsel yaprak dökme, yapraklanma ve sonbahar renklenmesinin (Eroğlu ve ark., 2012; Kaya ve ark., 2016) kişilerin görsel algılarını etkilediği bilinmektedir.

Görsel değerlendirmelerin yapıldığı peyzaj çalışmalarında birçok yöntem ve materyalden yararlanılmaktadır. Fotoğraflama (İnan, 2007), fotomontaj (Wang ve Zhao, 2020) gibi görsel elde etme yöntemlerine günümüz teknolojisinin gelişmesiyle 3 boyutlu bilgisayar programlarında oluşturulan görseller (Işık ve ark., 2013) de dahil olmaktadır. Bilgisayar programlarında 2 boyutlu alanların hızlıca üç boyuta aktarılması, üzerinde daha kısa sürede değişiklik yapılabilmesi, alan içinde gezinti yapılabilmesi ve gerçekçi görsel materyaller oluşturabilme imkânı sunması bu programların kullanımını arttırmaktadır. Peyzaj mimarlığı alanında 2 boyutlu programlarda AutoCAD; gerçekçi tasarımlar yapılması adına 3 boyutlu programlarda 3ds Max, Sketchup ve Lumion; plan ve 3 boyutlu görsellerin desteklenmesinde ise Adobe Photoshop sıklıkla kullanılan bilgisayar programları içinde yer almaktadır.

Yapılan görsel peyzaj araştırmalarında; fiziksel, psikolojik ve her ikisinin birlikte kullanıldığı psikofiziksel yaklaşım modelleri arasında daha çok tercih edilenin psikofiziksel yaklaşım olduğu görülmektedir (Sullivan ve Lovell, 2006; Acar ve ark., 2006; Çakcı, 2007; Kuter ve Aytaş, 2013). Psikofiziksel yaklaşım modelinin kullanıldığı bu çalışmalarda; çevre

ve fiziki faktörlerin kişilerle olan ilişkisini ölçmek amaçlanırken belli parametrelerden yararlanılmaktadır (Çağlayan Kaptanoğlu, 2006).

Aynı araziye ait farklı iklim ve mevsimsel koşulların görsel algıyı etkileyip etkilemediği merakı çalışmanın çıkış noktasını oluşturmuştur. Çalışmanın potansiyelini yansıtması amacıyla kent içerisinde en çok kullanılan alanlar olan yaya ve yol koridorları baz alınmış, mevsimsel değişim gözlemleri bu sirkülasyon alanları kapsamında çözümlenmeye çalışılmıştır. Bu konunun araştırılması için literatür incelemesi yapılmış, Wong ve Domroes'e (2005) göre çalışma alanındaki farklılıkların yoğun olmasının görsel algının bozulmasına neden olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Bu noktadan yola çıkılarak gerçek bir alan seçmek yerine, 3 boyutlu çizim programlarından yararlanılarak sade ve anlaşılır bir mekân kurgulanmıştır. Araç ve yaya yolu bitkilendirmesiyle 4 farklı mevsim simüle edilmiştir. Tasarlanan kurgusal mekân üzerinden uzman ve kullanıcı gruplarına görsel algı parametrelerini içeren anketler uygulanmıştır. Son olarak elde edilen verilerin analiz edilmesiyle görsel algıyı etkileyen iklimsel faktörler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Ülkemizde görsel kalite, görsel algı ve görsel etki değerlendirmesi alanlarında pek çok çalışma bulunmaktadır. Aynı şekilde bitkilerin iklimsel değişimleri üzerinde de yapılmış spesifik çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu iki güncel konunun birleştiği ve 3 boyutlu bilgisayar programlarıyla desteklendiği çalışmalar yok denecek kadar azdır. Aynı şekilde farklı çevrelerin görsel algı bakımından araştırılmasının konu olduğu yerli ve yabancı birçok çalışma bulunmaktadır. Fakat aynı çevrenin görsel yapısını değiştiren unsurların neler olduğu konusu yeterli derecede araştırılmamıştır. İklimin ya da mevsimlerin, bir alanın görsel yapısını değiştiren en önemli unsur olduğu hipotezinden yola çıkılarak araştırılan bu çalışmada; aynı alanın seçilmek istenmesindeki en önemli kriter, algıyı dağıtacak başka unsurların olmasını engellemektir. Bu bağlamda örnek olarak seçilen bir dış mekânın 4 mevsim ayrı ayrı fotoğraflanması yerine, gerçeğe yakın 3 boyutlu modelinin üretilerek mevsimsel değişiminin daha kısa bir zaman diliminde gözlemlenebilmesi çalışmanın özgün değerini ortaya koymaktadır. Normal şartlarda bitkilerin mevsimsel değişiminin gözlemlenmesi için 1 yıla ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak günümüz görselleştirme programlarıyla gerçekçi bir kurgu oluşturmanın mümkün olması, bu sürenin 1 ay kadar kısa bir zamana indirgenmesini sağlamaktadır. Bu sayede zaman, enerji ve maliyetten tasarruf etmek mümkündür. Araştırma kapsamında kullanılmış olan bu yöntem kurgusu ile de literatürde önemli bir boşluğun doldurulması amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamında oluşturulan hipotezler ise şu şekildedir;

- Bitkisel düzenleme çalışmalarında mevsimsel değişim görsel algıyı etkiler.
- 3 boyutlu simülasyon görüntüleri ile elde edilen sonuçlar anlamlıdır.

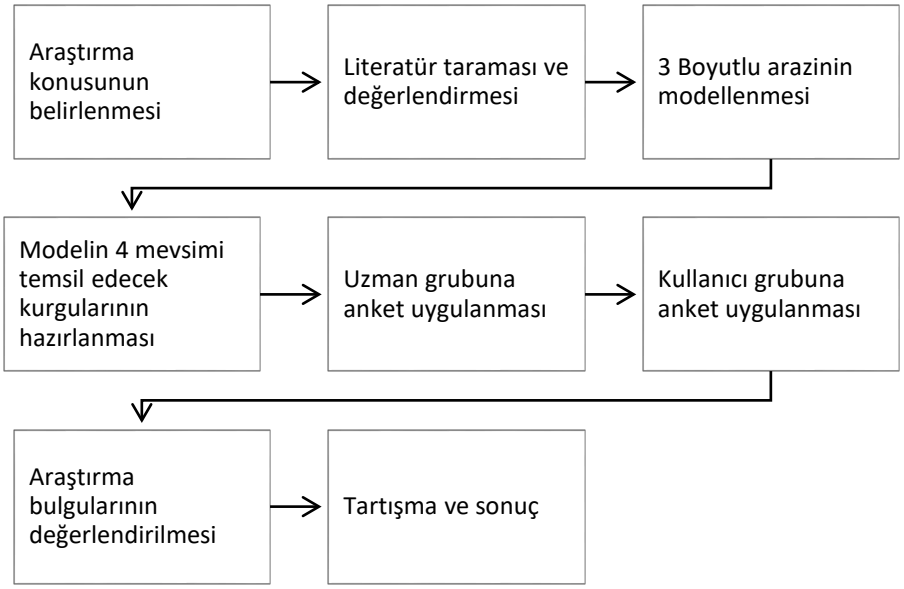
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini 3 boyutlu bilgisayar programları aracılığıyla oluşturulan görseller oluşturmaktadır. Ayrıca bu görsellerin oluşturulması için kullanılan Sketchup Pro 2021, Lumion 12.5 ve Photoshop CS4 programları yardımcı materyallerdir. Çalışma alanı olarak gerçek bir mekân referans alınmamış, araştırmanın kapsam ve yöntem kurgusu doğrultusunda tamamen kurgusal bir alan oluşturulmuştur.

2.2. Yöntem

Çalışmanın yöntemi; 3 boyutlu örnek alanın oluşturulması, görsel algının değerlendirilmesi için anketlerin oluşturulup uygulanması ve son olarak anketlerin analiz edilip yorumlanması olmak üzere 3 temel aşamadan oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yöntem akış şeması.

İlk aşama olan 3 boyutlu alanın kurgulanması için Sketchup Pro 2021 programından yararlanılarak yaya ve araç yolu sirkülasyonu, kent içi yapılar, aydınlatma direği ve trafik sinyalizasyonları gibi donanım elemanlarının yer aldığı altlık oluşturulmuştur. Hazırlanan arazi modeline Lumion 12.5 programı ile bitki, araç ve insan figürleri eklenerek gerçeğe yakın ortamların oluşturulması sağlanmıştır. Mevsimsel değişimin sergilenmesi için Lumion

programındaki efektlerden ve bitkilerin farklı mevsimlerdeki görünüşünün yer aldığı versiyonlardan yararlanılarak 4 mevsimin simülasyonu tamamlanmıştır. Bitkilerin mevsimsel değişimine odaklanan bu çalışmada alan sade ve anlaşılır bir şekilde tasarlanmıştır. Objektif verilerin elde edilebilmesi amacıyla simülasyon görüntülerinin gerçeğe en yakın şekilde tasarlanması sağlanmıştır. Son olarak Lumion programı yardımıyla modellenen alanın bir kısmından 4 mevsimi yansıtan fotoğraflar aynı açı, aynı yükseklik ve aynı lens genişliği oluşturularak anket yapılacak kişilerin rahatlıkla değerlendirebileceği görsel materyaller elde edilmiştir. Özellikle oluşturulan fotoğraflar insanların yaya sirkülasyonu üzerinden ve göz hizasından alınmıştır. Bu da gerçekçi görüntünün sağlanması ve objektif değerlendirmenin elde edilebilmesi için önemli bir ayrıntı olarak görülmektedir.

Araştırma yöntemi doğrultusunda hazırlanan simülasyon görüntüleri Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5'te 4 mevsimi temsil edecek şekilde kurgulanmıştır.



Şekil 2. Sonbahar görüntüsü.



Şekil 3. Kış görüntüsü.



Şekil 4. İlkbahar görüntüsü.



Şekil 5. Yaz görüntüsü.

Anket çalışması için uzman ve kullanıcıların görüşlerinin alındığı psikofiziksel model yaklaşımı kullanılmıştır (Clay ve Smidt, 2004; Surat, 2017). Görsel algının ölçümü için yapılan ankette manzara güzelliği, görsel tercih, eşsiz karakter, bitkisel çeşitlilik, düzen, doğallık, açıklık, renk, uyum, ilginçlik, büyüleyicilik, çekicilik, güven ve ulaşılabilirlik (Irmak ve Yılmaz, 2010; Jaal ve ark., 2013; Caf, 2014; Özhancı ve Yılmaz, 2017; Demirhan, 2021) parametreleri yer almıştır. Parametrelerin ölçümünde 5'li likert ölçeği (en azdan en fazlaya doğru 1 ile 5 puan arası değerler) kullanılmıştır. Anketler; 40 uzman ve 125 kullanıcı grubuna sorulmak üzere toplam 165 farklı katılımcıyla sürdürülmüştür.

Her iki gruba sorulmak üzere görsel parametrelere ek olarak demografik verileri de içeren anket uygulanmıştır. Anketler Google formlar yoluyla internet ortamı üzerinden katılımcılara yöneltilmiştir. Katılımcıların yanıtları istatistiksel analiz aşamasında kullanılmak üzere Microsoft Excel programında sayısal verilere dönüştürülmüştür. Anketler yoluyla elde edilen veriler SPSS 22 paket programında aritmetik ortalama ve Spearman korelasyon analizlerine tabi tutulmuştur.

Aritmetik ortalama peyzajın görsel parametrelerinin değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir (Clay ve Smidt, 2004; Polat ve Önder, 2011; Eroğlu ve ark., 2012). Bu sayede her bir parametrenin mevsimler bazında görsel algısındaki değişim katılımcılar aracılığıyla ölçülebilmektedir. Ortalama değerler uzman grup ve kullanıcı grubuna göre ayrı ayrı listelenerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Değişkenlerin normal dağılım göstermediği durumlarda non-parametrik analiz yöntemleri tercih edilmelidir. Non-parametrik analizler cinsiyet, medeni durum gibi gruplanan veriler ya da likert ölçek gibi sıralanabilen veriler üzerinden yapılabilmektedir (Pallant, 2017; Cevahir, 2020). Demografik veriler ile görsel peyzaj parametrelerinin istatistiksel incelemesinde korelasyon analizleri kullanılabilmektedir (Eroglu ve ark., 2018). Bu amaçla non-parametrik hesaplamalarda kullanılan Spearman'ın korelasyon katsayısı tercih edilmiştir. Yapılan korelasyon analizi ile 4 mevsimin temsil edildiği her bir fotoğrafın görsel olarak puanlanması ve değerlendirme yapan katılımcıların demografik özellikleri arasındaki ilişki irdelenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Toplam 36 ilden 165 katılımcı ile yapılan anket çalışmalarından elde edilen bulgular; kullanıcı ve uzman grup olmak üzere 2 ayrı kategoride sınıflandırılmıştır. Her iki katılımcı türünün demografik yapısı, görsel algı parametrelerinin aritmetik ortalaması, demografik veriler ile görsel algı parametrelerinin ilişkisinin ölçüldüğü korelasyon analiz sonuçları açıklanmıştır.

3.1. Kullanıcı Grubunun Demografik Yapısı

Anket çalışmasına katılan 125 kullanıcı grubunun %74,4'ünün kadınlardan oluştuğu, %84'ünün Üniversite eğitimine sahip olduğu, 46'sının sürücü belgesine sahip olduğu ve bunlardan 31'inin aktif araç kullananlardan oluştuğu görülmüştür. Katılımcılar İstanbul, Bursa ve Kocaeli illeri ağırlıkta olmak üzere toplam 34 farklı ilde ikamet edenlerden oluşmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kullanıcı grubunun demografik yapısı.

Değişken		Kişi sayısı	Yüzde
Cinsiyet	Kadın	93	74,4
	Erkek	32	25,6
Yaş	18-29	102	81,6
	30-49	21	16,8
	50-64	2	1,6
Medeni Durum	Bekâr	112	89,6
	Evli	13	10,4
Eğitim	İlkokul	2	1,6
	Ortaokul	1	0,8
	Lise	9	7,2
	Üniversite	105	84,0
	Yüksek lisans	6	4,8
	Doktora	2	1,6
Meslek	Çalışmıyor	11	8,8
	Emekli	1	0,8

	İşçi	2	1,6
	Memur	6	4,8
	Özel sektör	4	3,2
	Öğrenci	92	73,6
	Diğer	9	7,2
Gelir Durumu	Asgari ücret ve altı	88	70,4
	Asgari ücretin iki katına kadar	14	11,2
	Asgari ücretin üç katına kadar	13	10,4
	Asgari ücretin dört katı ve üzeri	40	8,0
Sürücü Belgesi	Yok	79	63,2
	Var	46	36,8
Aktif Araç Kullanma	Hayır	94	75,2
	Evet	31	24,8
İkamet Edilen İl	Ankara	4	3,2
	Antalya	1	0,8
	Ardahan	1	0,8
	Aydın	1	0,8
	Balıkesir	1	0,8
	Bayburt	1	0,8
	Bilecik	5	4,0
	Bingöl	2	1,6
	Bursa	14	11,2
	Çanakkale	1	0,8
	Çorum	1	0,8
	Düzce	8	6,4
	Edirne	1	0,8
	Elazığ	2	1,6
	Eskişehir	2	1,6
	Gümüşhane	1	0,8
	İstanbul	37	29,6
	Kars	2	1,6
	Kayseri	1	0,8
	Kocaeli	11	8,8
	Konya	2	1,6
	Mersin	1	0,8
	Muğla	1	0,8
	Ordu	1	0,8
	Rize	3	2,4
	Sakarya	4	3,2
	Samsun	5	4,0
	Sivas	1	0,8
	Tekirdağ	1	0,8
	Trabzon	3	2,4
	Van	1	0,8
	Yalova	2	1,6
	Zonguldak	3	2,4
Toplam		125	100

3.2. Uzman Grubun Demografik Yapısı

Uzman grup alanında en az lisans derecesini tamamlamış peyzaj mimarlığı, iç mimarlık, orman endüstri mühendisliği ve çevre mühendisliği mesleğinde olan kişilerden oluşmuştur. 40 kişiden oluşan uzman grubun demografik dağılımı incelendiğinde; katılımcıların %82,5 ile çoğunlukla 30-49 yaş arasında olduğu, %90'ının peyzaj mimarlarından oluştuğu, 36 kişinin ehliyete sahip olduğu ve bu kişilerin 31'inin aktif olarak

araç kullananlardan meydana geldiği belirlenmiştir. Katılımcıların İstanbul ve Düzce ağırlıkta olmak üzere toplam 13 farklı ilde ikamet ettikleri görülmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 2. Uzman grubunun demografik yapısı.

Değişken		Kişi sayısı	Yüzde
Cinsiyet	Kadın	23	57,5
	Erkek	17	42,5
Yaş	18-29	7	17,5
	30-49	33	82,5
Medeni Durum	Bekâr	13	32,5
	Evli	27	67,5
Eğitim	Üniversite	14	35,0
	Yüksek lisans	13	32,5
	Doktora	13	32,5
Meslek	Peyzaj Mimarı	36	90,0
	İç Mimar	1	2,5
	Orman Endüstri Mühendisi	2	5,0
	Çevre Mühendisi	1	2,5
Gelir Durumu	Asgari ücret ve altı	2	5,0
	Asgari ücretin iki katına kadar	3	7,5
	Asgari ücretin üç katına kadar	15	37,5
	Asgari ücretin dört katı ve üzeri	20	50,0
Sürücü Belgesi	Yok	4	10,0
	Var	36	90,0
Aktif Araç Kullanma	Hayır	9	22,5
	Evet	31	77,5
İkamet Edilen İl	Aksaray	1	2,5
	Ankara	4	10,0
	Antalya	4	10,0
	Balıkesir	1	2,5
	Bilecik	1	2,5
	Burdur	1	2,5
	Denizli	1	2,5
	Düzce	11	27,5
	İstanbul	12	30,0
	Kocaeli	1	2,5
	Rize	1	2,5
	Sakarya	1	2,5
	Tekirdağ	1	2,5
Toplam		40	100

3.3. Kullanıcı Grubunun Anket Verileri

Görsel algı parametrelerinin değerlendirilmesinde puanlar 2,216 ile 3,944 arasında değişmiştir. En yüksek puana sahip olan görüntü ilkbahar mevsimine aittir. İlkbahar mevsimi için 3,944 ile en yüksek ortalama puan renk parametresinde çıkmıştır. Bu ortalama değere göre görselin renkliliğinin fazla olarak seçildiği gözlemlenmiştir. Görsel algı parametreleri içinde en düşük puan 2,216 ile sonbahar görselinde elde edilmiştir. Bu sonuca göre sonbahar görseli ilginçlik seviyesi en az olandır (Çizelge 3).

Kullanıcı grubu görsel algı parametrelerinin tümünde en yüksek puanlamayı ilkbahar mevsimi için yapmıştır. En düşük çekicilik, büyüleyicilik, eşsiz karakter, manzara güzelliği,

görsel olarak tercih edilme, güven, ilginçlik, açıklık, doğallık seviyesi sonbahar görselinde görülürken en düşük ulaşılabilirlik, uyum, renklilik, düzen, bitkisel çeşitlilik seviyesi kış görselinde algılanmıştır.

Çizelge 3. Kullanıcı grubunun görsel algı parametrelerinin aritmetik ortalama değerleri.

Görsel Algı Parametreleri	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Manzara güzelliği	***2,896***	3,680	**3,832**	**3,448**
Görsel tercih	***2,816***	3,408	**3,704**	**3,312**
Eşsiz karakter	***2,496***	2,856	**3,184**	**2,880**
Bitkisel çeşitlilik	2,704	***2,224***	**3,696**	**3,144**
Düzen	3,504	***3,144***	**3,768**	**3,544**
Doğallık	***3,160***	3,232	**3,616**	**3,368**
Açıklık	***3,288***	3,544	**3,680**	**3,456**
Renk	3,048	***2,936***	**3,944**	**3,352**
Uyum	3,368	***3,232***	**3,832**	**3,536**
İlginçlik	***2,216***	2,376	**2,888**	**2,504**
Büyüleyicilik	***2,344***	2,936	**3,272**	**2,784**
Çekicilik	***2,400***	2,992	**3,352**	**2,880**
Güven	***2,864***	3,008	**3,568**	**3,320**
Ulaşılabilirlik	3,296	***2,968***	**3,696**	**3,512**
Toplam ortalama değer	*2,886*	**3,038**	3,574	**3,217**

Sonbahar görsel parametreleri içinde güven, görsel tercih, büyüleyicilik, çekicilik ile kullanıcı grubun cinsiyet, yaş, medeni durumu arasında anlamlı ilişkiler çıkmıştır. Güven parametresi ile katılımcıların cinsiyeti arasında yüksek düzeyde pozitif anlamlı ilişki vardır. Erkekler sonbahar görüntüsünü kadınlara göre daha güvenilir bulmuştur. Katılımcıların yaşı ile görsel tercih, büyüleyicilik ve çekicilik kriteri arasında çok yüksek düzeyde negatif yönde ilişki vardır. Bu duruma göre katılımcıların yaşı arttıkça sonbahar görüntüsünü tercih etme durumu, görüntüyü büyüleyici ve çekici algılama durumu azalmıştır. Katılımcıların medeni durumu ile görsel tercih ve çekicilik parametresi arasında yüksek düzeyde negatif anlamlı ilişki bulunmuştur. Evliler sonbahar görüntüsünü daha az tercih edilebilir ve daha az çekici olarak nitelendirmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kullanıcı grubunun demografik verileri ile sonbahar görsel algı parametrelerinin Spearman korelasyon katsayıları.

Sonbahar Görsel Algı Parametreleri	Cinsiyet	Yaş	Medeni Durum	Eğitim	Gelir durumu	Sürücü belgeniz var mı?	Faal araç kullanıyor musunuz?
Manzara Güzelliği	-,027	-,114	-,093	,038	,015	-,009	-,052
Görsel Tercih	,072	**-,270****	**-,225***	-,012	-,017	-,128	-,026
Eşsiz Karakter	,027	-,031	,051	-,072	,045	-,006	,100
Bitkisel Çeşitlilik	,060	-,084	-,018	-,009	-,096	-,087	-,111
Düzen	,144	-,045	-,068	,092	,050	-,052	,041
Doğallık	-,051	-,033	,020	,007	-,010	,035	,091
Açıklık	,139	,086	,055	-,073	,171	,062	,139
Renk	-,039	-,074	,026	-,084	,060	-,130	-,139
Uyum	,007	-,068	,044	-,088	-,046	-,063	-,008
İlginçlik	,151	-,082	-,109	-,043	-,057	,087	,080
Büyüleyicilik	-,026	**-,239****	-,152	-,076	-,105	-,075	-,040
Çekicilik	,081	**-,321****	**-,215***	-,076	-,084	-,080	-,088
Güven	**,194***	-,127	-,126	-,079	,012	-,105	,011
Ulaşılabilirlik	,112	,005	,028	-,129	-,031	-,140	-,060

**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir.
*. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.

Kış görselinin görsel algı değerleri ile kullanıcı grubun demografik yapısı arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Kış görüntüsünün kullanıcıların cinsiyeti arasında pozitif yönde yüksek ve çok yüksek anlamlı ilişki çıkmıştır. Erkek kullanıcılar kadınlara göre kış görselini daha tercih edilebilir bulmuş, kış görüntüsünün manzara güzelliğini, çekiciliğini ve güvenirliğini daha yüksek bulmuştur. Kış görselinin açıklık algısı kullanıcıların yaşı ile birlikte artış göstermiştir. Evli katılımcılar bekâr katılımcılara göre kış görselini daha doğal görmüşlerdir. Gelir seviyesi ile kış görselini renkli bulma algısı benzer şekilde artış göstermiştir. Sürücü belgesi olan ve aktif araç kullanan katılımcılar kış görselinin manzara güzelliğini, doğallığını ve güven algısını ehliyeti olmayanlara göre yüksek bulmuş, faal araç kullananlar kullanmayanlara göre kış görselinin daha eşsiz karakterde olduğunu belirtmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Kullanıcı grubunun demografik verileri ile kış görsel algı parametrelerinin Spearman korelasyon katsayıları.

Kış Görsel Algı Parametreleri	Cinsiyet	Yaş	Medeni Durum	Eğitim	Gelir durumu	Sürücü belgeniz var mı?	Faal araç kullanıyor musunuz?
Manzara Güzelliği	**,177***	,060	,089	-,075	,105	**,228***	**,200***
Görsel Tercih	**,194***	,100	,066	,025	,126	,162	,124
Eşsiz Karakter	,126	,097	,115	-,050	,099	,150	**,189***
Bitkisel Çeşitlilik	,049	,015	,002	-,082	-,003	-,067	-,104
Düzen	,164	,104	,161	-,098	,079	,067	,041
Doğallık	,041	,112	**,195***	-,152	,070	**,187***	**,252****
Açıklık	,102	**,204***	,158	-,094	,136	,117	,111
Renk	,109	,090	,072	-,058	**,308****	,118	,135
Uyum	,173	,097	,065	-,077	,106	,033	,067
İlginçlik	,170	-,111	-,123	,041	-,044	,048	,077
Büyüleyicilik	,164	-,072	-,027	-,049	,068	,104	,124
Çekicilik	**,279****	-,083	-,069	-,081	,054	,091	,095
Güven	**,287****	,115	,080	-,046	,126	**,180***	**,197***
Ulaşılabilirlik	,104	,088	,071	-,103	,091	,059	,046

**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir.
*. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.

Kullanıcı grubun yaş, medeni durum, gelir durumu, ehliyete sahip olma, aktif olarak araç kullanma durumları ile ilkbahar görüntüsünün bazı görsel algı parametreleri arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Kullanıcıların yaşı arttıkça ilkbahar görselini tercih etme durumu, alanı daha açık ve düzenli bulma durumu artış göstermiştir. Kişilerin medeni durumu ile bazı görsel parametreler arasında yüksek ve çok yüksek pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. Evliler bekâr katılımcılara göre ilkbahar görselini daha eşsiz karaktere, manzara güzelliğine sahip görmüş, bitkisel çeşitlilik, düzenlilik, doğallık, açıklık, ilginçlik ve renk parametrelerine daha yüksek puanlar vermiştir. Gelir durumu arttıkça ilkbahar görselinin tercih edilme durumu, görselin daha açık algılanması durumu da artış göstermiştir. Sürücü belgesine sahip olup aktif araç kullanan katılımcılar araç kullanmayanlara göre ilkbahar görselini daha doğal bulmuşlardır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Kullanıcı grubunun demografik verileri ile ilkbahar görsel algı parametrelerinin Spearman korelasyon katsayıları.

İlkbahar Görsel Algı Parametreleri	Cinsiyet	Yaş	Medeni Durum	Eğitim	Gelir durumu	Sürücü belgeniz var mı?	Faal araç kullanıyor musunuz?
Manzara Güzelliği	,008	,155	**,210***	-,124	,122	,105	,132
Görsel Tercih	-,015	**,179***	,171	-,042	**,215***	,099	,117
Eşsiz Karakter	-,025	,096	**,196***	-,109	,077	,093	,119
Bitkisel Çeşitlilik	,078	,136	**,216***	-,161	,060	,124	,103
Düzen	,148	**,177***	**,254****	-,143	,166	,148	,145
Doğallık	,069	,124	**,242****	-,151	,150	**,233****	**,206***
Açıklık	,012	**,206***	**,239****	-,134	**,244****	,101	,098
Renk	,073	,150	**,188***	-,099	,139	,115	,121
Uyum	-,065	,102	,170	-,130	,092	-,020	,019
İlginçlik	,088	,127	**,239****	-,114	,097	,122	,135
Büyüleyicilik	,010	-,012	,124	-,140	,073	,026	,085
Çekicilik	,163	,053	,133	-,108	,116	,075	,117
Güven	,154	,096	,141	-,049	,113	,042	,168
Ulaşılabilirlik	,029	,090	,105	-,044	,170	,095	,038

**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir.
*. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.

Kullanıcı grubun demografik yapısı ile yaz görseli arasında anlamlı ilişki çıkmıştır. Sürücü belgesi olanlar ve aktif olarak araç kullanan katılımcılar ile manzara güzelliği arasında çok yüksek pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. Bu duruma göre ehliyeti olanlar ve aktif olarak kullananlar yaz görüntüsünün manzara güzelliğini ehliyeti olmayanlara göre daha yüksek bulmuşlardır. Aktif olarak araç kullanan katılımcılar ile görselin eşsiz karaktere sahip olma durumu arasında yüksek düzeyde pozitif anlamlı ilişki bulunmuştur. Aktif olarak araç kullananlar kullanmayanlara göre yaz görüntüsünü daha eşsiz karaktere sahip olarak algılamışlardır. Gelir durumu ile düzen, açıklık, renk algıları arasında yüksek düzeyde anlamlı pozitif ilişki çıkmıştır. Kullanıcılarda gelir arttıkça yaz görselini daha düzenli, daha açık, daha renkli algılama durumu gözlemlenmiştir. Katılımcıların eğitim seviyeleri ile eşsiz karakter, doğallık, renk, uyum, çekicilik parametreleri arasında yüksek düzeyde negatif anlamlı ilişki, açıklık parametresi ile çok yüksek dizeyde negatif anlamlı ilişki bulunmuştur. Eğitim düzeyi arttıkça katılımcıların yaz görselini renkli bulma, doğal,

çekici, uyumlu, açık bulma durumu, eşsiz karaktere sahip olma durumu azalmıştır. Kullanıcıların yaşı arttıkça açıklık, manzara güzelliği ve yaz görselini tercih etme durumu da artış göstermiştir. Kullanıcıların medeni durumu ile görsel parametreler arasında pozitif yönde anlamlı ilişki çıkmıştır. Evliler yaz görselini daha açık, uyumlu, doğal, daha eşsiz karaktere, güzel manzaraya sahip olarak algılamış, görsel olarak daha tercih edilebilir bulmuştur (Çizelge 7).

Çizelge 7. Kullanıcı grubunun demografik verileri ile ilkbahar görsel algı parametrelerinin Spearman korelasyon katsayıları.

Yaz Görsel Algı Parametreleri	Cinsiyet	Yaş	Medeni Durum	Eğitim	Gelir durumu	Sürücü belgeniz var mı?	Faal araç kullanıyor musunuz?
Manzara Güzelliği	,025	**,256****	**,275****	-,106	,160	**,239****	**,263****
Görsel Tercih	,082	**,222***	**,244****	-,137	,160	,098	,130
Eşsiz Karakter	,020	,130	**,184***	**-,183***	,030	,113	**,179***
Bitkisel Çeşitlilik	0,000	,108	,146	-,141	,017	,088	,090
Düzen	,050	,144	,139	-,107	**,210***	,044	,100
Doğallık	,063	,125	**,211***	**-,198***	,137	,137	,132
Açıklık	,100	**,220***	**,258****	**-,276****	**,200***	,145	,123
Renk	,081	,123	,167	**-,183***	**,192***	,056	,091
Uyum	,001	,083	**,207***	**-,196***	,133	,013	,086
İlginçlik	,046	,052	,158	-,161	,049	,079	,148
Büyüleyicilik	-,025	,039	,126	-,160	,170	,065	,135
Çekicilik	,119	,098	,173	**-,224***	,096	,048	,153
Güven	,064	-,012	,001	,012	,020	-,102	,079
Ulaşılabilirlik	,018	,064	,082	-,005	,131	,053	,042

**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir.
*. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.

Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre kullanıcı grubunun demografik yapısı ile görsel algı parametrelerinin arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Kullanıcı grubunun cinsiyet, yaş, medeni durum, eğitim, gelir durumu, sürücü belgesine sahip olma ve aktif araç kullanma durumlarının mevsimsel değişime ve görsel algı parametrelerine göre değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir.

3.4. Uzman Grubunun Anket Verileri

Uzman grubun görsel algı parametrelerini değerlendirmesinde aritmetik ortalama değerler 2,182 ile 4,150 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama değer ilkbahar görüntüsünün renk etkisinde 4,150 ile çıkarken, en düşük ortalama değer kış görüntüsünün

bitkisel çeşitlilik parametresinde yer almıştır. Görsel parametrelerde açıklığın en yüksek puanlara sahip olduğu mevsim kış olurken, en doğal görüntü yaz mevsimine aittir.

Manzara güzelliği, görsel tercih, bitkisel çeşitlilik gibi diğer görsel algı parametrelerinde en yüksek ortalama değerler ise ilkbahar görselinde yer almıştır. En az ilginç, büyüleyici, çekici, güvenli, açık, ulaşılabilir, doğal, manzara güzelliği, eşsiz karaktere, renge, görsel tercih edilirliğe sahip olan görsel sonbahara aittir. 4 mevsim içinde en düşük bitkisel çeşitlilik, düzenlilik, uyum ise kış mevsimine ait görselde bulunmuştur (Çizelge 8).

Çizelge 8. Uzman grubunun görsel algı parametrelerinin aritmetik ortalama değerleri.

Görsel Algı Parametreleri	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Manzara güzelliği	***2,925***	3,727	**4,000**	**3,500**
Görsel tercih	***2,775***	3,727	**3,850**	**3,400**
Eşsiz karakter	***2,350***	3,182	**3,375**	**3,050**
Bitkisel çeşitlilik	2,875	***2,182***	**3,725**	**3,100**
Düzen	3,475	***3,182***	**3,875**	**3,575**
Doğallık	***2,750***	3,091	3,175	3,200
Açıklık	***3,325***	**3,909**	3,700	**3,625**
Renk	***2,800***	2,818	**4,150**	**3,000**
Uyum	3,475	***3,227***	**3,975**	**3,550**
İlginçlik	***2,200***	2,682	**3,100**	**2,675**
Büyüleyicilik	***2,300***	3,136	**3,425**	**2,775**
Çekicilik	***2,375***	3,136	**3,575**	**2,800**
Güven	***2,975***	3,227	**3,725**	**3,600**
Ulaşılabilirlik	***3,425***	3,455	**3,850**	**3,825**
Toplam ortalama değer	*2,859*	**3,079**	3,679	**3,263**

Sonbahar görseline ait parametreler ile uzman grubun demografik yapısı arasında anlamlı ilişki vardır. Uzman grubun gelir dağılımı ile güven ve ulaşılabilirlik parametresi arasında çok yüksek düzeyde negatif anlamlı ilişki bulunmuştur. Katılımcıların gelir düzeyi arttıkça sonbahar görselini ulaşılabilir ve güvenli bulma düzeyleri de azalmıştır. Aynı zamanda aktif araç kullanan katılımcılar da araç kullanmayanlara göre sonbahar görselini daha az güvenli ve ulaşılabilir, bitkisel çeşitliliği daha düşük bulmuşlardır. Erkekler kadınlara göre sonbahar görselini daha ulaşılabilir bulmuşlar, evli katılımcılar bekârlara göre sonbahar görselinin daha düşük seviyede eşsiz karaktere sahip olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Uzman grubunun demografik verileri ile sonbahar görsel algı parametrelerinin Spearman korelasyon katsayıları.

Sonbahar Görsel Algı Parametreleri	Cinsiyet	Yaş	Medeni Durum	Eğitim	Gelir durumu	Sürücü belgeniz var mı?	Faal araç kullanıyor musunuz?
Manzara Güzelliği	,135	,036	-,021	-,261	,065	,074	,095
Görsel Tercih	0,000	-,065	-,226	-,251	-,138	-,012	-,084
Eşsiz Karakter	,019	,142	**-,315***	-,052	-,010	,027	-,017
Bitkisel Çeşitlilik	,219	,091	-,169	-,215	-,100	-,061	**-,314***
Düzen	-,181	,096	,096	-,101	-,312	-,090	-,277
Doğallık	,258	-,050	-,104	-,122	-,094	-,068	-,073
Açıklık	-,152	-,030	-,097	,173	-,024	,167	,106
Renk	,061	,012	-,085	-,116	-,085	,086	,059
Uyum	-,111	,078	,034	,026	-,285	,088	-,176
İlginçlik	-,019	,067	-,250	,123	-,061	-,212	-,158
Büyüleyicilik	,195	,143	-,218	,003	,090	-,098	-,046
Çekicilik	,058	,099	-,110	-,095	-,050	-,080	-,016
Güven	-,213	-,100	-,127	-,149	**-,457****	-,094	**-,451****
Ulaşılabilirlik	**-,444****	-,076	,052	-,146	**-,439****	-,107	**-,391***

**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir.
*. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.

Uzman grubun yaş, eğitim gelir durumu, aktif araç kullanma durumu ile kış görüntüsünü temsil eden bazı parametreler arasında anlamlı ilişki vardır. Katılımcıların eğitim, gelir durumu ile renk parametresi arasında negatif yönde yüksek anlamlı ilişki bulunmuştur. Eğitim durumu ve gelir durumu arttıkça kış görüntüsünün renk algısı azalmış, gelir durumu arttıkça kış görüntüsünün ulaşılabilirlik ve güvenirlik algısı azalmıştır. Katılımcıların yaşı ile görsel tercih durumu benzer şekilde artış göstermiştir. Aktif araç kullanan katılımcılar tarafından kış görseli daha güvensiz algılanmıştır (Çizelge 10).

Çizelge 10. Uzman grubunun demografik verileri ile kış görsel algı parametrelerinin Spearman korelasyon katsayıları.

Kış Görsel Algı Parametreleri	Cinsiyet	Yaş	Medeni Durum	Eğitim	Gelir durumu	Sürücü belgeniz var mı?	Faal araç kullanıyor musunuz?
Manzara Güzelliği	,092	,211	,195	-,067	-,134	,168	,022
Görsel Tercih	,234	**,320***	,230	-,032	,000	,292	,065
Eşsiz Karakter	,101	,298	-,022	-,117	-,155	,049	-,157
Bitkisel Çeşitlilik	,206	-,076	-,312	-,311	-,169	-,251	-,255
Düzen	-,063	-,073	-,054	-,157	-,198	-,273	-,229

Doğallık	,223	,090	,112	-,285	-,206	-,087	-,196
Açıklık	-,181	,127	-,013	,085	-,082	,094	-,124
Renk	-,095	-,207	-,170	**-,344***	**-,391***	,131	,048
Uyum	,009	,012	-,019	,127	-,163	,068	-,076
İlginçlik	,184	-,027	-,115	,177	,029	-,300	-,154
Büyüleyicilik	,098	,222	,108	,052	-,114	,097	-,102
Çekicilik	,056	,220	,121	,081	-,045	,022	-,109
Güven	-,223	-,236	-,099	-,223	**-,480****	-,197	**-,424****
Ulaşılabilirlik	,019	-,245	,103	-,180	**-,355***	-,146	-,204
**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir. *. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.							

Uzman grubun demografik yapısı ile ilkbahar görüntüsünün görsel algısı arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (Çizelge 11).

Çizelge 11. Uzman grubunun demografik verileri ile ilkbahar görsel algı parametrelerinin Spearman korelasyon katsayıları.

İlkbahar Görsel Algı Parametreleri	Cinsiyet	Yaş	Medeni Durum	Eğitim	Gelir durumu	Sürücü belgeniz var mı?	Faal araç kullanıyor musunuz?
Manzara Güzelliği	-,068	,177	-,072	-,042	-,148	0,000	-,081
Görsel Tercih	,070	,133	-,117	-,117	-,053	,046	-,011
Eşsiz Karakter	,027	,053	-,183	-,052	-,202	-,147	-,151
Bitkisel Çeşitlilik	,194	,243	,002	,143	-,019	0,000	,003
Düzen	,058	,013	-,118	,237	-,046	,064	,081
Doğallık	,136	-,062	-,285	-,108	-,147	-,105	,097
Açıklık	-,038	-,012	-,225	-,114	-,092	,102	,119
Renk	,028	,111	-,140	,045	-,080	,070	,011
Uyum	,077	-,003	-,151	,039	-,108	,108	-,006
İlginçlik	-,021	-,112	-,244	-,199	-,203	-,157	-,229
Büyüleyicilik	,021	,009	-,198	-,265	-,239	-,122	-,186
Çekicilik	,021	,030	-,075	-,131	-,109	-,049	-,139
Güven	-,138	-,138	-,133	-,066	-,242	-,095	-,229
Ulaşılabilirlik	-,187	-,079	-,042	-,040	-,244	-,054	-,244
**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir. *. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.							

Yaz görüntüsüne ait manzara güzelliği, doğallık, güven, ulaşılabilirlik parametreleri ile uzman grubun cinsiyeti, medeni durumu, eğitim, gelir durumu ve aktif araç kullanma durumu arasında negatif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. Kadınlar erkeklere göre yaz görüntüsünü daha ulaşılabilir bulmuştur. Bekârlar evli olanlara göre yaz görselini daha doğal

bulmuştur. Uzman grubun eğitim durumu ile manzara güzelliği ve ulaşılabilirlik algısı arasında negatif yönde yüksek düzeyde anlamlı ilişki vardır. Katılımcıların eğitim durumu arttıkça yaz görselinin manzara güzelliği ve ulaşılabilirlik algısı azalmıştır. Faal araç kullananlar kullanmayanlara göre yaz görüntüsünü daha az güvenilir bulmuştur (Çizelge 12).

Çizelge 12. Uzman grubunun demografik verileri ile yaz görsel algı parametrelerinin Spearman korelasyon katsayıları.

Yaz Görsel Algı Parametreleri	Cinsiyet	Yaş	Medeni Durum	Eğitim	Gelir durumu	Sürücü belgeniz var mı?	Faal araç kullanıyor musunuz?
Manzara Güzelliği	,005	-,019	-,158	**-,362***	-,122	,023	-,008
Görsel Tercih	,026	,072	-,280	-,309	-,217	-,032	-,099
Eşsiz Karakter	,060	-,006	-,199	-,276	-,193	-,176	-,096
Bitkisel Çeşitlilik	,089	0,000	-,190	-,126	-,173	-,170	-,086
Düzen	-,160	-,104	-,027	,086	-,224	,031	,006
Doğallık	,132	-,030	**-,351***	-,143	-,188	-,099	-,120
Açıklık	-,088	-,056	-,265	-,192	-,115	,071	,113
Renk	-,086	,075	-,208	-,188	-,064	,199	,063
Uyum	-,014	-,006	-,090	-,183	-,200	,155	,095
İlginçlik	,028	,152	-,286	-,184	,081	,077	,127
Büyüleyicilik	,002	,039	-,248	-,308	-,004	-,019	,070
Çekicilik	-,002	,179	-,274	-,219	,078	,027	,102
Güven	-,297	-,139	-,152	-,283	**-,361***	-,038	**-,374***
Ulaşılabilirlik	**-,327***	-,018	-,144	**-,401***	-,293	,047	-,267

**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir.
*. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir.

Uzman grubun demografik yapısı ile sonbahar, kış ve yaz görsellerinin parametreleri arasında anlamlı ilişkiler çıkmıştır. Uzman grubun cinsiyet, yaş, eğitim, medeni durum, gelir durumu, aktif olarak araç kullanma durumu görsel algıyı etkileyen değişkenler olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın sonucunda uzman ve kullanıcı grubun görsel algı değerlendirmesinde farklılıklar bulunduğu ancak mevsimlerin ortalama değerlerinin çok yakın değerler aldığı görülmüştür. Bu durum iki grup arasındaki görsel algının birbiriyle benzer sonuçlar verebileceğini göstermiştir.

Mevsimlerin temsil edildiği görseller içinde kullanılan hava şartları görsellerin değerlendirmesini etkilemiş olabilmektedir. Kış görselinde kar yağışının yansıtılması

ulaşılabilirliğin daha düşük seviyede algılanmasına, sonbahar görselinde yağmurlu hava durumunun yansıtılması güvenilirliğin düşük algılanmasına etki etmiş olabilmektedir.

Uzman ve kullanıcı gruplarının her ikisinde de en az tercih edilen görsel sonbahar mevsimine aittir. Sonbahar görselinin yağmurlu hava şartlarına sahip olması, gökyüzü ve alanın daha karanlık görünmesine etki ederek tercih edilme durumunu etkilemiş olabilmektedir.

Kış mevsimine ait görselin en düzensiz görüntü olarak seçilme nedenleri içinde kar örtüsünün zemin ve bitki ayrımının yapılmasını engellemesi sayılabilir. Bitkilerin yaprak dökmesi sonucu geriye kalan dağınık dallanmış görüntü de bu durumu destekleyebilir niteliktedir.

Güven algısı kış görselinde aktif araç kullanan uzman gruptakilerde daha az güvenilir bulunurken, kullanıcı gruplarında daha güvenli algılanma eğilimi göstermiştir.

Kullanıcı grubun kış görselini orta seviyede güvenli bulmasına rağmen bu grup içinde ehliyet sahibi aktif araç kullananların ehliyete sahip olmayanlara göre daha güvenilir bulması beklenmeyen bir sonuçtur. Araba kullanımı açısından karlı hava şartları tehlikeli, güven vermeyen bir durum olarak görülse de araç kullananlar için puanlamanın daha yüksek çıkmasının nedeni belirtilenin dışında farklı bir etkiden kaynaklı olabilir.

Görsellerin kurgulanmasında bitkisel çeşitlilik aynı olmasına rağmen ilkbahar görüntüsünde bitkilerin çiçekli görüntüsü renkte çeşitlilik oluşturmuş ve kişilerin bitkileri daha iyi algılayabilmesini sağlamıştır. Dolayısıyla bu durum hem renk parametresinde hem de bitkisel çeşitlilik parametresinde en yüksek algıyı ilkbahar görüntüsünün elde etmesine neden olmuştur. Anket verilerinde ikamet edilen şehir bazında görsel algı incelendiğinde – örneğin kar yağışının az olduğu şehirlerde- katılım sağlayanların kış görsellerine daha yüksek puan verdiği, manzara güzelliği ve görsel tercihin diğer mevsimsel manzaraya göre daha baskın olarak tercih edildiği görülmüştür. Bunun nedenlerinden biri olarak kişilerin yaşadığı çevreyle olan farklılık söylenebilmektedir.

Eroğlu ve ark.'ın (2012) mevsimlerin görsel algı üzerine etkisini inceledikleri çalışmada eğitim durumu ve cinsiyetin bu durumu etkileyen faktörler içinde yer aldığını belirtmişlerdir. Sonuçlar bu çalışma ile benzer nitelikte olup eğitim ve cinsiyete ek olarak yaş, gelir durumu, medeni durum, sürücü belgesine sahip olma, aktif araç kullanma değişkenlerinin de görsel algıyı etkilediğini göstermiştir.

Vardar, 2025 yılında Bursa ili Hanlar Bölgesinde kent kullanıcılarının mekâna dair duygu durumlarının analizin yapıldığı çalışmada sosyo-ekonomik yapı ve bazı demografik

özelliklerin kullanıcıların duygusal tepkileri, algılarını ve mekân kullanım amaçlarını belirgin bir şekilde etkilediğini belirtmiştir (Vardar, 2025).

Ertuğrul (2024) tarafından yapılan çalışmada peyzaj süs bitkilerinin yaprak, çiçek ve meyveleri ile oldukça farklı renklere sahip oldukları belirtilmiştir. Bu renkliliğin mevsimlere göre değişiklik gösterdiği dile getirilmiştir. Bitkisel tasarımda sıcak ve soğuk renklerin çeşitli kombinasyonlarla kullanımının mevcut olduğu belirtilen çalışmada renk gruplarının insan duygu ve algılarına etki ettiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda sıcak renklerin daha yakın algılandığı, soğuk renklerin ise daha uzak algılandığı belirlenmiştir. Elde edilen çalışma sonuçları burada yer alan bulgularla uyumlu bulunmuştur.

Yaldız (2022) tarafından görsel kalitenin bitkisel yönden belirlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmada peyzaj kalitesini arttırmak için bitkisel tasarım unsurlarına daha fazla ağırlık verilmesi gerektiği belirlenmiştir. Yapılan çalışmada yaş ve cinsiyet gibi bazı demografik özelliklerin görsel kalitenin algılanmasında etkili olduğu ileri sürülmüştür. Elde edilen çalışma sonuçlarının burada elde edilen sonuçlarla örtüştüğü görülmektedir.

4. Sonuçlar

Görsel algı parametrelerinin uzman ve kullanıcı grup puanlamasına bakıldığında manzara güzelliği, görsel tercih, eşsiz karakter, bitkisel çeşitlilik, düzen, uyum, ilginçlik, büyüleyicilik, çekicilik, güven algıları arasında benzer sonuçlar alındığı; yalnızca doğallık, açıklık, renk, ulaşılabilirlik algısında farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Mevsimler içinde en yüksek puanlamayı çoğunlukla ilkbahar görseli almıştır.

Mevsimlerin görsel algı üzerindeki etkisi uzman grup ve kullanıcı grup için renk bileşeninde büyük ölçüde etkili olmuştur. Görsel algı parametreleri içinde en yüksek puanlamayı alarak en baskın özellik gösteren kriter renk parametresinde çıkmıştır. Renk kriterinin diğer parametreleri de etkilediği görülmüştür. Özellikle kar örtüsünün tek düze renk etkisine sahip olmasından ve bitkilerin görüntüsünü kapatmasından dolayı kış mevsimi diğer mevsimler içinde en düşük bitkisel çeşitliliğe sahip olarak algılanmıştır. İlkbahar mevsiminin bitkilerin çiçeklenme dönemini yansıtmasından ve tek düze yeşil renge sahip olmamasından dolayı bitkilerin çeşitliliğinin algılanması artmıştır. Aynı zamanda düzen algısının en yüksek görüldüğü görselin ilkbahar mevsimine ait olması bitkilerin zıt renklere sahip olması ve ağaç gruplarının sıralı diziliminin renk etkisiyle daha belirgin olması görselin daha düzenli algılanmasına etki etmiştir.

Ulaşılabilirlik algısının en düşük bulunduğu görseller sırasıyla sonbahar ve kış mevsimlerine aittir. Sahip oldukları iklim şartları bir noktadan diğer noktaya erişimi yaya veya araçla zorlaştırabilecek unsurları içerdiğinden bu durum beklenen sonuçlarla örtüşmüştür.

Açıklık algısı diğer mevsim görselleri içinde en düşük olarak sonbaharda görülmüştür. Görsel içindeki yağışın görüş mesafesini azaltması ve alandaki algılanabilir açıklığı daraltması bu duruma etki etmiştir. Benzer şekilde açıklık algısı ile bağlantılı olabilecek güven algısı da en düşük ortalamaya sonbahar görselinde sahiptir. Kişiler görüş açısı net olmadığında ve çevresini açık bir şekilde algılayamadığında kendini güvende hissetmeyebilir. Sonbahar görselinde de bu algı alanın diğer mevsimlere göre daha güvensiz görülmesine etki etmiş olabilmektedir. Yayalar dışında araç kullananlar için de yağışlı ve karlı havalar sürücülerin güven algısını etkileyebilmektedir. Araç kullanan uzman grubun verdiği yanıtlar ile yapılan analizler sonucu bu yoruma ulaşılabilmektedir.

Görsel peyzaj algısının; algılayan taraf ile algılanan alan özellikleri arasındaki farklılıklardan etkilendiği gözlemlenmiştir. Algılayan tarafın cinsiyet, yaş, eğitim, ikamet durumu, gelir durumu gibi demografik özellikleri ile algılanan alandaki bitkilendirme, hava koşulları ve çevresel şartların değişkenliğinin görsel algıyı etkilediği yapılan çalışma ile ortaya koyulmuştur.

Demografik yapı farklılıklarının mevsimler arasındaki görsel algıyı etkilediği durumlara bakıldığında görsel tercihin kişilerin cinsiyet, yaş, medeni durum, gelir durumu ile ilişkisi olduğu görülmüştür.

Çalışma kapsamında oluşturulan hipotezler değerlendirildiğinde ise şu sonuçlara ulaşıldığı gözlemlenmektedir;

"Bitkisel düzenleme çalışmalarında mevsimsel değişim görsel algıyı etkiler" hipotezi hem kullanıcı grubu hem de uzman grubu tarafından doğrulanmıştır ve mevsim değişimleri görsel algıyı -özellikle renk bağlamında- etkilemektedir.

"3 boyutlu simülasyon görüntüleri ile elde edilen sonuçlar anlamlıdır" hipotezi de yine hem kullanıcı hem de uzman grubu tarafından yapılan anket çalışmaları değerlendirildiğinde anlamlı sonuçlara ulaşılmış ve hipotez doğrulanmıştır.

Yapılan bu çalışma ile mevsimlerin peyzaj algısı üzerine olan etkisi 3 boyutlu modelleme yöntemi ile araştırılmıştır. Araştırmanın özgün kısmı, mevsimlerin sanal modelleme yöntemi ile simüle edilerek materyallerin oluşturulmasıdır. Böylece aynı alana ait mevsim değişimlerinin 1 yıl boyunca değişimini beklemek gerekmemektedir. Bu da, simülasyona dayalı araştırmaların daha kısa sürede yapılabileceği anlamını taşımaktadır.

Bu çalışma ile ayrıca; mevsimlerin güven, doğallık, açıklık, bitkisel çeşitlilik, renk gibi değişkenlerde farklılık göstermesi yapılacak tasarımlarda hangi kriterin desteklenmesi ya da değiştirilmesi gerektiğini vurgulayarak öneriler oluşturulmasına fayda sağlayacaktır. Çalışma ayrıca; elde edilen veriler doğrultusunda; 4 mevsim düşünülerek tasarlanan alanlarda insanların kendini daha güvende, daha doğal ortamda hissedebilecekleri, bitkisel çeşitlilik ve renk etkisinin 4 mevsime yayılabildiği, görsel algı parametrelerinin en üst düzeyde vurgulanabildiği tasarımların ne denli etkili olabileceğini ortaya çıkarmaktadır.

Araştırma kapsamında çıkan sonuçlar örnek alan olarak oluşturulmuş araç ve yaya yolu ile sınırlıdır. Farklı mekân karakteristiklerine sahip alanlarda mevsimsel etkinin araştırılması için farklı sanal modellemelere ihtiyaç vardır. Bu çalışma, yapılması muhtemel diğer mekânsal organizasyonlar için de bu bağlamda yol gösterici olarak vurgulanabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2022.02.01.1340).

Kaynaklar

Acar, C., Kurdoğlu, B. Ç., Kurdoğlu, O., ve Acar, H. (2006). Public preferences for visual quality and management in the Kackar Mountains National Park (Turkey). *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, *13*(6), 499–512. doi:https://doi.org/10.1080/01426397.2019.1699507.

Ak, M. K., ve Kaya, S. (2016). Düzce Üniversitesi Yerleşkesi Örneğinde Çim Alanların Görsel Algı Değerlendirmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 12*(2), 231-240.

Caf, A. (2014). *Bingöl-Erzurum karayolu güzergâhının görsel kalite analizi*. Yüksek lisans tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.

Cevahir, E. (2020). *Nicel değişkenler arası ilişki*. R. Ö. Çatar (Ed.), *SPSS ile Nicel Veri Analizi Rehberi* içinde (ss. 111–124). İstanbul, Türkiye.

Clay, G. R., ve Smidt, R. K. (2004). Assessing the validity and reliability of descriptor variables used in scenic highway analysis. *Landscape and Urban Planning*, *66*, 239–255. doi:10.1016/S0169-2046(03)00114-2.

Çağlayan Kaptanoğlu, A. Y. (2006). *Peyzaj değerlendirmesinde görsel canlandırma tekniklerinin kullanıcı tercihine etkileri*. Doktora tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Çağlayan, S., Korkmaz, M., ve Öktem, G. (2014). Sanatta görsel algının literatür açısından değerlendirilmesi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, *3*(1), 160–173.

Çakcı, I. (2007). *Peyzaj planlama çalışmalarında görsel peyzaj değerlendirmesine yönelik bir yöntem araştırması*. Doktora tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Demirhan, T. (2021). *Kıyı bölgesinde görsel peyzaj kalitesinin incelenmesi İstanbul – Kısırkaya örneği*. Yüksek lisans tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.

Eroglu, E., Kaya, S., Dogan, T. G., Meral, A., Demirci, S., Basaran, N., ve Corbaci, O. L. (2018). Determination of the Visual Preferences of Different Habitat Types. *Fresenius Environmental Bulletin*, *27*(7), 4889–4899. doi:10.20944/preprints201807.0243.v1

Eroğlu, E., Müderrisoğlu, H., ve Kesim, G. A. (2012). The effect of seasonal change of plants compositions on visual perception. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, *20*(3), 196–205. doi:10.3846/16486897.2011.646007

Ertuğrul, Ö., (2024). *süs bitkilerinin ölçü, biçim, renk ve doku özelliklerinin göz izleme tekniği ile görsel etkilerinin araştırılması,* Yüksek lisans tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.

Güngör, S., ve Akyüz, C. (2020). Peyzaj mimarlığında cinsiyete göre tercih edilen tasarım algısı. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *8*(1), 1–7. doi:/doi.org/10.24925/turjaf.v8isp1.1-7.3887

Irmak, M. A., ve Yılmaz, H. (2010). Farklı peyzaj karakter alanlarına göre doğal ve kültürel kaynak değerlerinin görsel analizi: Erzurum örneği. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, *27*(2), 45–55.

Işık, B. Ö., Bayramoğlu, E., ve Demirel, Ö. (2013). Peyzaj mimarlığında modelleme çalışmalarının kullanıcılar üzerinde etkisinin araştırılması. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *13*(1), 15–23.

İnan, Z. Ö. (2007). Kullanıcıların peyzaj tercihlerinin değerlendirilmesinde "kullanıcı katılımlı fotoğraflama" tekniği ve peyzaj mimarlığında kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *57*(1), 123–134.

Jaal, Z., Abdullah, J., ve Ismail, H. (2013). Malaysian North South Expressway landscape character: analysis of users' preference of highway landscape elements. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* içinde (C. 179, ss. 365–376). doi:10.2495/SC130311

Kalın, A. (2004). *Çevre tercih ve değerlendirmesinde görsel kalitenin belirlenmesi ve geliştirilmesi: Trabzon sahil bandı örneği*. Doktora tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.

Kaya, S., Başar, H., Can, T., ve Müderrisoğlu, H. (2016). Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesinde Görsel Peyzaj Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 12*(2), 123-142.

Kuter, N., ve Aytaş, İ. (2013). *Görsel peyzaj kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler. Peyzaj Mimarlığı 5. Kongresi* içinde (ss. 737–753). Adana, Türkiye.

Özhancı, E., ve Yılmaz, H. (2013). Değişik peyzaj karakterleri barındıran dağların, foto safari amaçlı görsel peyzaj analizi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *44*(1), 83–89.

Özhancı, E., ve Yılmaz, H. (2017). Görsel peyzaj kalite değerlendirmelerinde kalite göstergelerinin mekansal yansımaları. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *2*(2), 157–173.

Pallant, J. (2017). *SPSS Kullanma Kılavuzu*. (S. Balcı ve B. Ahi, Çev.) (2. bs.). Anı

Yayıncılık, Ankara, Türkiye.

Polat, A. T., ve Önder, S. (2011). Konya ili kent parklarının görsel kalitesinin belirlenmesi. *I. Konya Kent Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde (ss. 347–357). Konya, Türkiye: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Konya İl Koordinasyon Kurulu.

Sullivan, W. C., ve Lovell, S. T. (2006). Improving the visual quality of commercial development at the rural – urban fringe. *Landscape and Urban Planning*, *77*(1–2), 152–166. doi:10.1016/j.landurbplan.2005.01.008

Surat, H. (2017). Kent parklarının görsel peyzaj algısının peyzaj mimarlığı öğrencileri tarafından değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *19*(1), 70–80. doi:10.24011/barofd.295860

Vardar, Ö.E., (2025). *Peyzaj Tasarım Bileşenlerinin Duygu Durumu Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi: Bursa Hanlar Bölgesi Örneği,* Yüksek lisans tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.

Yaldız, B., (2022). *Bandırma Kıyı Bandı Örneğinde Görsel Kalitenin Bitkisel Yönden Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi*, Yüksek lisans tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye.

Wang, R., ve Zhao, J. (2020). Effects of evergreen trees on landscape preference and perceived restorativeness across seasons. *Landscape Research*, 1–13. doi:10.1080/01426397.2019.1699507

Wong, K., ve Domroes, M. (2005). The visual quality of urban park scenes of Kowloon Park, Hong Kong: likeability, affective appraisal, and cross-cultural perspectives. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *32*, 617–632. doi:10.1068/b31028

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp. 60-74
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1674412

Analysis of OECD Countries in Terms of Foreign Trade of a Wood-Based Product Group via Hierarchical Clustering

Hiyerarşik Kümeleme Aracılığıyla Odun Esaslı Bir Ürün Grubunun Dış Ticareti Açısından OECD Ülkelerinin Analizi

Sebahattin TİRYAKİ[1]

Abstract

In today's globalizing world, economic cooperation is of great importance for countries to develop their trade networks. It is possible to consider the OECD as one of such collaborations. The main purpose of this study is to subject the export and import values of OECD countries in terms of plywood, veneered panel and similar laminated wood product group to hierarchical cluster analysis and to classify the countries according to their similarities. The plywood, veneered panel and similar laminated wood export and import data belonging to the years 2013-2023 of the countries subject to the study were provided from Trademap website. The results of the hierarchical cluster analysis indicated that it is possible to divide OECD countries into minimum 2 groups and maximum 4 groups in terms of export, and minimum 2 groups and maximum 5 groups in terms of import. Moreover, hierarchical cluster analysis revealed Türkiye's position among the OECD countries. It has been understood that Türkiye is in the cluster with the highest number of countries, in all clustering options in terms of both the export and import. This result demonstrated that Türkiye is similar to a large number of the OECD countries in terms of foreign trade of the relevant product group. It is possible to state that such studies may be important in terms of both seeing the current situation of the countries and making more effective assessments regarding the products or sectors under research.

Keywords: Plywood, foreign trade, hierarchical clustering, wood-based product

Özet

Günümüzün küreselleşen dünyasında ülkelerin ticaret ağlarını geliştirmesi için ekonomik iş birlikleri büyük önem taşımaktadır. OECD'yi bu gibi iş birliklerden biri olarak dikkate almak mümkündür. Bu çalışmanın ana amacı kontrplak, kaplamalı levha ve benzeri lamine edilmiş odun ürün grubu açısından OECD ülkelerinin ihracat ve ithalat değerlerini hiyerarşik kümeleme analizine tabi tutmak ve ülkeleri benzerliklerine göre sınıflandırmaktır. Çalışmaya konu ülkelerin 2013-2023 yıllarına ait kontrplak, kaplamalı levha ve benzeri lamine edilmiş odun ihracat ve ithalat verileri Trademap web sitesinden sağlanmıştır. Hiyerarşik kümeleme analizinin sonuçları OECD ülkelerini ihracat açısından en az 2 gruba ve en fazla 4 gruba, ithalat açısından ise en az 2 gruba ve en fazla 5 gruba ayırmanın mümkün olduğunu göstermiştir. Ayrıca, hiyerarşik kümeleme analizi Türkiye'nin OECD ülkeleri arasındaki pozisyonunu ortaya koymuştur. Hem ihracat hem de ithalat açısından tüm kümeleme seçeneklerinde Türkiye'nin en fazla ülkeye sahip kümede yer aldığı anlaşılmıştır. Bu sonuç Türkiye'nin ilgili ürün grubunun dış ticareti açısından çok sayıda OECD ülkesine benzediğini göstermiştir. Bu tür çalışmaların, araştırılan ürün veya sektörlere ilişkin hem ülkelerin mevcut durumlarını görme hem de daha etkili değerlendirmeler yapma açısından önemli olabileceğini belirtmek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Kontrplak, dış ticaret, hiyerarşik kümeleme, odun esaslı ürün

Received: 11.04.2025, Revised: 21.05.2025, Accepted: 03.06.2025
Address: [1]Karadeniz Technical University, Arsin Vocational School, Arsin, Trabzon, Türkiye
E-mail: stiryaki@ktu.edu.tr

1. Introduction

It is obvious that the world economy is in a process of rapid transformation and development. On the other hand, it is not always easy to keep up with this rapidly advancing process and to exist within it. The countries need to create their own internal dynamics and keep up with the economic balance in order to achieve this speed. At this point, it is possible to say that the most important internal dynamics that keep countries sustain and enable them to compete with the world are the industries that will develop the countries (Gunduz et al., 2018).

Türkiye's forest products industry is among fast growing sectors in Türkiye, with its development in recent years (Koç et al., 2017). This industry or sector is an indispensable element of many industrial branches that shape the country's economy. It provides significant support or contributions to many different sectors (Şahin, 2016). When the forest products sector is evaluated in terms of production size and foreign trade volume, it is possible to state that the sector has a remarkable size in both national and international trade. The wood-based panel product group stands out within the forest products industry sector, which processes roundwood obtained from forests in various ways to obtain products with different properties (Yıldırım et al., 2016).

Figure 1 shows Türkiye's plywood, veneered panel and similar laminated wood export, import and trade balance, while Figure 2 demonstrates the plywood, veneered panel and similar laminated wood export, import and trade balance of other OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) countries. The data used to create Figure 1 and 2 were obtained from the Trademap website (URL-1).



Figure 1. Türkiye's plywood, veneered panel and similar laminated wood export, import and trade balance.



Figure 2. Export, import and trade balance in terms of plywood, veneered panel and similar laminated wood of OECD excluding Türkiye.

Considering the years 2013-2023, it is possible to draw a general conclusion from Figures 1 and 2 that the plywood, veneered panel and similar laminated wood import values of both Türkiye and other OECD countries are higher compared to their export values. It is seen that the trade balances are obtained in negative. On the other hand, as seen in Figure 1, the difference between import and export values in 2018 and the following years (until 2023) is significantly lower than the difference in the years before 2018 (2013-2017).

Generally speaking, it can be said that international trade is an indispensable element for the advancement or provision of both economic growth and globalization processes (Benlaria, 2024). Similarly, in another study, it was reported that the development of countries shows a close relationship with the success of foreign trade (Akyüz et al., 2020). In brief, it is possible to say that foreign trade is one of the most important driving forces of growth and development (Cicioğlu and İbrahim, 2023). In this context, countries that want to increase their foreign trade volume in today's rapidly globalizing world are in search of new markets to offer their products (Konak and Demir, 2019). Considering that international trade is one of the most important tools contributing to economic growth, its analysis and modeling are of great importance from various perspectives (Demiroğlu, 2019).

Nowadays, hierarchical clustering analysis (HCA) has been widely used in a number of fields, such as hydrochemical classification (Bu et al., 2020), evaluation of river water quality (Warsito et al., 2021), analysis of education expenditures in higher education (Turhan and Gazeloglu, 2023), customer segmentation (Afzal et al., 2024), automotive sector (Pala and

Salahuddin, 2024), analyzing long COVID symptoms (Niewolik et al., 2024), and health system performance (Braithwaite et al., 2025). Apart from these studies, HCA was occasionally used for various goals in the forest products industry. It was sometimes applied alone and sometimes in conjunction with another method, as some examples can be seen in the following researches. Akyüz et al. (2010) analyzed forest product trade relationships between Türkiye and European Union countries through the HCA and discriminant analysis. Tiryaki et al. (2015) tried HCA in analyzing furniture foreign trade of European Union countries and Türkiye. Akyüz et al. (2019) used HCA and discriminant analysis to understand the similarity in industrial wood production of regional directorates of forestry in Türkiye. In another study, Kurt and İmren (2021) applied hierarchical and non-hierarchical cluster analyses for evaluating Türkiye's wood production. Yıldırım and Emiroğlu (2022) performed comparative analysis of some products belonging to the forest products industry sector using HCA and discriminant analysis.

As can be understood from the above studies, the relevant literature suffers from the lack of studies focusing on the comparison of foreign trade of Türkiye and other OECD countries in terms of the plywood, veneered panel and similar laminated wood product group through HCA although there are similar researches. Therefore, this study aims to comparatively analyze the foreign trade of Türkiye and other OECD countries for plywood, veneered panel and similar laminated wood product group by HCA.

2. Material and Method

2.1. Material

The export and import data (unit: US Dollar thousand) for the plywood, veneered panel and similar laminated wood product group of Türkiye and other OECD countries were obtained from the website of the International Trade Center/Trademap (URL-1). In other words, the data belonging to the product group defined with the code 4412 on this website were employed in this study. Table 1 gives the code and description of the product group considered within the scope of the current study.

Table 1. The code and description of the product group subject to the study (URL-1).

Code	Product description
4412	Plywood, veneered panel and similar laminated wood (excl. sheets of compressed wood, cellular wood panels, parquet panels or sheets, inlaid wood and sheets identifiable as furniture components)

In brief, the data of the product group described above, covering the years 2013-2023 and available on the Trademap website (URL-1) at the time of data collection, were analyzed, graphed and interpreted for the current study.

2.2. Methods

In this study, OECD countries, of which Türkiye is a member, were analyzed in terms of foreign trade of the product group that is the subject of the study, taking into account the years 2013-2023. For this purpose, export and import data of a total of 38 countries, including Türkiye, were taken into account. Within the scope of the research, a well-known data analysis tool, the HCA, was used to cluster OECD countries in terms of export and import of plywood, veneered panel and similar laminated wood product group.

In general terms, hierarchical clustering can be referred to as a cluster analysis method that intends to create a hierarchy of clusters. It can be subdivided based on agglomerative and divisive approaches (Shetty and Singh, 2021). In agglomerative clustering approach, hierarchical clustering begins by first treating each item as a single cluster. The next phase involves merging pairs of clusters one by one until the merging process of all clusters is completed with a single large cluster holding all the items (Bouguettaya et al., 2015; Lodhi et al., 2023). On the other hand, in divisive clustering approach, all items are initially adopted as a single cluster and the splits are performed iteratively, moving down the hierarchy (Zhang et al., 2017). It was stated that a hierarchical algorithm produces a dendrogram representing a nested grouping of items and similarity levels at which groupings change (Jain et al., 1999).

The HCA was carried out using the Ward method. As a result, the OECD countries were grouped according to their similarities. The SPSS software was used in the application of HCA.

3. Results and Discussion

3.1. Analysis of export values of plywood, veneered panel and similar laminated wood product group

Türkiye and other OECD countries were clustered in terms of export data of plywood, veneered panel and similar laminated wood product group for the years 2013-2023 using HCA. Figure 3 demonstrates the dendrogram obtained as a result of the HCA conducted using the data provided from the following reference (URL-1) and taking into account the Ward method.

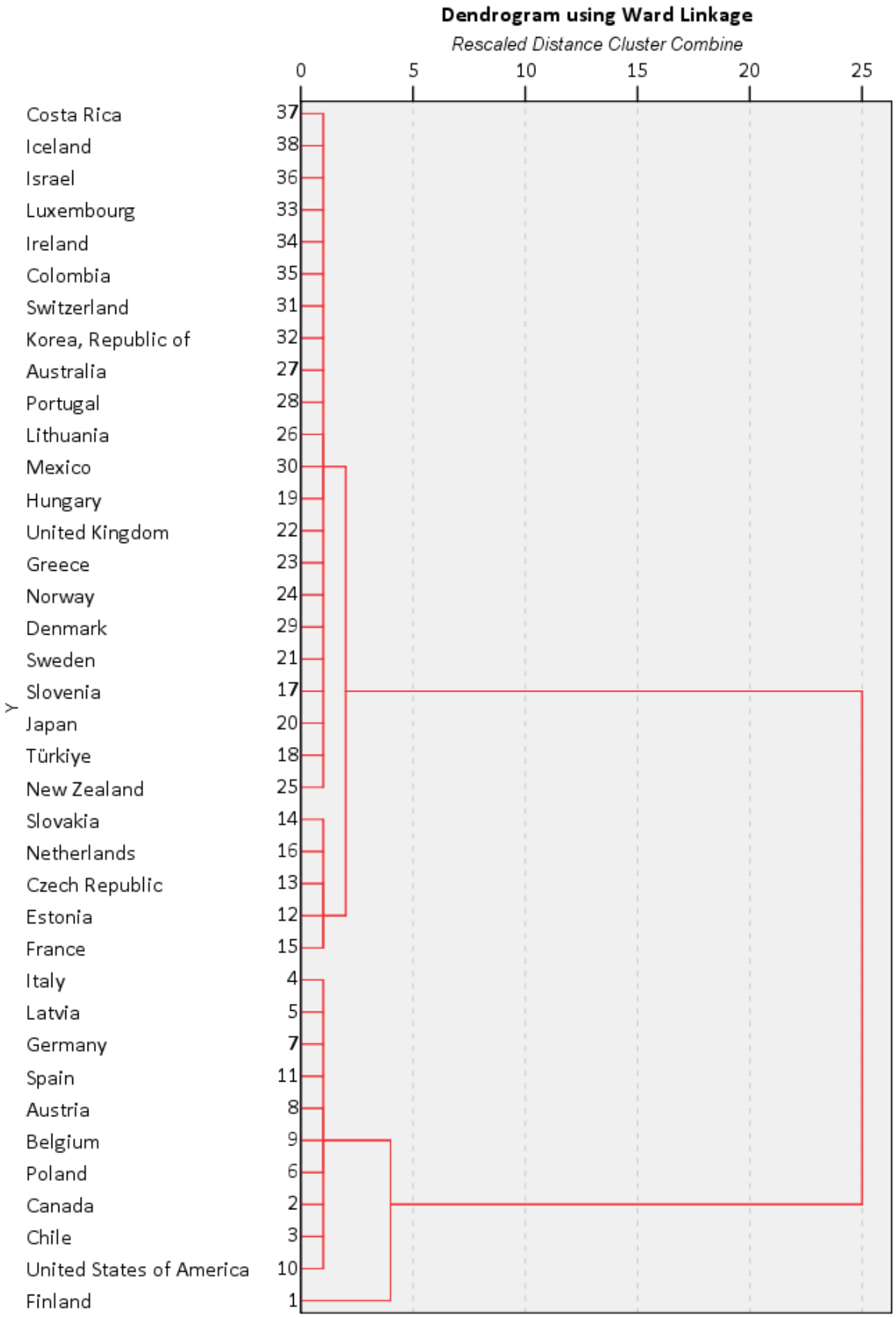


Figure 3. Dendrogram of export data.

The dendrogram in Figure 3 provided visual information regarding the clustering of the countries under study. As the export data of the product group subject to the current study were taken into account, it was seen that the 38 countries of the OECD, including Türkiye, could be mainly divided into minimum 2 and maximum 4 groups or clusters as a result of application the of HCA by Ward method.

Figure 4 gives a graphical presentation of the approximate sizes of all clusters obtained according to the results of the HCA applied to the export values. Besides, Table 2 presents the countries that make up each cluster identified by taking into account the results of the analysis.

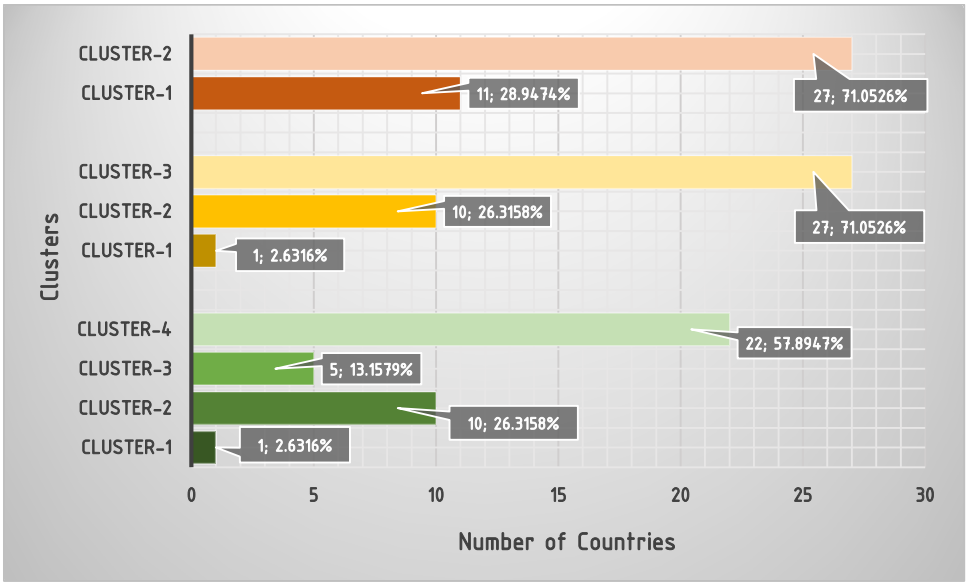


Figure 4. Graphical presentation of cluster sizes in terms of export data.

Table 2. Results of HCA in terms of export data.

Division into four clusters	
Cluster-1 (*1 country*)	Finland
Cluster-2 (*10 countries*)	Canada, Italy, Chile, Latvia, Germany, Spain, Austria, Belgium, USA, Poland
Cluster-3 (*5 countries*)	Estonia, Czech Republic, France, Netherlands, Slovakia
Cluster-4 (*22 countries*)	***Türkiye***, Slovenia, Japan, Hungary, Sweden, United Kingdom, New Zealand, Greece, Norway, Lithuania, Denmark, Australia, Mexico, Portugal, Switzerland, Korea, Republic of, Ireland, Luxembourg, Israel, Colombia, Costa Rica, Iceland
Division into three clusters	
Cluster-1 (*1 country*)	Finland
Cluster-2 (*10 countries*)	Canada, Italy, Chile, Latvia, Germany, Spain, Austria, Belgium, USA, Poland
Cluster-3 (*27 countries)*	Estonia, Czech Republic, France, Netherlands, Slovakia, ***Türkiye***, Slovenia, Japan, Hungary, Sweden, United Kingdom, New Zealand, Greece, Norway, Lithuania, Denmark, Australia, Mexico, Portugal, Switzerland,

	Korea, Republic of, Ireland, Luxembourg, Israel, Colombia, Costa Rica, Iceland
Division into two clusters	
Cluster-1 (*11 countries*)	Finland, Canada, Italy, Chile, Latvia, Germany, Spain, Austria, Belgium, USA, Poland
Cluster-2 (*27 countries*)	Estonia, Czech Republic, France, Netherlands, Slovakia, ***Türkiye***, Slovenia, Japan, Hungary, Sweden, United Kingdom, New Zealand, Greece, Norway, Lithuania, Denmark, Australia, Mexico, Portugal, Switzerland, Korea, Republic of, Ireland, Luxembourg, Israel, Colombia, Costa Rica, Iceland

USA symbolizes United States of America

As can be seen in Table 2, the HCA performed to classify the countries with similar export data indicates that except for the separation into two clusters, which is one of the results of the dendrogram, Finland formed a separate cluster on its own for all other cases. When the data collected from the following reference (URL-1) were examined, it became clear that Finland is leading among the OECD countries in terms of export value of the relevant product group in the considered time period. Another striking finding of the HCA is that most of the OECD countries are in a single group in all clustering alternatives. In other words, the results demonstrated that a significant number of these countries are similar in terms of export values. Speaking of Türkiye, it is possible to specify that Türkiye is in the largest cluster, that is, in the cluster with the largest number of countries, in all clustering options. As can be seen in Figure 4, the largest number of countries, including Türkiye, are located in clusters 2 and 3 with cluster sizes of approximately 71% when the countries are divided into 2 and 3 clusters respectively, and in cluster 4 with a cluster size of approximately 58% when the countries are divided into 4 clusters. This means that Türkiye's export values for the relevant product group are similar to many OECD countries.

3.2. Analysis of import values of plywood, veneered panel and similar laminated wood product group

Türkiye and other OECD countries were clustered in terms of import data of plywood, veneered panel and similar laminated wood product group for the years 2013-2023 using HCA. Figure 5 demonstrates the dendrogram obtained as a result of the HCA conducted using the data provided from the following reference (URL-1) and taking into account the Ward method.



Figure 5. Dendrogram of import data.

When the dendrogram obtained as a result of HCA conducted by using the import values of OECD countries for the product group under consideration are examined, it is seen that the countries are clustered in minimum 2 groups and maximum 5 groups.

Figure 6 indicates a graphical presentation of the approximate sizes of clusters obtained according to the results of the HCA applied to the import values. Furthermore, Table 3 gives the countries that make up each cluster identified by taking into account the results of the analysis.

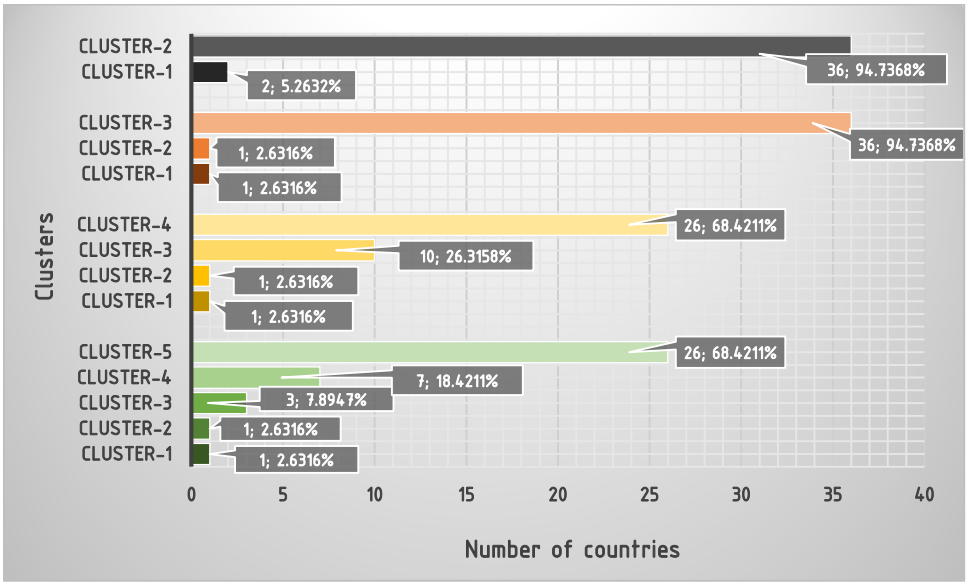


Figure 6. Graphical presentation of cluster sizes in terms of import data.

Table 3. Results of HCA in terms of import data.

Division into five clusters	
Cluster-1 (*1 country*)	USA
Cluster-2 (*1 country*)	Japan
Cluster-3 (*3 countries*)	Germany, United Kingdom, Korea, Republic of
Cluster-4 (*7 countries*)	Netherlands, France, Mexico, Australia, Canada, Italy, Belgium
Cluster-5 (*26 countries*)	Switzerland, ***Türkiye***, Austria, Israel, Denmark, Spain, Sweden, Norway, Czech Republic, Portugal, New Zealand, Hungary, Slovenia, Lithuania, Greece, Finland, Estonia, Latvia, Poland, Chile, Slovakia, Ireland, Colombia, Luxembourg, Iceland, Costa Rica
Division into four clusters	
Cluster-1 (*1 country*)	USA
Cluster-2 (*1 country*)	Japan
Cluster-3 (*10 countries*)	Germany, United Kingdom, Korea, Republic of, Netherlands, France, Mexico, Australia, Canada, Italy, Belgium
Cluster-4 (*26 countries*)	Switzerland, ***Türkiye***, Austria, Israel, Denmark, Spain, Sweden, Norway, Czech Republic, Portugal, New Zealand, Hungary, Slovenia, Lithuania, Greece, Finland,

	Estonia, Latvia, Poland, Chile, Slovakia, Ireland, Colombia, Luxembourg, Iceland, Costa Rica
Division into three clusters	
Cluster-1 (*1 country*)	USA
Cluster-2 (*1 country*)	Japan
Cluster-3 (*36 countries*)	Germany, United Kingdom, Korea, Republic of, Netherlands, France, Mexico, Australia, Canada, Italy, Belgium, Switzerland, ***Türkiye***, Austria, Israel, Denmark, Spain, Sweden, Norway, Czech Republic, Portugal, New Zealand, Hungary, Slovenia, Lithuania, Greece, Finland, Estonia, Latvia, Poland, Chile, Slovakia, Ireland, Colombia, Luxembourg, Iceland, Costa Rica
Division into two clusters	
Cluster-1 (*2 countries*)	USA, Japan
Cluster-2 (*36 countries*)	Germany, United Kingdom, Korea, Republic of, Netherlands, France, Mexico, Australia, Canada, Italy, Belgium, Switzerland, ***Türkiye***, Austria, Israel, Denmark, Spain, Sweden, Norway, Czech Republic, Portugal, New Zealand, Hungary, Slovenia, Lithuania, Greece, Finland, Estonia, Latvia, Poland, Chile, Slovakia, Ireland, Colombia, Luxembourg, Iceland, Costa Rica

USA symbolizes United States of America

Generally speaking, when the results of the HCA conducted by using the import data of 38 OECD countries were examined, it was understood that in particular the USA and Japan are different from other member countries. The analysis of all clustering results demonstrated that these two countries, either alone or together, formed different clusters without other countries. When the data obtained from the following reference (URL-1) were examined, it was seen that they have a larger share in terms of the import values of the plywood, veneered panel and similar laminated wood product group compared to other OECD countries for the time period considered in the study. On the other hand, Finland, which generally stands out from other countries with its export data and forms a cluster on its own in most cases, could not show this feature in the analysis of the import data and was in the same group or cluster with many other OECD countries. Similar to the situation in the analysis of export values, one of the striking findings of the HCA in terms of the import data is that most of the OECD countries are together in a single group in all clustering alternatives. In other words, the results of HCA revealed that a significant number of these countries are similar in terms of import values. In an evaluation regarding Türkiye, it is possible to say that Türkiye is in the largest cluster, that is, in the cluster with the largest number of countries, in all clustering options. As can be seen in Figure 6, the largest number of countries, including Türkiye, are in clusters 2 and 3 with cluster sizes of approximately 95% when the countries are divided into 2 and 3 respectively, and in clusters 4 and 5 with cluster sizes of approximately 68% when the countries are divided into 4 and 5, respectively. This means that Türkiye's import values in terms of the relevant product group

are similar to many OECD countries. Moreover, when evaluated from this perspective, it is clear that this case reached regarding import values is similar to the result obtained regarding the export.

The results of the current study, in which the OECD countries are divided into different clusters in terms of export and import values of plywood, veneered panel and similar laminated wood product group, are generally consistent with the results of some previous similar studies conducted in the forest products industry with this aspect. In studies conducted in different fields of the forest products industry and exemplified in the following literature (Akyüz et al., 2010; Tiryaki et al., 2015; Akyüz et al., 2019; Kurt and İmren, 2021; Yıldırım and Emiroğlu, 2022), it was observed that the items considered in the studies were divided into a varying number of clusters in terms of export, import or production of various products as a result of HCA. On the other hand, it should be emphasized that the current study shows important differences from the sample studies given above in terms of the parameters or research variables used in the study.

4. Conclusion

In this research, plywood, veneered panel and similar laminated wood export and import values of 38 OECD members, including Türkiye, for the years 2013-2023 were subjected to the HCA and the member countries were classified according to their similarities. The main outputs obtained as a result of clustering the OECD members in terms of the export and import values of the product group under study through the HCA are as follows:

It was seen that the minimum 2 and maximum 4 clusters for 38 countries of OECD in terms of the export values could be formed by the use of HCA with the Ward method. Apart from the division of countries into two clusters, which is one of the results of the dendrogram, Finland formed a separate cluster on its own in all other cases, indicating that it has a different position than other countries in terms of export data. Another important outcome of the HCA is that most of the member countries are similar in terms of export values. When an evaluation was made for Türkiye, it was seen that the country was included in the cluster with the highest number of countries in each clustering option resulting from the HCA. This result reveals that Türkiye is similar to many OECD countries in terms of export values of the relevant product group.

The HCA results showed that minimum 2 and maximum 5 clusters can be obtained for import data of 38 member countries of OECD in terms of the product group considered in the current study. Analysis of all clustering results indicated that the USA and Japan, in most cases alone and together when OECD countries are divided into two clusters, formed distinct clusters or groups without other countries, revealing that they differ from other members in terms of

import values. Similar to the results of export data, the HCA results of import data showed that the most of OECD countries are together in a single group. Based on the results of the analysis in terms of import; it is possible to say that Türkiye is in the cluster with the highest number of countries, in all clustering options.

This study divided OECD countries into clusters in terms of export and import data of plywood, veneered panel and similar laminated wood product group. In conclusion, it is thought that the study can contribute to better understanding or evaluation of foreign trade behavior of the countries in terms of the relevant product group.

References

Afzal, A., Khan, L., Hussain, M. Z., Hasan, M. Z., Mustafa, M., Khalid, A., Awan, R., Ashraf, F., Khan, Z. A., & Javaid, A. (2024). *Customer segmentation using hierarchical clustering*. 2024 IEEE 9th International Conference for Convergence in Technology (I2CT), Apr 5-7, 1−6, Pune, India.

Akyüz, K. C., Yıldırım, İ., Ersen, N., Akyüz, İ., & Memiş, D. (2020). Competitiveness of the forest products industry in Turkey: The revealed comparative advantage index. *Drewno*, *63*(205),155-170. https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.333.09

Akyüz, K. C., Yıldırım İ., Balaban, Y., & Korkut, S. (2010). Analysis of forest product trade relationships between Turkey and European Union member states. *African Journal of Biotechnology*, *9*(16), 2353-2359.

Akyüz, İ., Ersen, N., Bayram, B. Ç., Acar, M., Akyüz, K. C., & Üçüncü, T. (2019). Investigation of the similarities of industrial wood production statistics of regional directorates of forestry in Turkey using cluster and discriminant analysis. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, *19*(2), 214-224. https://doi.org/10.17475/kastorman.625588

Benlaria, H. (2024). The impact of economic factors on Saudi Arabia's foreign trade with BRICS countries: A gravity model approach. *Economies*, *12*, 305. https://doi.org/10.3390/economies12110305

Bouguettaya, A., Yu, Q., Liu, X., Zhou, X., & Song, A. (2015). Efficient agglomerative hierarchical clustering. *Expert Systems with Applications*, *42*(5), 2785–2797. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.09.054

Braithwaite, J., Tran, Y., Fisher, G., Ellis, L. A., Smith, C. L., & Zurynski, Y. (2025). Health system performance on greenhouse gas emissions, climate change and

development status in 38 OECD countries. *Scientific Reports*, *15*, 5101. https://doi.org/10.1038/s41598-025-89485-0

Bu, J., Liu, W., Pan, Z., & Ling, K. (2020). Comparative study of hydrochemical classification based on different hierarchical cluster analysis methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*, 9515. https://doi.org/10.3390/ijerph17249515

Cicioğlu, Ş., İbrahim, R. H. A. (2023). Analysis of foreign trade between Türkiye and Africa. *Turkish Journal of Middle Eastern Studies*, *10*(2), 75-102. https://doi.org/10.26513/tocd.1356970

Demiroğlu, Ö. (2019). Çekim modeli uygulamasında son gelişmeler ve yapısal/teorik çekim modeli. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *18*(35), 889-904.

Gunduz, F. F., Gunduz, S., & Dolekoglu, C. O. (2018). Cluster analysis of the EU countries which Turkey has textile trade. *International Journal of Economics and Financial Issues*, *8*(5), 332-341. https://doi.org/10.32479/ijefi.6886

Jain, A. K., Murty, M. N., & Flynn, P. J. (1999). Data clustering: A review. *ACM Computing Surveys*, *31*(3), 264–323. https://doi.org/10.1145/331499.331504

Koç, K. H., Dilik, T., & Kurtoğlu, A. (2017). *Türkiye orman ürünleri endüstrisine stratejik bir bakış*. IV. Ulusal Ormancılık Kongresi, 15-16 Kasım, 483-495, Antalya, Türkiye.

Konak, A., & Demir M. A. (2019). Türkiye'nin BRICS ülkeleri ile ticaretinin analizi: Çekim modeli uygulaması. *Uluslararasi Bankacılık, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, *2*(2), 43-70.

Kurt, R., & İmren, E. (2021). Regional clusters, similarities, and changes in Turkey's wood production: A comparative analysis using K-Means and Ward's clustering methods. *Drvna Industrija*, *72*(4), 337-346. https://doi.org/10.5552/drvind.2021.2031

Lodhi, S. S., Kumar, N., & Pandey, P. K. (2023). Autonomous vehicular overtaking maneuver: A survey and taxonomy. *Vehicular Communications*, *42*, 100623. https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2023.100623

Niewolik, J., Mikuteit, M., Klawitter, S., Schröder, D., Stölting, A., Vahldiek, K., Heinemann, S., Müller, F., Behrens, G. M. N., Klawonn, F., Dopfer-Jablonka, A., & Steffens, S. (2024). Cluster analysis of long COVID symptoms for deciphering a syndrome and its long-term consequence. *Immunologic Research*, *72*, 605–613. https://doi.org/10.1007/s12026-024-09465-w

Pala, Ü., & Salahuddin, T. (2024). Technological and innovative structure and capabilities of Türkiye's automotive industrial sector: An exploratory study. *International Journal of Automotive Science and Technology*, *8*(4), 476-492. https://doi.org/10.30939/ijastech..1508081

Zhang, Z., Murtagh, F., Poucke, S. V., Lin, S., & Lan, P. (2017). Hierarchical cluster analysis in clinical research with heterogeneous study population: highlighting its visualization with R. *Annals of Translational Medicine*, *5*(4), 75. http://dx.doi.org/10.21037/atm.2017.02.05

Shetty, P., & Singh, S. (2021). Hierarchical clustering: A survey. *International Journal of Applied Research*, *7*(4),178-181.https://doi.org/10.22271/allresearch.2021.v7.i4c.8484

Şahin, D. (2016). Türkiye'de ormana dayalı sektörlerin dış ticaret yapısının analizi. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *5* (Ek sayı), 181-196.

Tiryaki, S., Aydın, A., & Üçüncü, K. (2015). *Türkiye mobilya sektörünün Avrupa Birliği sürecinde dış ticaret durumunun kümeleme analizi ile incelenmesi*. 3. Ulusal Mobilya Kongresi, 10-12 Nisan, 242-248, Konya, Türkiye.

Turhan, T., & Gazeloglu, C. (2023). *Statistical analysis of education expenditures in higher education: The case of Turkey between 2011-2021*. 1st International Conference on Modern and Advanced Research, July 29-31, 227-234, Konya, Turkey. https://doi.org/10.59287/icmar.1287

URL-1. https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c6578%7c%7c%7c4412%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c3%7c1%7c1%7c1 (Access date: 28.05.2025)

Warsito, B., Sumiyati, S., Yasin, H., & Faridah, H. (2021). Evaluation of river water quality by using hierarchical clustering analysis. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, *896*, 012072. doi:10.1088/1755-1315/896/1/012072

Yıldırım, İ., & Emiroğlu, E. (2022). Türkiye ve dünyada orman ürünleri sanayi sektörüne ait bazı ürünlerin karşılaştırmalı analizleri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, *9*: Özel Sayı, 155-164. https://doi.org/10.17568/ogmoad.1090122

Yıldırım, İ., Alevli, C., & Akyüz, K. C. (2016). Odun esaslı levha sektörünün dış ticaret analizi ve tahmini. *Kastamonu Universitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *16*(2), 370-382. https://doi.org/10.17475/kastorman.289748

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 75-91
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1544591

Isparta Gölcük Tabiat Parkının Rekreasyon Potansiyelini Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma

A Research to Determine the Recreation Potential of Isparta Gölcük Nature Park

Büşra KUTLU[1], Sarıyya RAHIMBAYLI[2], Mert AKOĞLU[1]

Özet

Sanayi Devrimi'nin ardından, artan iş yoğunluğu ve hızlı nüfus artışı, bireylerin kentlerde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu yoğunluk, bireylerin hem zihinsel hem de fiziksel sağlıklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Olumsuz etkilerin sonucu olarak, özellikle son yıllarda açık hava rekreasyon etkinliklerine, milli parklar ve tabiat parklarına yönelik ilgi ve talebin daha çok arttığı gözlemlenmiştir. Bu doğal alanların korunması ile toplum yararının da gözetildiği hassas dengelerin kurulduğu sürdürülebilir kullanımların oluşturulabilmesi günümüzde büyük önem arz etmektedir. Rekreasyon faaliyetlerinin sürekli olarak gelişmesi ve çeşitlenmesi, bu doğal alanların rekreatif ve turistik etkinlikler açısından önemini artırırken diğer yanda ekolojik çeşitlilik ve doğa korumaya yönelik düşünme biçimleri gelişmektedir. Bu bağlamda, tabiat alanlarının etkili yönetimi ve sürdürülebilir kullanımı hem bireysel ve toplumsal refah hem de doğanın korunması için kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, Gölcük Tabiat Parkı'nın doğa yürüyüşü-gezinti, doğa fotoğrafçılığı, piknik vb. gibi çeşitli rekreatif potansiyelleri belirlenmiştir. 1980 yılında Gülez tarafından geliştirilen "Ormaniçi Rekreasyon Potansiyeli Değerlendirme Yöntemi" kullanılarak bu alanın peyzaj değeri, iklim değeri, ulaşılabilirlik, rekreatif kolaylık ve olumsuz etkenler olmak üzere beş ana başlıkta değerlendirilerek alanın rekreasyonel potansiyeli ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Rekreasyon potansiyeli, Gölcük Tabiat Parkı, Isparta

Abstract

Following the Industrial Revolution, increasing work intensity and rapid population growth have led to the concentration of individuals in cities. This density negatively affects both the mental and physical health of individuals. As a result of these negative effects, it has been observed that the interest and demand for outdoor recreation activities, national parks and nature parks have increased in recent years. Today, it is of great importance to protect these natural areas and to create sustainable uses in which sensitive balances are established with the benefit of society. While the continuous development and diversification of recreational activities increase the importance of these natural areas in terms of recreational and touristic activities, on the other hand, ways of thinking about ecological diversity and nature conservation are developing. In this context, effective management and sustainable use of natural areas play a critical role for both individual and social welfare and nature conservation. In this study, various recreational potentials of Gölcük Nature Park were identified. Using the Forest Recreation Potential Assessment method developed by Gülez in 1980, the recreational potential of this area was evaluated under five main headings: landscape value, climate value, accessibility, recreational convenience and negative factors.

Keywords: Recreation potential, Gölcük Nature Park, Isparta

Geliş Tarihi: 06.09.2024, Düzeltme Tarihi: 13.01.2025, Kabul Tarihi: 07.03.2025
Adres: [1]Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
E-mail: kutlubusra@sdu.edu.tr
[2]Peyzaj Mimarı Dr.

1. Giriş

Kent nüfusundaki hızlı, küresel büyümenin artık geride kaldığı ve gelecekte daha da yavaşlayacağı öngörülmektedir. "Kentleşme Derecesi" kavramını temel alan yeni araştırmalar, demografik büyümenin şimdiden yavaşlamaya başladığını ve önümüzdeki on yıllarda bu eğilimin devam edeceğini ortaya koymaktadır. Kent nüfusunun oranı 1950'de yüzde 25 iken, 2020 itibarıyla yaklaşık yüzde 50'ye çıkmış, önümüzdeki 50 yıl içinde ise bu oran yavaş bir artışla yüzde 58'e yükselecektir. Öte yandan, kent-kır sürekliliğindeki diğer yerleşimlerin, yani kasabalar, yarı yoğun alanlar ve kırsal alanların payının azalması beklenmektedir. Kasaba ve yarı yoğun alanların oranının 2020'de yüzde 29'dan yüzde 24'e, kırsal alanların oranının ise yüzde 22'den yüzde 18'e düşmesi beklenmektedir (United Nations, 2022). Nüfus yoğunluğundaki artış ve düzensiz yapılaşma, kentsel çevrenin niteliklerini değiştirerek insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu bağlamda, kentlerde fiziksel ve zihinsel refahın sağlanması önemli bir ihtiyaç haline gelmiş olup, doğa temelli rekreasyon aktiviteleri bu ihtiyacın karşılanmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Yirmi birinci yüzyılın getirdiği teknolojik ihtiyaçlara bağlı olarak değişen yaşam biçimleri, boş zaman etkinliklerinde daha fazla doğal alan kullanımına yönelmiştir. Bu açıdan bakıldığında, rekreasyon insanlara toplumsal ve sosyal faydalar sağlayan faaliyetler olarak tanımlanabilir. Rekreasyon ihtiyacı, bireylerin çevresel olumsuzluklardan uzaklaşma, ruhsal yenilenme, yaşamsal sıkıntılardan kurtulma ve kendilerini geliştirme gereksinimlerinden kaynaklanmaktadır (Öztürk, 2005). Zamanla, bireyler ekonomik beklentilerden bağımsız olarak, boş ve serbest zamanlarını değerlendirmek amacıyla rekreasyon alanlarına yönelmişlerdir (Şimşek ve Korkut, 2009). Bu taleplerin ve eğilimlerin belirlenmesinde en önemli etken, kullanıcıların sosyo-ekonomik yapılarına bağlı değişkenlerdir (Jim, 1989). Ayrıca, rekreasyon etkinlikleri geniş bir çeşitlilik ve farklılık göstermektedir (Schiller, 2001).

Rekreasyondaki temel amaç, insanları dinlendirmeye teşvik etmek ve onlara enerji sağlamak olarak tanımlanabilir (Akten, 2003). Rekreasyon ve turizm günlük kullanımda sıkça birbirinin yerine kullanılsa da bu iki kavram bazı temel yönlerden ayrılmaktadır. Öncelikli olarak, rekreasyon ile turizm arasındaki fark, insanların kendilerine ayırdıkları zaman dilimidir. Rekreatif aktiviteler genellikle kısa süreli olup, günübirlik ve anlık olarak gerçekleşebilir veya birkaç saat sürebilir. Bu tür aktivitelerde, mesafe daha sınırlı olup, aktivitenin gerçekleştirileceği lokasyonun yakınlığı önem taşır; hatta yürüyerek erişilebilecek mesafede olması tercih edilir. Dolayısıyla, rekreatif aktivitelerde mevcut

mekânın terk edilmesi gerekmezken, turizm faaliyetlerinde bu durum genellikle zorunludur (Kervankıran ve Eryılmaz, 2014).

Rekreasyon, bireylerin kendi isteklerini kendi belirledikleri zaman diliminde gerçekleştirdikleri ekonomik ve kültürel açıdan kazanç sağlamayan faaliyetlerdir (Boman ve ark., 2013). Bu faaliyetler, maddi bir beklenti taşımaksızın fiziksel ya da zihinsel bir hareketlilik içerir ve bireysel ya da toplu olarak planlanmış ya da spontane olarak gerçekleştirilen keyif verici etkinliklerdir (Pehlivanoğlu, 1987). Rekreasyon alanları, erişilebilirlik, kullanım şekli, kolaylık ve sundukları rekreasyonel olanaklar gibi faktörlere bağlı olarak farklı zamanlarda ve farklı boyutlarda tercih edilmektedir. Günlük yaşamda, insanlar sıklıkla meydanlar, dinlenme alanları ve kent parklarını kullanırken, günübirlik veya birkaç günlük etkinlikler için kentten uzak kırsal alanlar tercih edilmektedir. Bu kırsal bölgeler, insanların yoğun ve monoton stresten uzaklaşabilecekleri, doğa ile iç içe olup kentlerden çok da uzak olmayan alanlardır (Demirel, 1999). Aynı zamanda rekreasyonel etkinlikler sırasında ve artan taleplerin karşılanması amacıyla doğal dengelerin zorlanması, insan ve çevre arasındaki ilişkilerde çeşitli problemlerin doğmasına neden olmaktadır (Eroğlu ve ark., 2016).

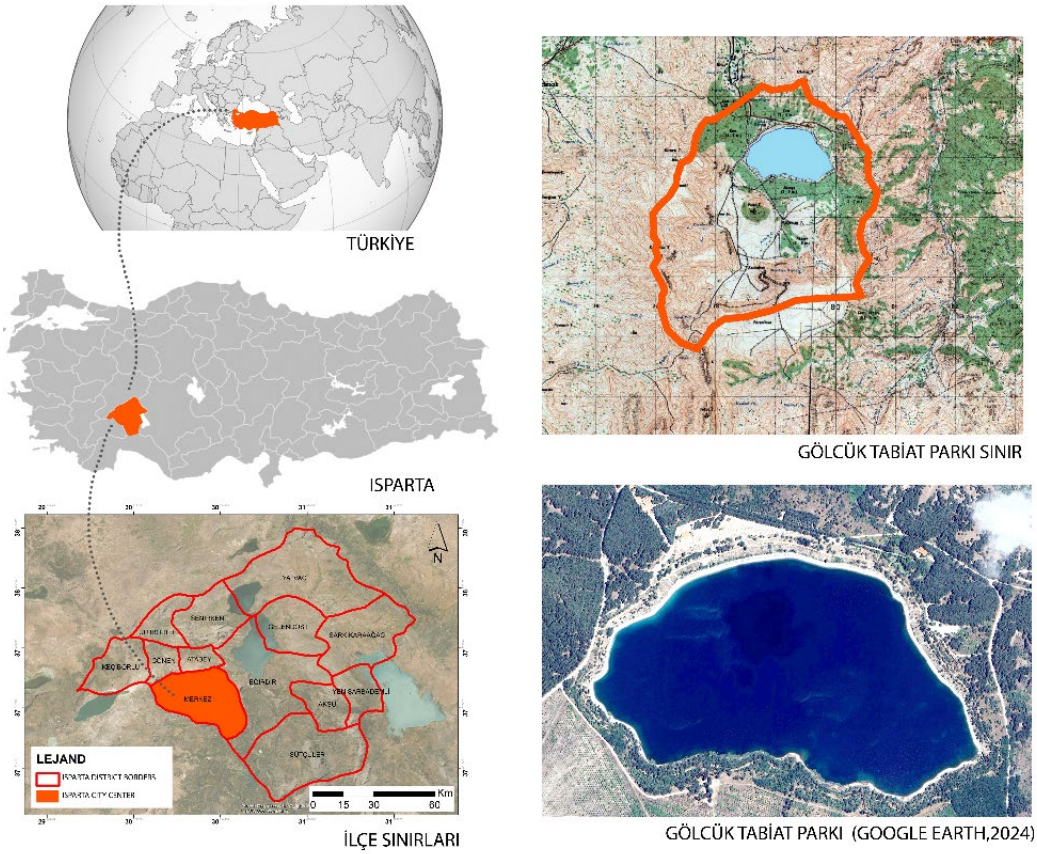
Isparta kent merkezine en yakın doğal alan olan Gölcük Tabiat Parkı'nın rekreasyon potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kentlinin sıklıkla rekreasyonel amaçla tercih ettiği bu alan hem ekolojik hem de kültürel peyzaj açısından oldukça değerlidir. Gölcük Tabiat Parkı'nın rekreasyon potansiyelinin belirlenmesi amacıyla Gülez (1980) tarafından geliştirilen "rekreasyon potansiyeli analizi" yöntemi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında, peyzaj değeri, iklim değeri, ulaşılabilirlik, rekreatif kolaylık ve olumsuz etkenler gibi kriterler dikkate alınarak bir puanlama tablosu oluşturulmuş ve bu tablo aracılığıyla alanın potansiyeli değerlendirilmiştir. Ayrıca, Gölcük Tabiat Parkı'nın olumlu ve olumsuz yönleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, alanın eksik yönlerine yönelik iyileştirme önerileri sunulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Isparta kenti merkez ilçenin batısında yer alan 1380 m rakımlı alan ve çevresini kapsayan, krater gölü yapısındaki Gölcük Gölü'nü de içinde barındıran Gölcük Tabiat Parkı çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Gölcük, deniz seviyesinden 1.378 metre yükseklikte bulunan, 90 ha bir alanı kaplayan ve 3.750 metre uzunluğunda bir kıyı şeridine sahip olan küçük bir göldür (Gül ve ark., 2002). Bu alan 1991 yılında tabiat parkı olarak ilan edildikten

sonra 2008 yılında gerçekleştirilen revizyon çalışmaları neticesinde Gölcük Tabiat Parkı olmuştur (Milli Parklar 6. Bölge Müdürlüğü, 2022).



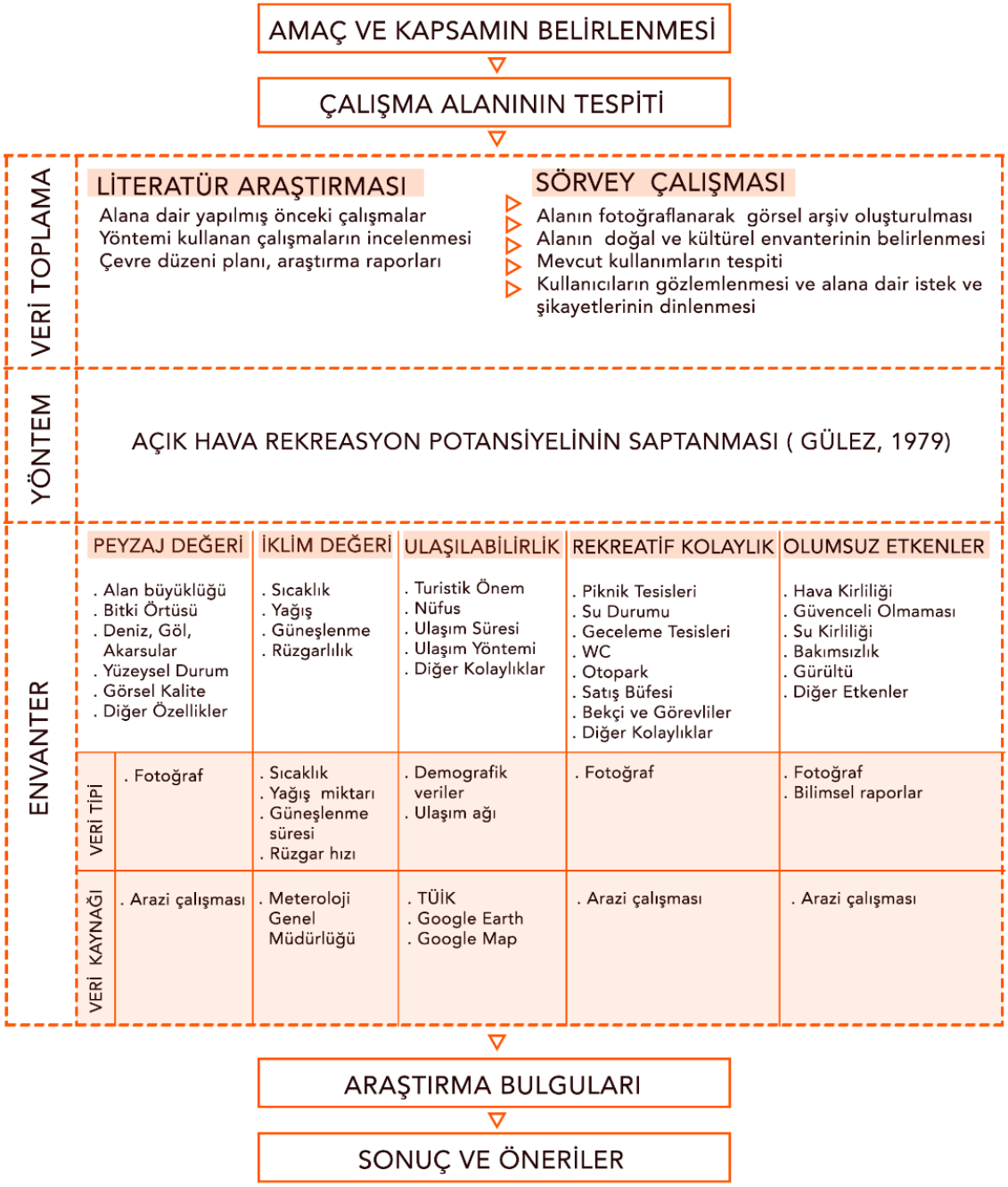
Şekil 1. Gölcük Tabiat Parkı konumu.

Gölcük Tabiat Parkı (GTP), jeomorfolojik yapısı, yaban hayatı açısından zenginliği, bitki örtüsü çeşitliliği ile sağladığı manzara ve rekreasyon potansiyeli tabiat parkı olarak ilan edilmesinde rol oynamıştır. Tabiat parkı coğrafi koordinatları 37° 38’ 33’’- 38° 03’ 38’’ kuzey enlemleri ve 30° 22’ 24’’- 30° 45’ 34’’ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Isparta Valiliği, 2024).

Gölcük krateri, çevresindeki tepelerle yaklaşık 1.100 ha kapalı bir havza oluşturur. Bu krater, yaklaşık 4-4,6 milyon yıl önce Erken Pliyosen Dönemi'nde meydana gelmiş ve bu süreçte Gölcük’ün ana volkanik bacasından çıkan volkanik malzemeler, Gölcük Formasyonu'nu oluşturmuştur. Bu formasyon, volkanik kökenli kaya birimlerinden oluşmaktadır (Bilgin ve ark., 1990).

2.2 Yöntem

Bu çalışmada öncelikle literatür taraması yapılarak rekreasyon potansiyelinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalar araştırılmıştır (Gülez, 1979). Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1990-2023 yıllarına ait Isparta iklim verileri kullanılmıştır. Gölcük Tabiat Parkına yönelik yapılan çalışmaların sonuçları ve alana ait haritalar incelenmiştir. Arazi çalışması yapılarak alandan veriler toplanmıştır. Yöntem akış şeması Şekil 2' de detaylı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 2. Yöntem akış şeması.

Gölcük Tabiat Parkını rekreasyonel potansiyelini belirlemek için pek çok akademik çalışmada yararlanılan Gülez (1980) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ilk olarak Kiemstedt (1967) ve Bucwald (1973) tarafından önerilmiştir. Altan (1976) ve Gülez (1980) tarafından yapılan çalışmalarla yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem ile öncelikle çevresel özellikler ve rekreasyon potansiyelini etkileyecek değişkenler araştırılarak veri toplanmıştır. Elde edilen verilerin "Açık Hava Rekreasyon Potansiyelinin Saptanması" yönteminin aşağıda verilen matematiksel formülle hesaplanmıştır (Gülez, 1980).

P + İ + U + RK + OSE = % RP

Gülez (1980)' a göre denklemde yer alan öğelerin maksimum değerlerinin toplamı 100 olması gerektiği için bu formül sayesinde bir alanın rekreasyonel potansiyelini yüzde olarak belirlenmektedir. Rekreasyonel potansiyele en çok etki eden iki unsur %35 ile peyzaj değeridir, %25 ile iklim değeridir. Ulaşılabilirlik %20, rekreaktif kolaylık %20 etkilidir. Olumsuz etkenler ise rekreasyonel potansiyele negatif etki etmektedir. Bir alanın rekreasyon potansiyelini belirlemek için kullanılan bir değerlendirme sisteminin kriterleri ve bu kriterlerin önem sırasındaki ağırlıkları aşağıda verilmiştir (Gülez, 1980).

Peyzaj Değeri (P): Rekreasyon potansiyeli değerlendirilirken en önemli kriter peyzaj potansiyelidir. Bu nedenle, bu özellik değerlendirmede %35'lik bir ağırlıkla en yüksek puan alacak şekilde belirlenmiştir.

İklim Değeri (İ): Rekreasyon etkinlikleri üzerinde iklimin önemli derecede etkisi olduğu düşünülerek, değerlendirmede %25'lik bir oranla yer almaktadır. İklim değeri, "Sıcaklık", "Yağış", "Güneşlenme" ve "Rüzgarlılık" gibi ana unsurların rekreasyon üzerindeki etkilerine göre belirli oranla hesaplanmaktadır.

Ulaşılabilirlik (U): Rekreasyon potansiyeli, kolay ulaşılabilme derecesine bağlı olarak anlam kazanır. Bu sebeple, ulaşılabilirlik kriteri rekreasyon değerlendirme metodolojisine %20'lik oranla dahil edilmiştir.

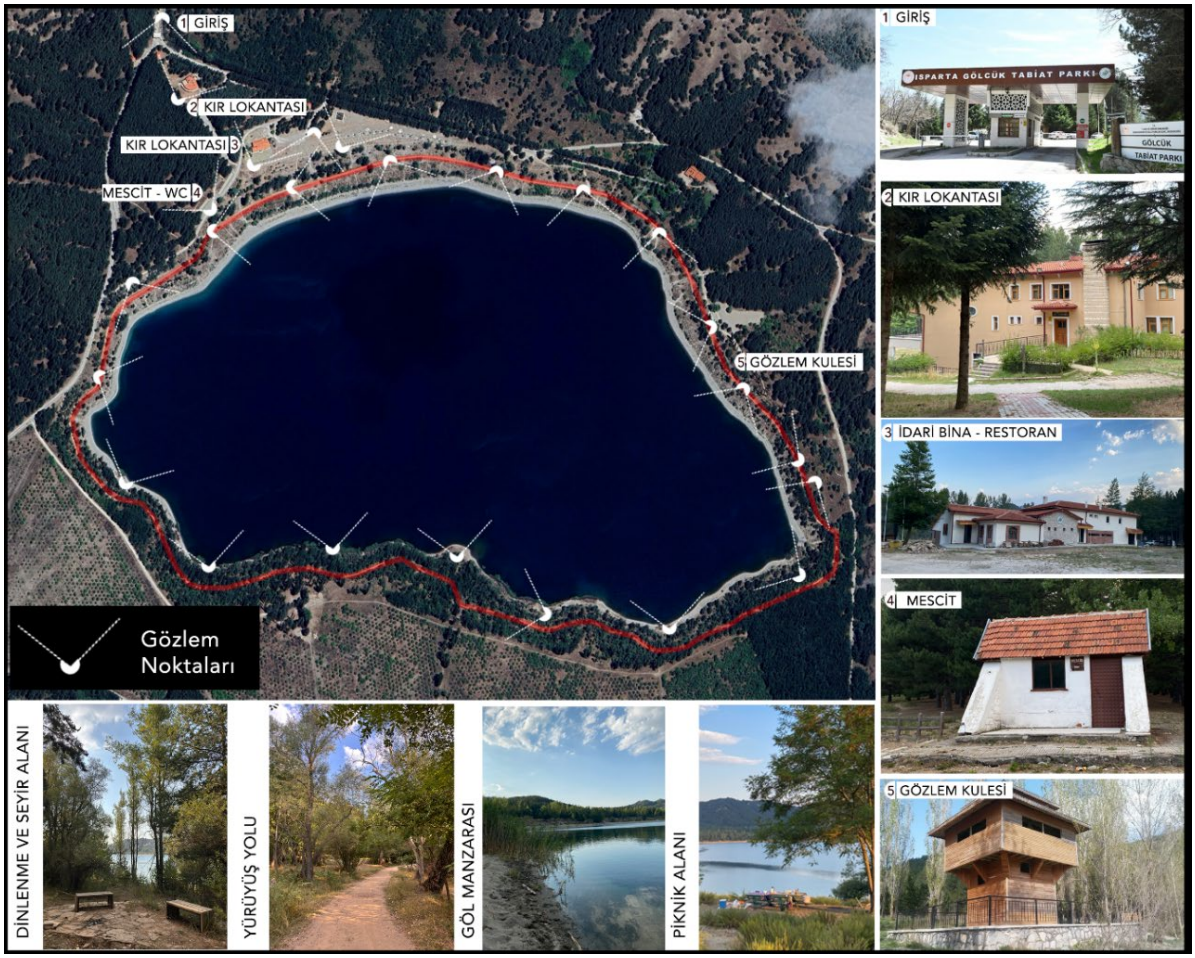
Rekreatif Kolaylık (RK): Bir yerin rekreasyon potansiyelini belirlemede, alanda bulunan tüm rekreatif kolaylıkların varlığı olumlu etki yapar. Bu nedenle, rekreatif kolaylıklar kriteri %20'lik bir ağırlıkla değerlendirme sürecine alınmıştır.

Olumsuz Etkenler (OSE): Rekreasyon potansiyeli değerlendirirken, o yerde var olan olumsuz etkenler de göz önünde bulundurulmalıdır. Potansiyeli olumsuz olarak etkileyen etkenler puanlanırken eksi (-) olarak alınarak alanın toplam puanından çıkarılır.

Bu yönteme göre elde edilen sonuçlar, rekreasyon potansiyelinin beş farklı seviyede gruplandırıldığını göstermektedir: %30'dan az olanlar "çok düşük", %30-45 arası olanlar

"düşük", %46-60 arası olanlar "orta", %61-75 arası olanlar "yüksek", ve %75'ten fazla olanlar ise "çok yüksek" olarak sınıflandırılmıştır.

3 Ağustos 2024 tarihinde, saat 16.00-19.00 arasında alanın rekreasyon potansiyelini değerlendirmek amacıyla bir arazi çalışması yapılmıştır. Çalışma kapsamında göl çevresindeki gezinti yolu güzergâh olarak seçilmiş, bu yol üzerinde belirlenen gözlem noktalarında arazi incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Peyzaj değeri, rekreatif kolaylıklar ve alanın olumsuz özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla fotoğraflama yöntemi kullanılarak yerinde gözlemler yapılmıştır. Çekilen fotoğraflar, harita üzerinde işaretlenmiş ve alanın rekreasyonel potansiyelinin değerlendirilmesinde veri kaynağı olarak kullanılmıştır.



Şekil 3. Gözlem noktaları ve alandan fotoğraflar.

Ayrıca Meteoroloji Genel Müdürlüğünden 1990- 2023 yıllarının iklim verilerine ulaşılarak alanın iklim değeri hesaplanmıştır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024). Alanın ulaşılabilirliğini hesaplamak için TUİK ve Google Earth verilerinden faydalanılmıştır (TUİK, 2024).

3. Bulgular

3.1 Peyzaj değeri

Peyzaj değeri Çizelge 1'de verilen kriterlere göre puanlanmıştır. Gölcük Tabiat Parkı 5925 ha alan büyüklüğüne sahip olduğu için "alan büyüklüğü" kriterinden 4 puan almıştır. "Bitki örtüsü" bakımından ise ağaçlık, çalılık ve yer yer çayırlık olması, tür çeşitliliği ve kapalılığı sebebiyle 7 puan almıştır (Şekil 3). 83 ha göl yüzeyine sahip ve göl kıyısında bulunan alan "deniz, göl, akarsu" kriterinden ise 7 puan almıştır. Yüzeysel durum olarak alanın rekreaktif faaliyet alanlarının büyük çoğunluğu düz ve düze yakın alanlar bulunurken ormanlık alanlarda orta derece eğimlerde görülmektedir. Bu sebeple "yüzeysel durumdan" aldığı puan 3'tür. Alanda hem panoramik göl manzarası hem de orman manzarası bulunduğu için "görsel kalite kriterinden" 3 puan almıştır. Aynı zamanda alan yaban hayatı bakımından zengin bir alan olduğu için "diğer özellikler" kriterinden ise 3 puan alarak toplam 30 puan almıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Peyzaj değeri kriteri değerlendirme puanları.

	Öğenin Özellikleri	Maksimum Puan	Açıklama	Puan	Değerlendirme Puanı
PEYZAJ DEĞERİ	Alanın büyüklüğü	4	10 ha<	4	4
			5-10 ha	3	
			1-5 ha	2	
			0.5-1 ha	1	
	Bitki Örtüsü	8	Ağaçlık-çalılık-çayırlık	7-8	8
			Yalnız ağaçlık-çayırlık	6-7	
			Çalılık-çayırlık-seyrek ağaç	5-6	
			Çayırlık-seyrek ağaçlık	4-5	
			Yalnız çalılık-çayırlık	3-4	
			Çalılık-seyrek ağaçlık	3-4	
			Çayırlık-seyrek çalılık	2-3	
			Yalnız çayırlık	1-3	
	Deniz-Göl-Akarsu	8	Deniz kıyısı	7-8	7
			Göl kıyısı	6-7	
			Akarsu kıyısı	4-5	
			Dereler	1-4	
	Yüzeysel Durum	5	Düz alan	5	4
			Hafif Dalgalı	4	
			Az meyilli, yer yer düzlük	3	
			Az engebeli	2	
			Orta engebeli	1	
	Görsel Kalite	4	Panoramik görünümler	3-4	3
			Güzel görünüş ve vistalar	2-3	
			Alanın genel görsel estetik değeri	1-3	
	Diğer Özellikler	6	Doğal anıt, çağlayan, mağara, yaban hayvanları, tarihsel ve kültürel doku	1-6	4
Toplam Puan:					**30**

3.2. İklim değeri

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan verilerden yararlanarak iklim değeri özelliği Çizelge 2'de verildiği gibi puanlanmıştır. Puanlamalar sonucu yaz ayları ortalama sıcaklık 22,8 ℃ olması sebebiyle "sıcaklık" kriterinden 7 puan almıştır. Yaz ayları ortalama yağış toplamı 22,5 mm olarak "yağış" kriterinden 7 puan almıştır. Yaz ayları bulutluluk ortalaması 7,5 olduğu için "güneşlenme" kriterinden 2 puan almıştır. Yaz ayları ortalama rüzgâr hızı 1,7 olması sebebiyle "rüzgârlık" kriterinden 1 puan alarak toplam iklim değeri özelliğinden 16 puan almıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. İklim değeri kriteri değerlendirme puanları.

	Öğenin Özellikleri	**Maksimum Puan**	**Açıklama**	**Puan**	**Değerlendirme Puanı**
İKLİM DEĞERİ	Sıcaklık	10	Yaz ayları (Haziran-Temmuz-Ağustos) ortalaması °C 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 °C 34, 33, 32, 31, 30, 29, 28, 27, 26, 25 Puan 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1-10	7
	Yağış	8	Yaz ayları (Haziran-Temmuz-Ağustos) toplamları (mm) 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350,400 Puan 8 7 6 5 4 3 2 1	1-8	7
	Güneşlenme	5	Yaz ayları bulutluluk ortalaması Bulutluluk 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-9 Puan 5 4 3 2 1	1-5	2
	Rüzgarlılık	2	Yaz ayları ortalama rüzgar hızı Rüzgar hızı < 1 m/sn, 1 - 3 m/sn. Puan 2 1	1-2	1
Toplam Puan:					**17**

3.3. Ulaşılabilirlik

Gölcük Tabiat Parkı herhangi bir kıyı bandı üzerinde olmadığı ve turistik öneme sahip bir bölgede yer almadığı için 'bölgenin turistik önemi' kriterinden 1 puan almıştır. Alan Isparta ili şehir merkezine 12 km uzaklıkta yer alması sebebiyle "bölgede en az 100 bin nüfuslu kent olması" kriterinden aldığı puan 5'tir. Alana Isparta Merkez'den yarım saat içinde ulaşılabilmektedir. Bu sebeple "ulaşılan zaman süresi" kriterinden aldığı puan 3'tür. "Ulaşım" kriterinden alana belirli saatlerde taşıt bulunabildiği için 1'dir. "Ulaşımda diğer kolaylıklar" bulunmadığından dolayı 1 puan alarak toplamda bu kriterden 9 puan almıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Ulaşılabilirlik kriteri değerlendirme puanları.

	Öğenin Özellikleri	Maksimum Puan	Açıklama	Puan	Değerlendirme Puanı
ULAŞILABİLİRLİK	Turistik Önem	4	Kıyı bandı (Akdeniz, Ege, Marmara)	3-4	0
			Kıyı bandı (Karadeniz)	2-3	
			Önemli karayolu güzergâhı üzerinde turizmde öncelikli bölge	1-3	
	Bölgede En Az 100.000 Nüfuslu Kent Olması	5	20 km'ye kadar uzaklık	4-5	4
			50 km'ye kadar uzaklık	3-4	
			100 km'ye kadar uzaklık	2-3	
			200 km'ye kadar uzaklık	1-2	
	Ulaşım Süresi (yakındaki en az 5.000 nüfuslu kentten)	4	Yürüyerek 1 saate kadar ya da taşıtla 0-1/2 saat	4	3
			Taşıtla 1/2- 1 saat	3	
			Taşıtla 1-2 saat	2	
			Taşıtla 2-3 saat	1	
	Ulaşım (taksi ve özel araç dışında)	4	Yürüyerek erişim / her an araçla erişim imkânı	3-4	2
			Belli zaman dilimlerinde taşıtla erişim sağlama	1-3	
	Ulaşımda diğer kolaylıklar	3	Denizden ulaşım ve teleferik vb alternatif ulaşım sağlayabilme	1-3	0
Toplam Puan:					**9**

3.4. Rekreatif Kolaylıklar

Gölcük Tabiat Parkı'nın rekreatif kolaylıkları değerlendirildiğinde "piknik tesisleri" kriterinde alan içerisinde ahşap piknik masası, kagir piknik ocakları, örtülü piknik masaları yer almasından dolayı bu kritere 4 puan almıştır. Su durumu kriteri incelendiğinde içme ve kullanma su olanakları için alanda su isale hattı ve çeşmeler bulunmasından dolayı bu kritere 2 puan verilmiştir. Niteliklerinde göre alanda bulunan WC'ler incelendiğinde bu kritere 1 puan verilmiştir. Otopark kriterine bakıldığında niteliklerine göre alandaki otoparka 1 puan verilmiştir. Gölcük Tabiat Parkı için bekçi ve görevliler kriteri incelendiğinde alanda sürekli bekçi bulunmaktadır. Bu sebeple bu kritere 2 puan verilmiştir. Rekreatif Kolaylıklar içerisinde yer alan Diğer Kolaylıklar kriterleri alanda bulunmadığından dolayı 1 puan verilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Rekreatif kolaylıklar kriteri değerlendirme puanları.

	Öğenin Özellikleri	Maksimum Puan	Açıklama	Puan	Değerlendirme Puanı
REKREATİF KOLAYLIKLAR	Pikniğe elverişli tesisler	4	Sabit piknik ekipmanları (niteliklerine göre)	1-4	4
	Su Durumu	3	İçme ve kullanma su olanakları (niteliklerine göre)	1-3	2
	Konaklama Tesisleri	2	Sabit konaklama tesisleri	2	0
			Çadırlı ya da çadırsız kamp yapma imkanı	1-2	
	WC'ler	2	Niteliklerine göre	1-2	1
	Otopark	2	Niteliklerine göre	1-2	1
	Kır Gazinosu, Satış Büfesi	2	Niteliklerine göre	1-2	1
	Bekçi ve Görevliler	2	Sürekli bekçi / görevli	2	
			Hafta sonlarında bekçi / görevli	1	1
	Diğer Kolaylıklar	3	Örneğin göl kaynaklı yapılan aktivite imkanı oyun ve spor alanları, kano vb. su ile ilgili faaliyetler (niteliklerine göre)	1-3	1
Toplam Puan:					**11**

3.5. Olumsuz etkenler

Gölcük Tabiat Parkı büyük yoğunlukla ormanlık alan olması ve yakın çevrede yoğun kirletici unsurların bulunmaması sebebiyle "hava kirliliği" kriterinden 0 puan almıştır. Gölcük Tabiat Parkı'nda yetersiz aydınlatma, günün belirli saatleri dışında kullanımını kısıtlamakta, bu durumun sonucunda günün geri kalan saatlerinde alan, yaban hayatı için erişilebilir hale gelmektedir. Ayrıca, alana giriş ve çıkışların kontrollü olması, belirli bölgelerde 7/24 güvenlik kameralarının bulunması ve görevli bekçilerin alanda düzenli gözetim yapması, "Güvenceli olmaması" kriterinden 0 puan almasına neden olmuştur. Gölcük Gölü oldukça temiz olmakla birlikte yer yer sazlıklar bulunmaktadır. Bu nedenle "su kirliliği" kriterinden aldığı puan-1'dir. Alanda hem piknik tesislerinde hem de genel olarak WC ve diğer birimlerde bakımsızlık mevcuttur. "Bakımsızlık" kriterinden aldığı puan-1'dir. Gürültü veya diğer olumsuz etkenler bulunmadığından bu kriterlerden ayrı ayrı 0 puan almıştır. Olumsuz etkenler özelliğinden toplamda -2 puan almıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Olumsuz etkenler kriteri değerlendirme puanları.

	Öğenin Özellikleri	Maksimum Puan	Açıklama	Puan	Değerlendirme Puanı
OLUMSUZ ETKENLER	Hava Kirliliği	-3	Kirlilik derecesine göre	-1/-3	-1
	Güvenceli olmaması	-2	Güvence durumuna göre	-1/-2	0
	Su kirliliği	-1	Deniz-göl- akarsular için	-1	-1
	Bakımsızlık	-1	Alanın bakım durumu	-1	-1
	Gürültü	-1	Trafik, kalabalık vb. gürültüler	-1	0
	Diğer Olumsuz Etkenler	-2	Örneğin madencilik faaliyetleri, inşaat, fabrika faaliyetleri vb.	-1/-2	0
Toplam Puan:					**-3**

4. Sonuç ve Öneriler

Araştırma bulguları değerlendirildiğinde, Gölcük Tabiat Parkı rekreasyonel potansiyelinin toplam değeri %64'tür. Alanın peyzaj değerinin maksimum %35 puan üzerinden %30 aldığı görülmektedir. Alan büyüklüğü, bitki örtüsünün zenginliği, göl kıyısında bulunması ve görsel kalitesinin yüksek olması sebebiyle rekreasyonel faaliyetler için uygun olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda iklim özellikleri rekreasyon faaliyetlerine elverişli bir ortam sağlamaktadır. Fakat bu olumlu yönlerin yanında Gölcük Tabiat Parkı'nın bakımsız ve fiziksel açıdan yetersiz olması rekreasyon potansiyelini düşüren özelliklerdendir. Alan içerisinde sabit geceleme tesisleri, çadırlı veya çadırsız kamp yapabilme olanağı bulunmamaktadır. Bu nedenle Gölcük Tabiat Parkı sadece günübirlik ziyaretçilere ev sahipliği yapabilmektedir. Piknik tesisleri ve WC'ler mevcut olsa da nitelik ve nicelik bakımından yetersizdir. Bunun yanısıra alanda bulunan kır gazinoları ve satış büfeleri faal durumda değildir. Rekreasyon alanı için önemli bir diğer özellik olan ulaşılabilirlik bakımından ise alan Isparta Merkez'e çok yakın olmasına rağmen bu güzergahtaki toplu ulaşım araçlarının sıklığı oldukça düşüktür. Parkın yakın mesafe avantajı bu noktada olumlu yönde değerlendirilememektedir.

Bu bağlamda alanının rekreasyon potansiyelinin artırılmasına yönelik kullanıcı deneyimini iyileştirmek ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için stratejik müdahaleler yapılması gerekmektedir. Ulaşılabilirlik, rekreatif kolaylık ve olumsuz etkenler kriterlerine göre yapılacak müdahale önerileri;

- Alana ulaşım için toplu taşıma seferlerinin sıklaştırılması durumunda rekreasyon potansiyelinin artmasına olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

- Alanın ana kullanım amaçlarından olan piknik tesislerinin düzenli bakımlarının yapılması, mevcut tuvalet ve çeşmelerin standartlarının yükseltilmesi ve sayılarının artırılması kullanım potansiyelini olumlu yönde etkileyecektir.
- Çadırlı veya çadırsız kamp olanaklarının sunulması ve konaklama tesislerinin alanın ekolojik sürdürülebilirliği gözetilerek inşa edilmesi çekiciliğini artırarak ekonomik açıdan kazanç sağlayacaktır.
- Alanda bulunan kuş çeşitliliği dikkate alınarak, kuş gözlem evlerinin işlevselliğinin artırılması ve düzenli bakımlarının yapılması, ekoturizm potansiyelini güçlendirirken aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunacaktır.
- Mevcut yürüyüş rotalarının iyileştirilmesi ve ilave doğa yürüyüş rotalarının oluşturulması, ziyaretçilerin doğal çevreyle etkileşimini derinleştireceği öngörülmektedir.
- Alandaki bilgilendirme tabelalarının güncellenmesi ve eksikliklerin giderilmesi, ziyaretçilerin bilgiye erişimini optimize edecektir.
- Ayrıca, oyun sahalarının ekolojik yaklaşımlara uygun olarak onarılması, alanın ekosistemine zarar vermeden, ziyaretçilere doğayla uyumlu bir rekreasyon imkânı sunacaktır.
- Kontrolsüz avlanmanın ve alan kirliliğinin önlenmesi amacıyla güvenlik noktalarının artırılması, alanın ekolojik dengesinin korunmasına ve çevresel düzenin sağlanmasına önemli katkılar sunacaktır.

Alanda gözlemlenen aktivitelere ek olarak rekreasyon potansiyelini arttırmak için ek aktivite önerileri sunulmuştur. Gölcük Tabiat Parkı'nda rekreasyon potansiyelini artırmak için;

- Alanın ekolojik özelliklerine uygun olarak doğa eğitim atölyeleri düzenlenebilir. Bu atölyeler; bitki tanıma, yaban hayatı gözlemi, sürdürülebilir yaşam uygulamaları ve ekolojik farkındalık gibi konulara odaklanarak ziyaretçilere bilinç kazandırabilir.
- Ekolojik sürdürülebilirlik göz önünde bulundurularak doğal çevreyle uyumlu bisiklet parkurları oluşturulabilir. Bu sayede hem spor olanakları artırılabilir hem de ziyaretçilerin farklı alanlara erişimi kolaylaştırılabilir.
- Özellikle kuş gözlemciliği ve peyzaj fotoğrafçılığına ilgi duyanlar için rehber eşliğinde fotoğrafçılık turları düzenlenebilir. Bu etkinlik, alanın doğal güzelliklerinin tanıtılmasına katkı sağlayacaktır.

- Küçük ölçekli organik tarım uygulamalarının gösterildiği alanlar oluşturularak, ziyaretçilere doğayla uyumlu tarım teknikleri öğretilerek sürdürülebilirlik bilinci artırılabilir.
- Doğayla uyumlu olacak şekilde ip parkurları, tırmanma duvarları veya zipline gibi macera aktiviteleri eklenerek rekreasyon olanakları çeşitlendirilebilir.
- Doğal ortamın sunduğu huzurlu atmosferden faydalanılarak, açık havada yoga ve meditasyon seansları için uygun alanlar oluşturulabilir.
- Yerel halkın katılımıyla geleneksel el sanatları ve zanaatların tanıtıldığı etkinlikler düzenlenerek kültürel sürdürülebilirlik sağlanabilir.
- Bölgeye özgü yerel lezzetlerin tanıtıldığı, doğayla uyumlu mutfak uygulamalarının teşvik edildiği gastronomi etkinlikleri düzenlenebilir.
- Çocuklara doğa sevgisi kazandırmak amacıyla, onların yaş grubuna uygun interaktif keşif etkinlikleri ve doğa temelli oyunlar düzenlenebilir.
- Işık kirliliğinin az olduğu alanlarda teleskoplarla gece gözlem etkinlikleri düzenlenerek, ziyaretçilere doğayla iç içe farklı bir deneyim sunulabilir.

Bu ek öneriler, alanın ekolojik sürdürülebilirliği korunarak rekreasyonel cazibesini artırmaya ve ziyaretçi memnuniyetini güçlendirmeye katkıda bulunacaktır.

Bu kapsamlı iyileştirme önerileri, rekreasyon alanının sürdürülebilirliğini ve fonksiyonelliğini artırmayı, böylece hem kullanıcı memnuniyetini hem de ekolojik dengeyi gözetmeyi hedeflemektedir. Çizelge 6'da verildiği üzere bu iyileştirmelerin gerçekleştirmesi durumunda Gölcük Tabiat Parkının rekreasyon potansiyeli tekrar puanlanmıştır.

Çizelge 6. Gölcük Tabiat Parkı rekreasyon potansiyeli gelişimi.

Öğeler	**Maksimum Değer (Puan)**	**Mevcut Değer (Puan)**	**Gelecekte Alabileceği Değer (Puan)**
Peyzaj Değeri	35	30	30
İklim Değeri	25	17	17
Ulaşılabilirlik	20	9	11
Rekreatif Kolaylık	20	11	20
Olumsuz Etkenler	0 (Min -10)	-3	-2
Rekreasyon Potansiyeli (%)	100	64	76

Rekreasyon potansiyeli gelişimini gösteren Çizelge 6'da verilen peyzaj değeri ve iklim değeri kriterleri dışarıdan insan müdahaleleri ile değişmeyeceğinden bunun dışında kalan ulaşılabilirlik, rekreatif kolaylık ve olumsuz etkenlere yönelik iyileştirme önerileri verilmiştir. Ulaşılabilirlik kriteri olan "Yürüyerek erişim / her an araçla erişim imkânı" sağlanması durumunda bu kriterden 2 puan daha alınabilmektedir. Rekreatif kolaylık kriteri olan "Su durumu" içme ve kullanma sularının iyileştirilmesi, yaygınlaştırılması ile 1 puan daha, "Sabit konaklama tesisleri, çadırlı ya da çadırsız kamp yapma imkânı" oluşturulmasıyla 0 olan mevcut değer 2 puan alarak toplam rekreasyon potansiyelinin artmasını sağlayacaktır. WC, otopark, kır gazinosu ve satış büfesi gibi mevcutta bulunan mekânsal kullanımların niteliklerinin iyileştirmesiyle rekreasyon potansiyeli 3 puan, sürekli bekçi istihdam edilmesi durumunda ise 1 puan daha artacaktır. Göl kaynaklı yapılan aktivite imkânı oyun ve spor alanları, kano vb. su ile ilgili faaliyetler yapıldığında alanın rekreasyon potansiyeli 2 puan daha artacaktır. Olumsuz etkenler kriterinden alanın bakımı düzenli olarak yapılırsa 1 puan alabilmektedir. İnsan müdahaleleriyle yeniden düzenlenen ve iyileştirilen alanın rekreasyon potansiyeli bu düzenlemelerle birlikte %76'ya kadar yükseltilebilecektir.

Gülez'in (1980) geliştirdiği yönteme göre, rekreasyon potansiyeli %75'in üzerinde olan alanlar "çok yüksek" olarak değerlendirilmektedir. Gölcük Tabiat Parkı'nda bu eksikler giderildiği takdirde mevcutta "yüksek" olarak değerlendirilen rekreasyon potansiyelinin "çok yüksek" olarak değerlendirilmesi mümkündür. Bu sayede alan daha geniş ziyaretçi kitlesine hitap eden bir cazibe merkezi haline geleceği düşünülmektedir.

Tüm planların ve etkinliklerin sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda gerçekleştirilmesi esastır. Mevcut kaynaklar ve zenginliklerin, gelecek nesillerin de faydalanabileceği şekilde sürdürülebilir kullanımı hedeflenmektedir (Gül ve Akten, 2005). Bu doğrultuda, Gölcük Tabiat Park'ın taşıma kapasitesi aşılmamalı ve doğal yapının korunmasına özen gösterilmelidir.

Kaynaklar

Akten, M. (2003). Isparta ilindeki bazi rekreasyon alanlarinin mevcut potansiyellerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry, 4*(2)*,* 115-132.

Bilgin, A., Köseoğlu, M., & Özkan, G. (1990). Isparta Gölcük yöresi kayaçlarının mineroloji, petrografi ve jeokimyası. *Doğa–TRT of Engineering and Environmental Science*, *14*, 342-361.

Boman, M., Fredman, P., Lundmark, L., & Ericsson, G. (2013). Outdoor recreation–a necessity or a luxury? Estimation of Engel curves for Sweden. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, *3*, 49-56.

Demirel, Ö. (1999). A research on evaluating for recreation and tourism potential of natural resource values at Çoruh Watershed Area (Yusufeli Region). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *23*(EK5), 1103-1112.

Eroğlu, E., Akıncı Kesim, G., & Müderrisoğlu, H. (2016). Düzce kenti açık ve yeşil alanlarındaki bitkilerin tespiti ve bazı bitkisel tasarım ilkeleri yönünden değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(3), 270-277.

Gül, A., Örücü, K. Ö., & Karaca, Ö. (2002). Isparta-Gölcük Tabiat Parkının rekreasyon planlama ilkeleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma Fonu 368 Nolu Proje*, Isparta.

Gül, A., & Akten, M. (2005). Korunan doğal alanlarda rekreasyonel yaklaşımlar. *Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu, 8-10 Eylül 2005, Isparta, Sözlü Bildiriler Kitabı* (ss. 485-494).

Gülez, S. (1979). *Doğu Karadeniz kıyı şeridinde rekreasyon potansiyelinin saptanması ve değerlendirilmesi* (Doktora Tezi) Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Trabzon).

Gülez, S. (1980). Doğu Karadeniz kıyı şeridinde rekreasyon potansiyelinin saptanması ve değerlendirilmesi. *KFÜ Orman Fakültesi Dergisi*, *3*(1), 105-132.

Isparta Valiliği. (2024). Gölcük Tabiat Parkı. http://www.isparta.gov.tr/golcuk-tabiat-parki (Erişim tarihi: 18 Temmuz 2024).

Jim, C. (1989). Visitor management in recreation areas. *Environmental Conservation*, 16(1), 19-32. https://doi.org/10.1017/S037689290000779X

Kervankıran, İ., & Eryılmaz, A. G. (2014). Isparta ili milli parklarının rekreasyonel faaliyetlerde kullanımı. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (30), 102-120.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024). Isparta Meteoroloji İstasyonu iklim verileri.

Milli Parklar 6. Bölge Müdürlüğü. (2022). Gölcük Tabiat Parkı. http://www.isparta.gov.tr/golcuk-tabiat-parki (Erişim tarihi: 13 Temmuz 2024).

Öztürk, S. (2005). Kastamonu-Bartın Küre Dağları Milli Parkının rekreasyonel kaynak değerlerinin irdelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2), 138-148.

Pehlivanoğlu, M. T. (1987). Belgrad ormanının rekreasyon potansiyeli ve planlama planlamasının önemi. *Peyzaj Mimarlığı Dergisi*, (3), 45-49.

Schiller, G. (2001). Biometeorology and recreation in east Mediterranean forest. *Landscape and Urban Planning*, 57(1), 1-12. https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00178-4

Şimşek, D. S., & Korkut, A. B. (2009). Kıyı şeridi rekreasyon potansiyelinin belirlenmesinde bir yöntem: Tekirdağ Merkez İlçe örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *6*(6), 316-327.

United Nations. (2018). World urbanization prospects: The 2022 revision: Key facts. https://population.un.org/wup/ (Erişim tarihi: 28 Ağustos 2024).

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 92-121
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1577540

Kavak Dağı (Milas/Muğla) Vejetasyonunun Fitososyolojik Yönden İncelenmesi

Phytosociological Investigation of Kavak Mountain (Milas/Muğla) Vegetation

Ömer VAROL[1], Hediye AKTAŞ AYTEPE[1], Kenan AKBAŞ[2], Yeliz DEĞERLİ[1]

Özet

Kavak Dağı Muğla ili Milas ilçesi sınırlarında bulunmaktadır. Çalışma alanı 497-1371 m aralığında olup, 2017-2018 yılları arasında alanda Braun-Blanquet yöntemi kullanılarak vejetasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Toplulukların sınıflandırılması için hiyerarşik kümeleme analizi kullanılmıştır. NMDS (Nonmetric multidimensional scaling) ordinasyonunu belirlemek için JUICE Programı kullanılmıştır. Orman, maki, kaya ve dere kenarı olmak üzere farklı vejetasyon tiplerine ait beş bitki topluluğu tanımlanmıştır. Bunlardan üçü ilk kez bu çalışma ile tanımlanmıştır. Çam hâkim ormanları, *Styraco officinalis-Pinion brutiae* (*Pinetalia halepensis*, *Pinatea halepensis*) alyansı altında *Sileno italicae-Pinetum brutiae* ile temsil edilmektedir. Çalışma alanında belirlenen dere kenarı vejetasyonu *Platanion orientalis* (*Populetalia albae*, *Alno glutinosae-Populetea albae*) alyansı altında *Nerio oleandri-Platanetum orientalis* ile temsil edilmektedir. Maki vejetasyonu, *Quercion cocciferae* (*Quercetalia cocciferae*, *Quercetea ilicis*) alyansına ait yeni bir birlik olan *Phlomo grandiflorae-Quercetum cocciferae* ile temsil edilmektedir. Kaya vejetasyonu ise, aşırı otlatılma sonucu oluşan *Asperulion samiae (Noaeo mucronatae-Silenetalia urvillei*, *Cerastio candidissimi-Astragaletea rumelici*) alyansı altında yeni bir birlik olan *Anthemido anatolicae-Astragaletum condensati* ile temsil edilmektedir. *Verbascum splendidum-Phlomis carica* topluluğu makilik alanın degradasyonuyla oluşan süksesyonel aşamada bir alan olarak temsil edilmektedir. Çalışma alanı, bitki örtüsünün floristik farklılaşması ve topoğrafik değişkenlerle önemli ölçüde ilişkilidir. Yükseklik, yön ve eğimin değerlendirmeye alındığı topografik değişkenler açısından, özellikle yükseklik ve eğimin birliklerin konumlanması aşamasında etkili oldukları tespit edilmiştir. Bu araştırma ile çalışma alanının vejetasyon yapısı, formasyon tipleri, hâkim bitki örtüsü ve baskın türleri ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fitososyoloji, JUICE, Kavak Dağı, Milas, NMDS

Abstract

Kavak Mountain is located on the borders of Milas district of Muğla province. The study area is between 497-1371 m, and vegetation research was carried out in the area using the Braun-Blanquet method between 2017-2018. Hierarchical clustering analysis was used to classify communities. The JUICE program was used to determine NMDS (Nonmetric multidimensional scaling) ordination. Five plant communities belonging to different vegetation types (forest, scrub, rupicol and riparian vegetation) have been defined. Three of these are newly defined. The pine-dominant forests are characterized by S*tyraco officinalis-Pinion brutiae* (*Pinetalia halapensis*, *Pinatea halapensis*). The riparian habitats are represented by *Nerio oleandri-Platanetum orientalis* under the *Platanion orientalis* (*Populetalia albae, Alno glutinosae-Populetea albae*). Macchia is characterized by a new association of *Phlomo grandiflorae-Quercetum cocciferae* under the *Quercion cocciferae* (*Quercetalia cocciferae*, *Quercetea ilicis*). Rupicol vegetation is represented by *Anthemido anatolicae-Astragaletum condensati*, which is a new association under *Noaeo mucronatae-Silenetalia urvillei*, *Cerastio candidissimi-Astragaletea rumelici*, which was caused by excessive grazing. The *Verbascum splendidum-Phlomıs carica* community is characterized as a field of succession formed by grading the macchia area. The study area is significantly associated with the floristic differentiation of vegetation and topographic variables. In terms of topographic variables where height, direction, and slope are taken into consideration, it has been determined that height and slope are especially effective in the positioning of the units. With this research, the vegetation structure of the study area, formation types, dominant vegetation, and dominant types were revealed.

Keywords: Phytosociology, JUICE, Kavak Mountain, Milas, NMDS

Geliş Tarihi: 01.11.2024, Düzeltme Tarihi: 10.01.2025, Kabul Tarihi: 03.02.2025

Adres: [1]Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
[2]Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Köyceğiz Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü
E-mail: hediyeaytepe@gmail.com

1. Giriş

Ülkemiz coğrafi konumu, jeomorfolojik yapısı, sahip olduğu çeşitli toprak şekilleri ve farklı iklim özelliklerinin tesiri altında bulunmasından dolayı çok çeşitli vejetasyon tiplerine ve oldukça zengin bir floristik çeşitliliğe sahiptir. Bu nedenle ilk olarak yabancı botanikçilerin, 1960'lardan sonra da Türk botanikçilerin hayli ilgisini çekmiş ve günümüze kadar oldukça ciddi çalışmalar yapılmıştır. Türkiye'de vejetasyon araştırmaları 1700-1702 yıllarında Tournefort tarafından Ağrı Dağı'nda yapılan çalışma ile başlamıştır (Birand, 1960). Türkiye, çok farklı bir iklim ve insan faktörlü vejetasyon değişimleri ile karakterize edilir. Türkiye, sahip olduğu topoğrafik ve iklim özellikleri ve üç floristik (Akdeniz, AvrupaSibirya ve İran-Turan) bölgenin birleşim yerinde olması ile Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının iklim, vejetasyon ve tarihi kültüründen oldukça fazla oranda etkilenme yaşamıştır (Terzioğlu ve ark., 2012). Türkiye bu köprü vazifesinden dolayı yeryüzünde bulunan 34 sıcak noktadan (endemizm bakımından zengin alanlar) üçüne (Kafkasya, Akdeniz ve İranTuran) ev sahipliği yapmaktadır (Myers ve ark., 2000). Biyolojik çeşitlilik küresel olarak büyük tehdit altındadır. Araştırmacıların veri tabanlarına erişebilmeleri, küresel ölçekte biyoçeşitliliğin tespitini kolaylaştıracak ve karar vericilere ve doğa korumacılarına gerekli koruma projelerini oluşturma, bitki örtüsü değişimini izleme ve mevcut tehditleri belirleme ve azaltma yönünde değerlendirme çalışmaları yapma konusunda önemli katkılar sağlayacaktır (Sabatini ve ark., 2021). Bu da ancak lokal flora ve vejetasyon çalışmaları ile mümkündür. Türkiye florasının belirlenmesine dair yapılmış birçok çalışma (Varol ve ark., 2004; Aytepe ve Varol, 2007; Kaya ve ark., 2008; Öz Arık ve Görk, 2016; Ceylan ve Görk, 2017; Karaköse ve Terzioğlu, 2019; Karaköse ve Terzioğlu, 2020; Karaköse, 2021; Varol ve ark., 2022) bulunmaktadır. Diğer taraftan Türkiye orman bitki örtüsünün sintaksonomisi henüz tamamlanmamıştır (Akman, 1995). Ancak yeni sayısal ve dijital teknolojiler ile son yıllarda yapılan vejetasyon çalışmaları ile bunların bir kısmı ortadan kaldırılmıştır (Kavgacı ve ark., 2012; Kenar ve Ketenoğlu, 2016; Karaköse, 2019; Karaköse ve Terzioğlu, 2021; Eminağaoğlu ve ark., 2022; Kavgacı ve ark., 2023; Karaköse ve Terzioğlu, 2023).

Güney-batı Anadolu özellikle de Muğla dolayları ülkemizin floristik açıdan en zengin rezervlerini barındıran bir bölgemizdir (Özhatay ve ark., 2003). Bu bölgemizde birçok fitososyolojik çalışmalar yapılmıştır. Beş Parmak Dağları ve Dilek Yarımadası Milli Parkı Bitki Örtüsü Üzerine Araştırmalar (Özel, 1996), Köyceğiz-Dalyan özel koruma alanının fitososyolojik açıdan incelenmesi (Vural ve ark., 1995), Doğu Menteşe Dağları vejetasyonunun sinekolojik yönden araştırılması (Karakaya, 1997), Batı Menteşe

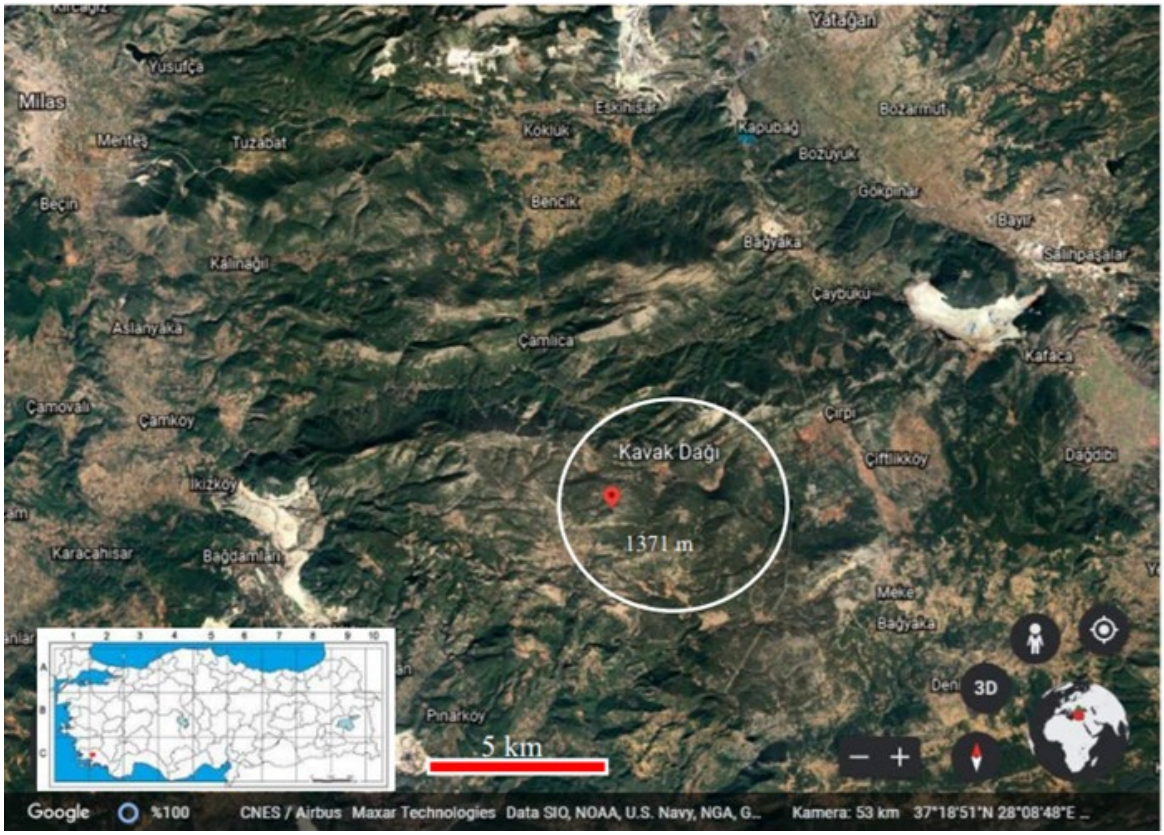
Dağları'nın bitki sosyolojisi yönünden araştırılması (Güney, 2001), Akdağ (Fethiye) Flora ve Vejetasyonu (Pirhan, 2010) gibi önemli bitki sosyolojisi çalışmaları bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; Kavak Dağı'nın bitki örtüsü tiplerinin belirlenmesi, bitki örtüsü tiplerinin sintaksonomik listesinin hazırlanması, topoğrafik değişkenlerle bitki örtüsü tiplerinin ilişkilerinin ortaya konulması ve bitki biyoçeşitliliği parametreleri açısından değerlendirilmesidir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

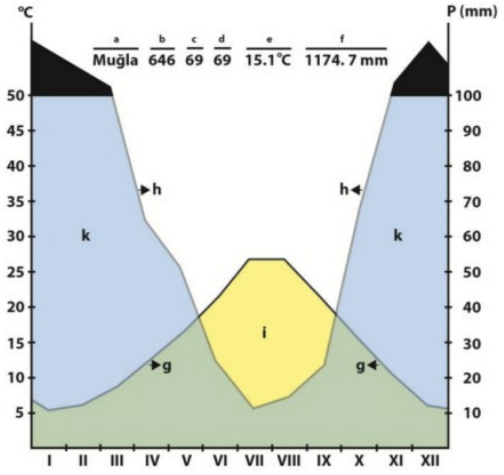
Davis'in kullandığı grid sistemine göre C2 karesinde yer alan çalışma alanı, Milas (Muğla) sınırları içerisindedir. Kavak Dağı 497-1371 m aralığında bulunmaktadır. Yatağan ve Milas ilçeleri Kavak Dağı'na yakın yerleşim yerlerindendir. Araştırma alanının haritası Google Earth'ten alınmıştır (Şekil 1).



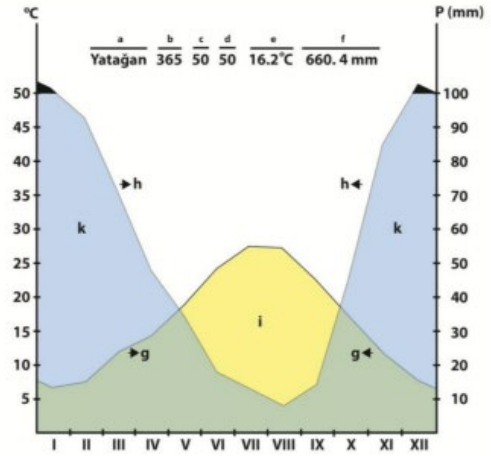
Şekil 1. Çalışma alanı haritası (Google Earth, 2021).

Kavak dağında yer alan jeolojik oluşumlar Mermer, Fillit, Metakırıntılılar ve Metakarbonatlar ile şist birimlerinden meydana gelmektedir (Şenel ve Bilgin, 1997). Araştırma alanında kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları ve kireçsiz kahverengi orman

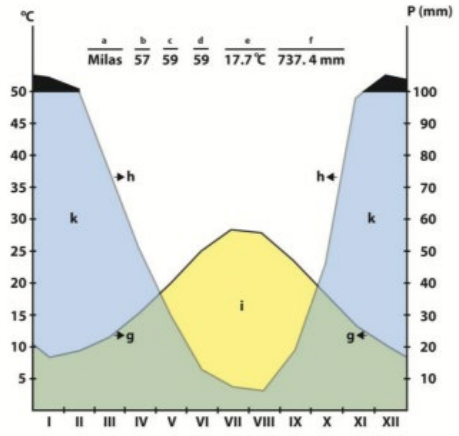
toprakları bulunmaktadır (Anonim, 1998). Çalışma alanının ombrotermik diyagramı Muğla meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre hazırlanmıştır (Şekil 2, 3, 4) (Anonim, 2018).



Şekil 2. Muğla istasyonu ombrotermik diyagramı.



Şekil 3. Yatağan istasyonu ombrotermik diyagramı.



Şekil 4. Milas istasyonu ombrotermik diyagramı.

Çalışma alanı 497 m'den başlayarak 574 m'ye kadar *Platanus orientalis* ve *Nerium oleander*'in hakim olduğu dere kenarı habitatı ile yayılış yapmaktadır. Diğer taraftan 1023-1028 m arasında çok kısıtlı bir alanda *Verbascum splendidum, Phlomis carica* taksonlarının dominat tür olarak bulunduğu makilik alanın degradasyonuna örnek teşkil edecek bir topluluk bulunmaktadır. 1031-1361 m arasında *Phlomis grandiflora* var. *grandiflora, Quercus coccifera* ve *Juniperus foetidissima*'nın hakim olduğu maki vejetasyonu yayılış yapmaktadır. 1050 m ile 1313 m arasında *Pinus brutia* var. *brutia* ve *Quercus coccifera*'nın hakim olduğu orman vejetasyonu yayılış yaparken; 1351-1370 m arasında da *Astragalus condensatus, Ajuga chamaepitys* subsp. *chia, Thymus cilicicus, Centaurea aphrodisea*'nın baskınlığında kaya vejetasyonu yayılış göstermektedir.

2.2. Örnekleme

Vejetasyon çalışmasında Braun-Blanquet yöntemi (Br.-Bl., 1932) kullanılmıştır. Her bitki formasyonundan 2017 ve 2018 yılları arasında Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında yeterli sayıda ve uygun büyüklükte orman vejetasyonu için 900 m^2, maki vejetasyonu için 256 m^2, maki topluluğu için 25 m^2, kaya vejetasyonu için 100 m^2 alınan örnek parseller kullanılarak bitki birlikleri belirlenmiş; birliklerin floristik kompozisyonu, baskınlığı ve türlerin stabilitesi dikkate alınarak 32 adet örnek parsel alınmış ve yapılan sayısal analiz sonucunda 5 adet bitki topluluğu belirlenmiştir.

2.3. Sayısal analiz ve tiplendirme

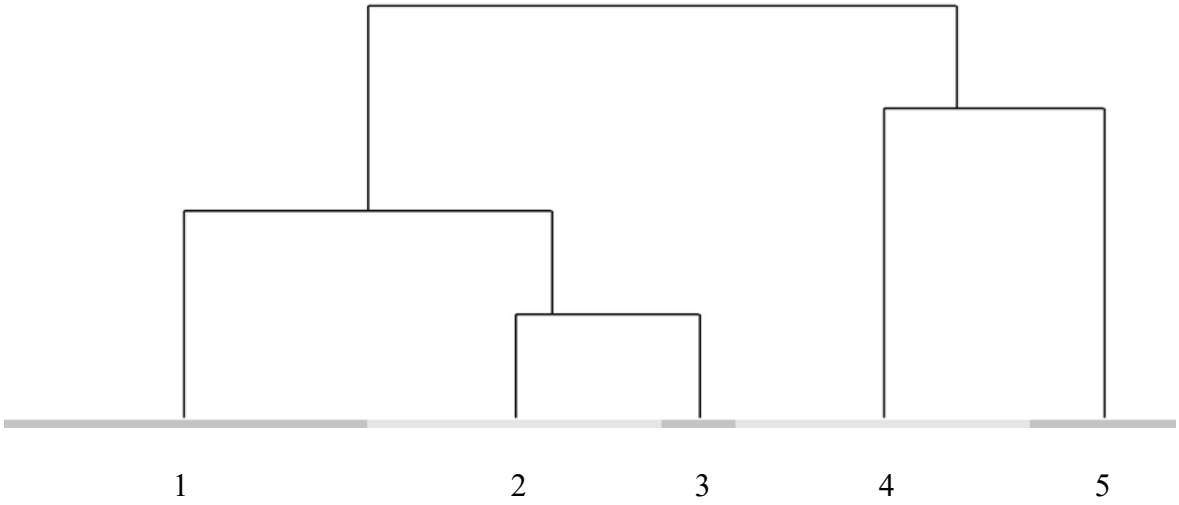
Çalışmada Braun-Blanquet (1932) yöntemi ve bitki bolluğu ölçeği (r: %1; 1: çok sayıda ancak <%5; 2: %5-%25; 3: %25-%50; 4: %50-%75; 5: %75-%100) (Akman, 2011) kullanılmıştır. Örneklik alanların sayısal sınıflandırması JUICE programında hiyerarşik kümeleme analizi ile gerçekleştirilmiştir (Tichý, 2002). Mesafe ölçüsü Sorensen (Bray-Curtis) ve grup bağlantı yöntemi Ward'ın Yöntemi için PC-ORD (Sürüm 4 ve 5) uygulanmıştır. Bir türün teşhis edici olarak kabul edilebilmesi için phi değerinin eşiği öznel olarak 0,50 olarak seçilmiştir (Chytrý ve ark., 2002). Belirli bir kümenin parsellerindeki bulunuş konsantrasyonu $p < 0,05$ düzeyinde önemli olmayan türler (Fisher'ın kesin testi) teşhis türleri kümesinden çıkarılmıştır (Tichý ve Chytrý, 2006). Her bitki topluluğunda %50 sıklığı olan türler sabit türler olarak kabul edilmiş ve her topluluktaki bitki örtüsü parsellerinin en az %10'unda %25'ten fazla örtüye sahip türler baskın türler olarak kabul edilmiştir. NMDS ordinasyonu için JUICE Programı kullanılmıştır. Bitkilerin teşhis edilmesi için Flora of Turkey (Davis, 1965-1982; Davis ve ark., 1988) ve Turkey Plants List

(Güner, 2012) kullanılmıştır. Sintaksonomik birimleri değerlendirmek için Avrupa bitki örtüsü sınıflandırma sistemi (Mucina ve ark., 2016; Musarella ve ark., 2020; Bonari ve ark., 2021; Kavgacı ve ark., 2021) tercih edilmiştir. Birliklerin sınıflandırılması ve isimlendirilmesi için uluslararası bitki sosyolojik adlandırma kodunun (ICPN; Theurillat ve ark., 2021) dördüncü baskısı kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Sınıflandırma

Sınıflandırma analizleri, Kavak Dağı bitki örtüsünün orman (1. *Silene italica-Pinus brutia*), maki (2. *Phlomis grandiflora-Quercus coccifera*), (3. *Verbascum splendidum-Phlomis carica*), kaya 4. (*Anthemis cretica* susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus*), dere kenarı (5. *Nerium oleander-Platanus orientalis*) bitki topluluklarından oluştuğunu göstermiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Hiyerarşik küme analizi ile Kavak Dağı bitki örtüsünün dendogramı (1. *Silene italica-Pinus brutia* 2. *Phlomis grandiflora-Quercus coccifera* 3. *Verbascum splendidum-Phlomis carica* 4. *Anthemis cretica* susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus* 5. *Nerium oleander-Platanus orientalis*).

Çalışma alanında tespit edilen vejetasyon tiplerinin fotoğrafları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Vejetasyon tiplerinin arazideki görünümü (a. *Silene italica-Pinus brutia* b. *Phlomis grandiflora-Quercus coccifera* c. *Verbascum splendidum-Phlomis carica* d. *Anthemis cretica* susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus* e. *Nerium oleander-Platanus orientalis*).

1. Orman Vejetasyonu

Vejetasyon tipi 1. *Silene italica-Pinus brutia*

Bu vejetasyon tipi çoğunlukla 1050 m ile 1313 m arasında bulunmaktadır. 5-45° arasındaki eğimle hemen hemen her yönde olduğu tespit edilmiştir. Mermer, şist, metakırıntılar-metakarbonatlar ve kalkşist üzerinde kireçsiz kahverengi orman toprakları ve kırmızı kahverengi Akdeniz topraklarında yayılış göstermektedir. Topluluğun genel örtüsü %50 ile %80 arasında olup üç dikey katmandan oluşmaktadır. Ağaç katmanı örtüsü 18-30 m yükseklikte %50-75; çalı katmanı 0.5-6 m yükseklikte %1-60; ot örtüsü 0.6-1.1 m yükseklikte %20-80'dir (Şekil 6 a).

Diagnostik türler: *Pinus brutia* var. *brutia, Silene italica* subsp. *italica, Milium pedicellare*
Konstant türler: *Pinus brutia* var. *brutia, Silene italica* subsp. *italica, Quercus coccifera, Cynosurus echinatus, Phillyrea latifolia, Poa bulbosa, Pilosella piloselloides* subsp. *magyarica, Milium pedicellare, Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*, *Euphorbia rigida*, *Vicia cuspidata*. *Trifolium grandiflorum*. *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica*, *Briza humilis*, *Trifolium campestre* subsp. *campestre* var. *campestre*, *Torilis leptophylla*, *Teucrium scordium* subsp. *scordium*, *Lens ervoides*, *Lathyrus aphaca* var. *affinis*
Dominant türler: *Pinus brutia* var. *brutia*, *Quercus coccifera*

2. Maki Vejetasyonu

Vejetasyon tipi 2. *Phlomis grandiflora-Quercus coccifera*

Bu vejetasyon tipi 1031-1361 m arasında konumlanmıştır. Hemen hemen her yönde 5-30^{o} arasındaki eğimle bulunmaktadır. Mermer anakaya üzerinde gelişme gösten birliğin yayılış alanındaki toprak tipi kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır. Topluluğun genel örtüsü %70 ile %90 arasında olup üç dikey katmandan oluşmaktadır. Ağaç katmanı örtüsü 3.5-7 m yükseklikte %5-10; çalı katmanı 1.2-3 m yükseklikte %60-85; ot örtüsü 0.5-1 m yükseklikte %20-80'dir (Şekil 6 b).

Diagnostik türler: *Medicago disciformis*, *Phlomis grandiflora* var. *grandiflora*

Konstant türler: *Poa bulbosa, Phlomis grandiflora* var. *grandiflora, Legousia pentagonia*, *Alyssum fulvescens* var. *fulvescens*, *Trifolium stellatum* var. *stellatum*, *Trifolium campestre* subsp. *campestre* var. *campestre*, *Quercus coccifera*, *Medicago minima* var. *minima*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*, *Minuartia hybrida* subsp. *hybrida*, *Medicago disciformis*, *Geranium purpureum*, *Daphne gnidioides*, *Torilis leptophylla*, *Sedum amplexicaule* subsp. *tenuifolium, Phillyrea latifolia, Cynosurus echinatus, Centaurea segetum, Bromus sterilis, Bromus squarrosus*

Dominant türler: *Phlomis grandiflora* var. *grandiflora*, *Quercus coccifera*, *Juniperus foetidissima*

3. *Verbascum splendidum-Phlomis carica* topluluğu

Vejetasyon tipi 3. *Verbascum splendidum-Phlomis carica*

Bu vejetasyon tipi 1023-1028 m arasında bulunmaktadır. 5-10^{o} arasındaki eğimle kuzey ve kuzey doğu yönlerinde bulunmaktadır. Mermer anakaya üzerinde gelişme gösten topluluğun yayılış alanındaki toprak tipi kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır. Topluluğun genel örtüsü %95 ile %100 arasında olup tek katmandan oluşmaktadır. Ot örtüsü 1 m yükseklikte %95-100'dir (Şekil 6 c).

Diagnostik türler: *Vicia anatolica, Verbascum splendidum, Phlomis carica, Medicago rigidula* var. *rigidula, Bromus diandrus*

Konstant türler: *Vicia anatolica, Verbascum splendidum, Trifolium campestre* subsp. *campestre* var. *campestre*, *Silene urvillei, Sedum hispanicum, Sedum amplexicaule* subsp. *tenuifolium, Poa bulbosa, Phlomis carica, Phleum boissieri, Medicago rigidula* var. *rigidula, Medicago minima* var. *minima, Legousia pentagonia, Eryngium campestre* var. *campestre, Crepis commutata, Bromus diandrus, Allium scodoprasum* subsp. *rotundum, Aegilops umbellulata*

Dominant türler: *Verbascum splendidum, Phlomis carica, Trifolium campestre* subsp. *campestre* var. *campestre*, *Sedum pallidum, Sedum hispanicum, Medicago rigidula* var. *rigidula, Medicago minima* var. *minima, Eryngium campestre* var. *campestre, Crepis commutata*

4. Kaya Vejetasyonu

Vejetasyon tipi 4. *Anthemis cretica* susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus*

Bu vejetasyon tipinin 1351-1370 m arasında olduğu tespit edilmiştir. Kuzey, doğu ve güneydoğu yönlerde 5º eğimle bulunmaktadır. Mermer anakaya üzerinde gelişme gösteren birliğin yayılış alanındaki toprak tipi kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır. Topluluğun genel örtüsü %60 ile %85 arasında olup iki dikey katmandan oluşmaktadır. Çalı katmanı 0.15 m yükseklikte %50; ot örtüsü 0.3-0.4 m yükseklikte %40-85'dir (Şekil 6 d).

Diagnostik türler: *Colchicum variegatum, Astragalus condensatus, Anthemis cretica* subsp. *anatolica*

Konstant türler: *Sedum pallidum, Ajuga chamaepitys* subsp. *chia, Thymus cilicicus, Sedum amplexicaule* subsp. *tenuifolium, Festuca valesiaca, Colchicum variegatum, Trifolium stellatum* var. *stellatum, Centaurea aphrodisea, Astragalus condensatus, Trifolium lucanicum, Poa bulbosa, Galium brevifolium* subsp. *brevifolium, Crepis sancta, Bromus squarrosus, Aegilops triuncialis* subsp. *triuncialis*

Dominant türler: *Astragalus condensatus, Ajuga chamaepitys* subsp. *chia, Thymus cilicicus, Centaurea aphrodisea*

5. Dere Kenarı Vejetasyonu

Vejetasyon tipi 5. *Nerium oleander-Platanus orientalis*

Kuzey yönlerde 5º eğimle bulunan bu bitki vejetasyon tipi, çoğunlukla 497 m ile 574 m arasında görülmektedir. Birlik fillit anakaya üzerinde üzerinde kireçsiz kahverengi orman topraklarda gelişmekte ve tek tabakalı dikey bir yapı göstermektedir. Topluluğun genel örtüsü %70 ile %100 arasında olup üç dikey katmandan oluşmaktadır. Ağaç katmanı örtüsü %70-100, 20-40 m yükseklikte; çalı katmanı 3-6 m yükseklikte %50-70 örtüşe sahip; ot örtüsü 1 m yükseklikte %10-15 örtüşe sahiptir (Şekil 6 e).

Diagnostik türler: *Rubus canescens* var. *canescens, Platanus orientalis, Nerium oleander*

Konstant türler: *Rubus canescens* var. *canescens, Platanus orientalis, Nerium oleander, Brachypodium sylvaticum, Hedera helix, Crateagus monogyna* subsp. *monogyna, Campanula peregrina*

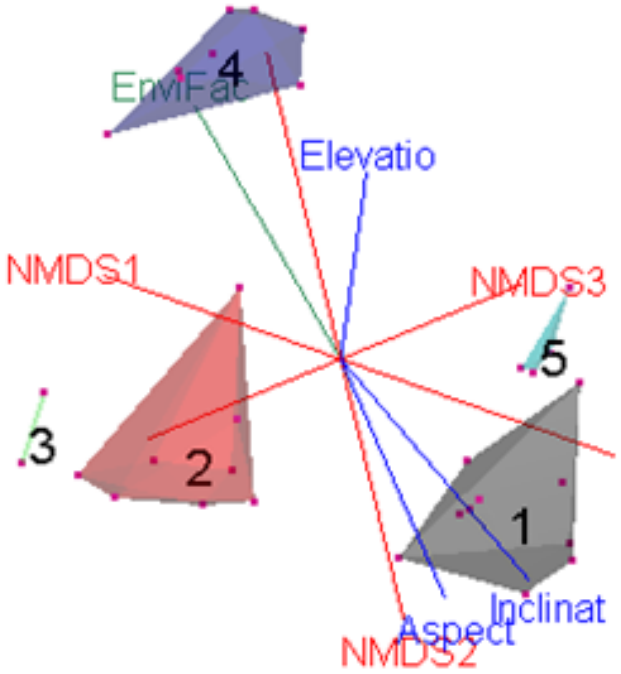
Dominant türler: *Platanus orientalis, Nerium oleander*

3.2. Ordinasyon

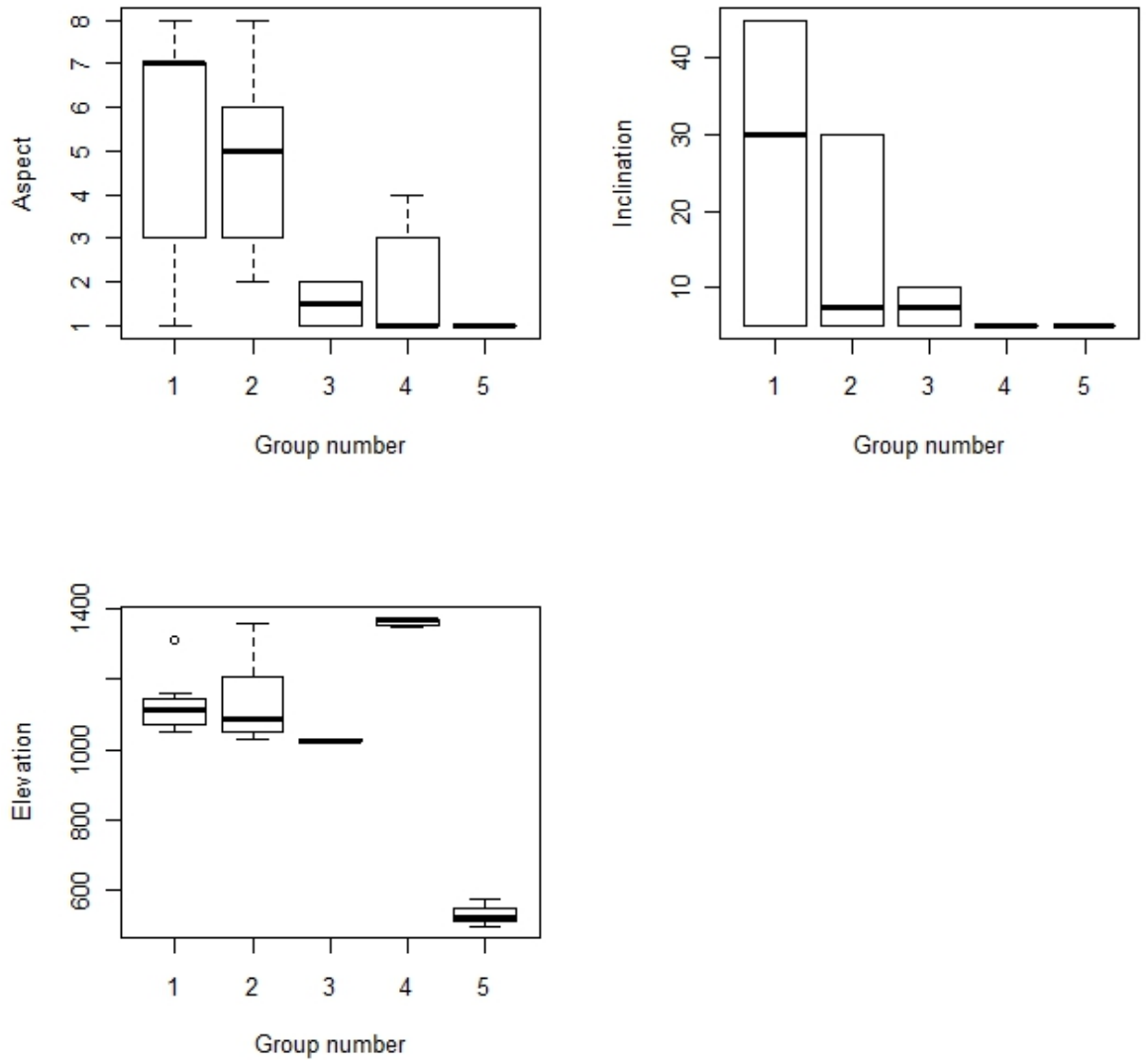
Topoğrafik faktörlerin pasif izdüşümüne sahip örneklik alanların NMDS ordinasyonu Şekil 7'de görülmektedir. Bitki örtüsü tiplerinin, floristik farklılaşması ve topoğrafik faktörlerin farklılaşmaları üzerindeki etkileri açıkça görülmektedir. Ordinasyonun sol tarafı *Phlomis grandiflora-Quercus coccifera* ve *Verbascum splendidum-Phlomis carica* tarafından oluşturulurken, sağ tarafta *Nerium oleander-Platanus orientalis* ile *Silene italica-Pinus brutia* bulunmaktadır. Ordinasyonun üst kısmında *Anthemis cretica* susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus* bitki örtüsü tipleri yer almaktadır.

Anthemis cretica susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus* topluluğu dağın yüksek rakımlı kuşaklarında bulunmaktadır. *Silene italica-Pinus brutia* ve *Phlomis grandiflora-Quercus coccifera* birlikleri 1000-1100 m rakımlarda bulunurken *Nerium oleander-Platanus orientalis* birliği düşük rakımlarda görülmektedir (Şekil 8).

Silene italica-Pinus brutia ormanı yüksek eğimlerde bulunurken, diğer bitki örtüsü tiplerinin 0-10^{o} arasındaki eğimlerde yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 7. NMDS bitki örtüsü tiplerinin sıralanması (1. *Silene italica-Pinus brutia* 2. *Phlomis grandiflora-Quercus coccifera* 3. *Verbascum splendidum-Phlomis carica* 4. *Anthemis cretica* susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus* 5. *Nerium oleander-Platanus orientalis).*



Şekil 8. Kavak Dağı'ndaki her bitki topluluğu için topoğrafik değişkenlerin box-whisker diyagramları. (Grup numaraları soldan sağa: 1. *Silene italica-Pinus brutia* 2. *Phlomis grandiflora-Quercus coccifera* 3. *Verbascum splendidum-Phlomis carica* 4. *Anthemis cretica susbsp. anatolica-Astragalus condensatus* 5. *Nerium oleander-Platanus orientalis*).

4. Tartışma ve Sonuç

Kavak Dağı'nın bitki örtüsü mezo-Akdeniz ve supra-Akdeniz kuşaklarında dağılmış olup beş farklı bitki topluluğundan oluşmaktadır. Toplulukların floristik farklılaşmasında topografik koşulların etkisi olduğu görülmektedir. Çalışma alanında *P. brutia* çam ormanlarına ek olarak, kaya, maki ve *Platanus orientalis*'in baskın olduğu dere kenarı ormanları bulunmaktadır.

Yükselti ve bakı etkilerinin floristik farklılaşma üzerindeki etkisi, daha önce Akdeniz bölgesinde yapılan çeşitli çalışmalarda da gösterildiği gibi, çalışma alanındaki iklimsel çeşitliliğin bir sonucu olabilir (Fontaine ve ark., 2007). Çalışma alanının üst kuşakları orman

açıklığı olarak belirlenen *Anthemis cretica* susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus* topluluğundan oluşurken, alt kuşaklarda *Silene italica-Pinus brutia* ormanı, *Phlomis grandiflora-Quercus coccifera* makilik alanları ve *Verbascum splendidum-Phlomis carica* topluluğu ile *Nerium oleander-Platanus orientalis* ormanı bulunmaktadır.

Türkiye'deki *P. brutia* (Türk kızılçamı) ormanları geçmişte farklı alyanslar altında sınıflandırılmış olmasına rağmen, son yıllarda iki alyans altında gruplandırılmıştır (Bonari ve ark., 2021; Kavgacı ve ark., 2021). Alçak rakımlı Türk kızılçamı ormanları *Pinion brutiae* alyansı altında sınıflandırılırken, yüksek rakımlı olanlar *Styraco officinalis-Pinion brutiae* alyansınında bulunmaktadır. Her iki alyans da *Pinetalia halepensis* ve *Pinetea halepensis* altında yer almaktadır. Sonuç olarak, *Pinus brutia* ormanlarının dağılımı mezo ve supra-Akdeniz'de olduğundan, bunları *Styraco officinalis-Pinion brutiae* alyansı altında değerlendirmek uygundur.

Güneybatı Anadolu'da kızılçamının bazı bitki toplulukları birlik düzeyinde tanımlanmıştır. Bazıları ICPN (International Code of Phytosociological Nomenclature) kurallarına göre geçersiz yayınlanmış olsa da (Theurillat ve ark., 2021), bazıları coğrafi ve iklimsel çeşitlilik nedeniyle Kavak Dağı'ndaki topluluktan belirli floristik farklılıklar göstermektedir. Her ikisi de sırasıyla (Vural ve ark., 1995) ve (Akman ve ark., 1998) tarafından Marmaris ilinde tanımlanan *Aetheorhiza-Pinetum brutiae* ve *Phlomido bourgaei-Pinetum brutiae*, Bodrum yarımadasındaki *Junipero phoeniceae-Pinetum brutiae* (Akman ve ark., 1998) Güneybatı Türkiye'de tanımlanan kızılçam ormanlarıdır. Ancak tüm bu topluluklar türün (*Pinion brutiae*) Eu ve termo-Akdeniz dağılımlarını temsil eder ve floristik olarak farklıdır. Güneybatı Anadolu'da çalışma alanına yakın bölgelerde daha yüksek rakımlarda yapılmış başka çalışmalar da vardır: Finike ilçesinde (Antalya) tespit edilen *Asparago acutifoli-Pinetum brutiae* (Karaköse ve Terzioğlu 2021), Antalya Körfezi'nde tespit edilen *Glycyrrhizo asymetricae-Pinetum brutiae* ve *Phlomido leucophractae-Pinetum brutiae* (Kurt ve ark., 2015). Bu toplulukların tümü, Kavak Dağı'ndaki kızılçam ormanlarından (*Silene italica-Pinus brutia* ormanı) farklı bir floristik kompozisyona sahiptir. Sintaksonomik birimlerin içerdikleri floristik kompozisyon, benzerlikler karşılaştırılarak dikkate alınmış, değerlendirmeler yapılmıştır. Bu nedenle, Kavak Dağı'ndaki *P. brutia* ormanlarının yeni birliğini *Sileno italicae-Pinetum brutiae* Varol, Aytepe, Akbaş & Değerli ass. nova (Holotip: Çizelge 1, quadrat no: 6) olarak *Styraco officinalis-Pinion brutiae* (*Pinetalia halepensis* ve *Pinetea halepensis*) altında tanımlanmaya karar verilmiştir.

Platanus orientalis (Doğu çınarı), Türkiye'nin büyük bir kısmında dar vadi tabanlarında ve akarsu kıyılarında galeri tipi ormanlar meydana getirir. Türkiye'de Doğu

çınarı hakkında çok az çalışma vardır (Ayaşlıgil, 1987; Çinbilgel ve Gökçeoğlu, 2010; Aksoy, 2022; Karaköse ve Terzioğlu, 2021). İlk olarak Arnavutluk'ta tanımlanan *Nerio oleandri-Platanetum orientalis* bitki örtüsü tipi (Kárpáti, 1962), Anadolu'daki *P. orientalis* kıyı ormanlarını da karakterize eder. Dolayısıyla bu birliğin floristik benzerlik dikkate alındığında *Platanion orientalis, Populetalia albae* ve *Alno glutinosae-Populetea albae* altında yer almasına uygun görülmüştür.

Türkiye'de *Astragalus condensatus* ile ilgili az sayıda vejetasyon çalışmasına rastlanmıştır (Arslan ve ark., 2014). Çalışma alanında tespit edilen *Anthemis cretica* susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus* topluluğu ile "Batı ve Güney Anadolu Yüksek Dağ Vejetasyonu" (Gemici ve ark., 1994) çalışmasındaki birlikler karşılaştırıldığında floristik benzerliğe rastlanmadığı tespit edilmiştir. Yapılan literatür taramasında Samos adasında *Thymo samii-Astragaletum condensati* Musarella, Brullo & Giusso ass. nov. birliği ve ekolojisinin çalışıldığı tespit edilmiştir (Musarella ve ark., 2020). *Thymo samii-Astragaletum condensati*, düz ya da hafif eğimli yüzeylerle, kompakt kristal yapılı kireç taşı (mermer) çıkıntılarıyla tanımlanan bir kaküminal bölgede yer almaktadır. Topraklar oldukça sığdır ve kaya yarıkları ile çatlaklarını doldurmaktadır. Bu alan, 1100–1200 metre yükseklikte bulunup, mezo-Akdeniz biyoklimatik bölgesi içinde konumlanmıştır. Kavak Dağı'nda tespit edilen *Anthemis cretica* susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus* topluluğu da 1351 m - 1370 m aralığında kalker anakayada bulunmaktadır. *Anthemis cretica* susbsp. *anatolica-Astragalus condensatus*'un floristik yapısı *Thymo samii-Astragaletum condensati*'den farklıdır. Bu sebepten dolayı *Anthemido anatolicae-Astragaletum condensati* Varol, Aytepe, Akbaş & Değerli ass.nova (Holotip: Çizelge 1, quadrat no: 26) *Asperulion samiae*, *Noaeo mucronatae-Silenetalia urvillei*, *Cerastio candidissimi-Astragaletea rumelici* altında bulunmaktadır.

Maki, az çok kapalı bir gölgelik yapısına sahip, herdem yeşil, sklerofil bir çalılıktır. *Quercus coccifera*, Akdeniz ülkelerinin tamamında bulunan, herdem yeşil ve kuraklığa dayanıklı bir çalı türüdür. Tipik bir maki bitkisi olan *Quercus coccifera*, ülkemizde başta Kuzeybatı, Batı ve Güney Anadolu ile Adalar ve Kuzey Anadolu bölgelerinde yayılış göstermektedir (Davis, 1965-1988). Ormana doğru bitki örtüsü ardışıklığının bir aşaması, doruk ormanlarının bir ikame aşaması veya kurak alanlarda kalıcı topluluklardır. Bu aşamalar otlatma, orman temizleme ve yangınlarla sürdürülmektedir. Ardışıklık kesintiye uğramadığı sürece, maki bir sklerofil ormanına dönüşür, ancak tür bileşimi neredeyse aynıdır (Kavgacı ve ark., 2017). Bu nedenle, maki ve sklerofil ormanları genellikle bitki örtüsü sınıflandırmasında birlikte ele alınmaktadır (Čarni ve ark., 2011, 2018; Kavgacı ve ark.,

2017). Güneybatı Anadolu'da yapılan *Quercion cocciferae*'ye dahil topluluklar belirlenmiş (Sağlam, 2013; Karaköse ve Terzioğlu, 2021) Kavak Dağı'ndakinden farklı bir floristik kompozisyon içerdikleri görülmüştür. Ayrıca *Phlomo grandiflorae-Quercetum cocciferae* mermer anakayayı tercih ederken karşılaştırılan çalışmalarda birliklerin kalker anakaya üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir. *Quercus coccifera*, Türkiye dışında da Akdeniz havzasının diğer bölgelerinde yayılış gösterir, ancak farklı bir sintaksonomik sınıflandırmaya karşılık gelmektedir (Tsiourlis ve ark., 2009). Bu sebeple *Phlomo grandiflorae-Quercetum cocciferae*'nin yeni bir birlik olarak tanımlanmasına karar verilmiştir: *Phlomo grandiflorae-Quercetum cocciferae* Varol, Aytepe, Akbaş & Değerli ass.nova (Holotip: Çizelge 1, quadrat:13) *Quercion cocciferae*, *Quercetalia cocciferae* ve *Quercetea ilicis* altında bulunmaktadır.

Verbascum splendidum-Phlomis carica, maki tipi regresyon bir alan olup, *Verbascum splendidum* ve *Phlomis carica* bu toplulukta baskın türlerdir. Makilik alan degradasyona uğramış sadece iki quadratla sınırlanmıştır. Alanda baskın olan bu türler yerel hakimiyet göstermekte olup, bitki örtüsünün geri kalanı açık habitat özellikleri taşımaktadır. Tek yıllık ve ruderal bitkilerin fazlalığı, araştırma alanındaki otlatmanın etkisini ve ekosistemin bozulduğunu işaret etmektedir. Çalışma alanındaki degrade ekosistemler hakkında yeterli bilgi bulunmadığından ve bu ekosistemler için özel bir değerlendirme gerektiğinden, söz konusu bitki topluluğu için sintaksonomik bir sınıflandırma yapılmamıştır.

Yukarıda yapılan sintaksonomik değerlendirmelere göre çalışma alanının sintaksonomik sınıflandırması aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

Pinetea halepensis Bonari et Chytrý in Bonari et al. 2021

Pinetalia halepensis Biondi, Blasi, Galdenzi, Pesaresi et Vagge 2014

Styraco officinalis-Pinion brutiae Bonari et al. 2021

Sileno italicae-Pinetum brutiae Varol, Aytepe, Akbaş & Değerli ass. nova

Quercetea ilicis Br.-Bl. ex A. Bolòs et O. de Bolòs in A. Bolòs y Vayreda 1950

Quercetalia cocciferae Zohary 1955

Quercion cocciferae Zohary 1955

Phlomo grandiflorae-Quercetum cocciferae Varol, Aytepe, Akbaş & Değerli ass.nova

Alno glutinosae-Populetea albae P. Fukarek et Fabijanić 1968

Populetalia albae Br.-Bl. ex Tchou 1949 nom. conserv. propos.

Platanion orientalis I. Kárpáti et V. Kárpáti 1961

Nerio oleandri-Platanetum orientalis Kárpáti and Kárpáti 1961

Cerastio candidissimi-Astragaletea rumelici Musarella, Brullo & Giusso cl. nov

Noaeo mucronatae-Silenetalia urvillei Musarella, Brullo & Giusso cl. nov

Asperulion samiae Musarella, Brullo & Giusso all. nov. hoc loco.

Anthemido anatolicae-Astragaletum condensati Varol, Aytepe, Akbaş & Değerli ass.nova

Verbascum splendidum-Phlomis carica topluluğu

Yazar Katkıları

Ömer Varol: Proje yöneticisi, araştırmayı koordine etme, arazi çalışmalarını yürütme, makale yazımına katkı sunma. Hediye Aktaş Aytepe: Proje yazımı, arazi çalışmalarını yürütme, türlerin teşhisi, istatistiksel analiz ve yorumlama, makale yazımına destek sağlama. Kenan Akbaş: Arazi çalışmalarını yürütme, türlerin teşhisi, makale yazımına katkı sunma. Yeliz Değerli: Arazi çalışmalarını yürütme, türlerin teşhisi, makale yazımına katkı sağlama.

Teşekkür

Bu çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi BAP-17/134 numaralı bilimsel araştırma projesi ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

Akman, Y. (1995). *Türkiye orman vejetasyonu*. Ankara: Science Faculty of Ankara University.

Akman, Y., Kurt, L., Demiryürek, E., Quézel, P., Kurt, F., Evren, H., & Kucukoduk, M. (1998). Les groupements à *Pinus brutia* sur roches ultra-basiques et calcaires, dans la région de Marmaris et Bodrum (Muğla) à l'étage thermo-méditerranéen du sud-ouest Anatolien (Turquie). *Ecologia Mediterranea, 24*(1), 63–71.

Akman, Y. (2011). *İklim ve Biyoiklim: Biyoiklim metodları ve Türkiye iklimleri*. Ankara: Palme Yayıncılık.

Anonim. (1998). *Muğla İli Arazi Varlığı*. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları.

Anonim. (2018). *Muğla Merkez, Yatağan ve Milas ilçelerine ait 1950–2018 yılları arası sıcaklık, yağış, nem ve rüzgâr değerleri*. Muğla Meteoroloji Müdürlüğü.

Arslan, M., Erdoğan, N., Bingöl, M. Ü., & Çelik, N. (2014). Bozan çevresi (Eskişehir) bozuk orman ve bozkır vejetasyonu. *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, Isparta.

Ayaşlıgil, Y. (1987). *Der Köprülü Kanyon Nationalpark: Seine Vegetation und ihre Beeinflussung durch den Menschen*. Landschaftsökologie Weihenstephan, Freising.

Aytepe, H. A., & Varol, Ö. (2007). Bencik Dağı (Yatağan-Muğla) florası. *Ekoloji, 16*(63), 41–61.

Birand, H. (1960). Erste Ergebnisse der Vegetation-Untersuchungen in der Zentral Anatolischen Steppe I. Halophytengesellschaften des Tuz Gölü. *Botanisch Jahrbücher*, 79, 254–296.

Bonari, G., Fernández, G. F., Çoban, S., Monteiro-Henriques, T., Bergmeier, E., Didukh, Y.P., Xystrakis, F., Angiolini, C., Chytrý, K., Acosta, A.T., J.C. Costa, E. Agrillo, Danihelka, J., Hennekens, S. M., Kavgacı, A., Knollova, I., Neto, C. S., Sağlam, C., Škvorc, Ž. et al. (2021). Classification of the Mediterranean lowland to submontane pine forest vegetation, *Appl Veg Sci*, 24, e12544. https://doi.org/10.1111/avsc.12544

Braun-Blanquet, J. (1932). *Plant sociology*. New York: McGraw-Hill.

Čarni, A., Juvan, N., Košir, P., Marinšek, A., Paušič, A., & Šilc, U. (2011). Plant communities in gradients. *Plant Biosystems, 145*, 54–64. https://doi.org/10.1080/11263504.2011.602730

Čarni, A., Matevski, V., Kostadinovski, M., Ćušterevska, R. (2018). Scrub communities along a climatic gradient in the southern Balkans: maquis, pseudomaquis and shibljak., *Plant Biosystems*, 152 :165-1171, https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1435567

Ceylan, O., & Görk, G. (2017). Kavaklıdere (Muğla) florası. *BioDicon, 10*(2), 167–182.

Chytrý, M., Tichý, L., Holt, J., & Botta-Dukát, Z. (2002). Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science, 13*, 79–90. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02025.x

Çinbilgel, İ., & Gökçeoğlu, M. (2010). The vegetation of Altınbeşik Cavern National Park (İbradı-Akseki/Antalya-Turkey): A synecological study. *Spanish Journal of Rural Development, 1*(2), 1−17.

Davis, P. H. (1965–1982). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vols. 1–9). Edinburgh: Edinburgh University Press.

Davis, P. H., Mill, R. R., & Tan, K. (Eds.). (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 10, Supplement). Edinburgh: Edinburgh University Press.

Eminağaoğlu, O., Yalçın, E., & Özkaya, M. (2022). Forest vegetation of the Beşpare ecovillages in the western lesser Caucasus corridor (Artvin/Türkiye). *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali, 33*. https://doi.org/10.1007/s12210-022-01095-4

Fontaine, M., Aerts, R., Özkan, K., Mert, A., Gülsoy, S., Suel, H., Waelkens, M., & Muys, B. (2007). Elevation and exposition rather than soil types determine communities and site suitability in Mediterranean mountain forests of southern Anatolia, Turkey. *Forest Ecology and Management, 247*, 18–25.

Gemici, Y., Görk, G., & Acar, İ. (1994). *Batı ve Güney Anadolu yüksek dağ vejetasyonu ve florası*. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Yayınları.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babaç, M. T. (Eds.). (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını.

Güney, K. (2001). '*Batı Menteşe Dağları'nın (Muğla) bitki sosyolojisi yönünden araştırılması*' Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bil. Enstitüsü, Ankara.

Kamer Aksoy, Ö. (2022). Predicting the Potential Distribution Area of the *Platanus orientalis* L. in Turkey Today and in the Future. *Sustainability*, 14 (18), 11706. https://doi.org/10.3390/su141811706

Karakaya, A. (1997). 'Doğumenteşe Dağları'nın Vejetasyonunun Sinekolojik Yönden Araştırılması', Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bil. Enstitüsü, Ankara.

Karaköse, M. (2019). Numerical classification and ordination of Esenli (Giresun) forest vegetation. *Biologia, 74*, 1441–1453. https://doi.org/10.2478/s11756-019-00321-z

Karaköse, M., & Terzioğlu, S. (2019). Flora and botanic tourism potential of Yaralıgöz (Kastamonu) Education and Observation Forest. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 19*, 116–136. https://doi.org/10.17475/kastorman.543547

Karaköse, M., & Terzioğlu, S. (2020). Finike (Antalya) orman planlama biriminin vasküler bitki florası. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 23*(5), 1144–1162. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.681247

Karaköse, M., & Terzioğlu, S. (2021). Numerical classification and ordination of Finike (Antalya) forest vegetation. *Biologia, 76*, 3631–3645. https://doi.org/10.1007/s11756-021-00910-x

Karaköse, M. (2021). Vascular plant diversity of Esenli (Giresun) forest planning unit. *Forestist, 72*(2), 156–164.

Karaköse, M., & Terzioğlu, S. (2023). Classification of forest vegetation in Yaraligöz Education and Observation Forest, Kastamonu, Türkiye. *Nusantara Bioscience, 15*(2). https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n150204

Kárpáti, I. (1962). Überblick der zönologischen und ökologischen Verhältnisse der Auenwälder des Westbalkans. *Mitteilungen der Ostalpinen-Dinarischen Pflanzensoziologischen Arbeitsgemeinschaft, 2*, 101–106.

Kavgacı, A., Arslan, M., Bingöl, Ü., et al. (2012). Classification and phytogeographical differentiation of oriental beech forests in Turkey and Bulgaria. *Biologia, 67*, 461–473. https://doi.org/10.2478/s11756-012-0029-6

Kavgacı, A., Šilc, U., Başaran, S., Marinšek, A., Başaran, M. A., Košir, P., et al. (2017). Classification of plant communities along postfire succession in *Pinus brutia* (Turkish red pine) stands in Antalya (Turkey). *Turkish Journal of Botany, 41*, 299–307. https://doi.org/10.3906/bot-1609-34

Kavgacı, A., Balpınar, N., Öner, H. H., Arslan, M., Bonari, G., Chytrý, M., & Čarni, A. (2021). Classification of forest and shrubland vegetation in Mediterranean Turkey. *Applied Vegetation Science, 24*, e12589. https://doi.org/10.1111/avsc.12589

Kavgacı, A., Karaköse, M., Keleş, E. S., Balpınar, N., Arslan, M., Yalçın, E., et al. (2023). Classification of forest and shrubland vegetation in central and eastern Euxine Turkey and SW Georgia. *Applied Vegetation Science, 26*, e12753. https://doi.org/10.1111/avsc.12753

Kaya, E., Varol, Ö., & Aktaş Aytepe, H. (2008). Urban flora of Muğla (Muğla, Turkey). *Flora Mediterranea, 18*, 127–148.

Kenar, N., & Ketenoğlu, O. (2016). The phytosociology of Melendiz Mountain in the Cappadocian part of Central Anatolia (Niğde, Turkey). *Phytocoenologia, 46*(2), 141–183. https://doi.org/10.1127/phyto/2016/0065

Kurt, L., Ketenoğlu, A. O., Akman, Y., Özdeniz, E., Şekerciler, F., Bölükbaşı, A., & Özbey, B. G. (2015). Syntaxonomic analysis of the preforest and forest vegetation in the thermo- and eumediterranean zone around Antalya Gulf, Turkey. *Turkish Journal of Botany, 39*, 487–498.

Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K., et al. (2016). Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*. https://doi.org/10.1111/avsc.12257

Musarella, C. M., Brullo, S., & del Galdo, G. G. (2020). Contribution to the orophilous cushion-like vegetation of central-southern and insular Greece. *Plants, 9*(12), 1678. https://doi.org/10.3390/plants9121678

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature, 403*, 853–858.

Pirhan, A. F. (2010). 'Akdağ (Fethiye) flora ve vejetasyonu' Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Öz Arık, U., & Görk, G. (2016). Kurukümes Dağı (Milas-Muğla) florası. *BioDicon, 9*(3), 149–167.

Özel, N. (1996). *Beşparmak Dağları ve Dilek Yarımadası bitki örtüsünün araştırılması* (1. baskı). Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten Dizisi.

Özhatay, N., Byfield, A., & Atay, S. (2003). *Türkiye'nin önemli bitki alanları*. Doğal Hayatı Koruma Vakfı.

Sabatini, F. M., Lenoir, J., Hattab, T., et al. (2021). sPlotOpen – An environmentally balanced, open-access, global dataset of vegetation plots. *Global Ecology and Biogeography, 30*, 1740–1764. https://doi.org/10.1111/geb.13346

Sağlam, C. (2013). A phytosociological study of the forest, shrub, and steppe vegetation of Kızıldağ and environs (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of Botany, 37*, 316–335. https://doi.org/10.3906/bot-1205-46

Şenel, M., & Bilgin, R. (1997). *Muğla'nın jeolojisi*. Türkiye Jeoloji Haritaları, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi.

Terzioğlu, S., Bilgili, E., & Karaköse, M. (2012). *Türkiye ormanları (Forests of Turkey)*. Orman Genel Müdürlüğü, Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı.

Theurillat, J.-P., Willner, W., Fernández-González, F., Bültmann, H., Čarni, A., Gigante, D., Mucina, L., & Weber, H. (2021). International code of phytosociological nomenclature (4th ed.). *Applied Vegetation Science, 24*, e12491. https://doi.org/10.1111/avsc.12491

Tichý, L. (2002). JUICE software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science, 13*, 451–453.

Tichý, L., & Chytrý, M. (2006). Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science, 17*(6), 809. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2006.tb02504.x

Tsiourlis, G., Konstantinidis, P., & Xofis, P. (2009). Syntaxonomy and synecology of *Quercus coccifera* Mediterranean shrublands in Greece. *Journal of Plant Biology, 52*, 433–447.

Varol, Ö., Doğru, A., & Kaya, E. (2004). Yılanlı Dağı (Muğla)'nın florası. *Ekoloji, 13*(50), 23–36.

Varol, Ö., Aktaş Aytepe, H., Akbaş, K., & Değerli, Y. (2022). Kavak Dağı (Milas-Muğla) florası. *Turkish Journal of Forest Science, 6*(1), 21–47. https://doi.org/10.32328/turkjforsci.911615

Vural, M., Duman, H., Güner, A., Dönmez, A. A., & Şağban, H. (1995). The vegetation of Köyceğiz-Dalyan (Muğla) specially protected area. *Turkish Journal of Botany, 19*(4), 431–476.

Çizelge 1. Kavak Dağı vejetasyon çizelgesi. Bitki örtüsü quadratları, Şekil 5'de gösterilen kümeleme analizine göre düzenlenmiştir; grup numaraları, bitki örtüsü tipi numaralarını temsil etmektedir: 1. *Silene italica-Pinus brutia* 2. *Phlomis grandiflora-Quercus coccifera* 3. *Verbascum splendidum-Phlomis carica* 4. *Anthemis cretica* susbsp. *anatolica- Astragalus condensatus* 5. *Nerium oleander-Platanus orientalis.* *holotipleri gösterir.

Quadrat numarası	**1**	**5**	**6***	**9**	**8**	**4**	**7**	**2**	**3**	**10**	**11**	**12**	**13***	**18**	**14**	**15**	**16**	**17**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**27**	**26***	**25**	**28**	**29**	**32**	**30**	**31**
Grup numarası	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**
Alan (m²)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	25	25	25	25	25	25	25	25	10	10												
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	13	11	11	11	10	11	10	10	10	10	13	11	10	10	10	10	11	12	10	10	13	13	13	13	13	13	13	13	57	52	52	49
Yükseklik (m)	13	40	60	45	71	31	96	60	77	50	61	23	36	31	64	64	13	90	28	23	70	70	70	70	70	56	51	52	4	3	1	7
																				10									10			
Genel Örtüş (%)	80	60	55	70	70	60	60	60	70	60	90	85	80	75	80	80	70	80	95	0	60	80	85	80	80	70	70	70	0	80	70	90
																													10			
Ağaç Örtüşü (%)	75	60	55	70	70	60	60	60	70	60	-	5	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	80	70	90
												3.																				
Ağaç Yükseklik (m)	30	20	18	25	20	30	20	30	25	20	-	5	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	25	30	30
Çalı Örtüşü (%)	25	40	40	30	50	30	25	60	35	1	85	80	60	60	80	75	70	80	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	50	70	70	50
												1.																	5-			
Çalı Yükseklik (m)	2	6	3	3.4	5	5.5	3.5	3	3	0.5	3	2	1.8	2	3	2	3	2	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	6	3	4	5
																				10												
Ot Örtüşü (%)	40	60	20	25	20	70	50	80	60	50	30	20	80	70	60	80	70	60	95	0	50	80	85	80	80	70	70	70	15	10	10	10
Ot Yükseklik (m)	1	0.8	1	0.7	0.3	0.4	0.5	0.6	1	1	0.5	1	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	1	1	1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1	1	1	1
	K													K		K			K									G				
	B	D	G	B	B	B	K	K	B	B	D	D	B	D	G	B	G	G	D	K	K	K	K	K	K	D	D	D	K	K	K	K
Yön ve Eğim (%)	30	5	45	45	30	5	45	30	30	5	30	5	5	30	5	5	10	30	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sileno italicae-Pinetum brutiae																																
Pinus brutia var. *brutia*	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Silene italica subsp. *italica*	1	1	.	1	2	1	1	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Euphorbia rigida	1	1	1	.	1	1	1	.	r	.	.	.	1	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Milium pedicellare	1	1	.	1	1	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pilosella piloselloides subsp. *magyarica*	1	1	1	1	.	1	.	2	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dactylis glomerata subsp. *hispanica*	.	1	1	.	1	r	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Vicia cuspidata	1	1	1	2	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Briza humilis	.	1	.	.	1	1	1	1	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Teucrium scordium subsp. *scordium*	1	1	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lens ervoides	r	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus aphaca var. *affinis*	2	.	1	2	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Legousia speculum-veneris	.	1	1	.	.	1	r	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Doronicum orientale	.	1	.	1	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium peplidifolium	1	1	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Festuca jeanpertii subsp. *jeanpertii*	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium tomentosum var. *tomentosum*	.	1	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus sphaericus	1	.	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Vicia monantha subsp. *monantha*	.	1	.	2	.	.	2	.	.	2	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cerastium brachypetalum subsp. *roeseri*	.	.	1	.	1	.	.	.	1	r	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Phlomo grandiflorae-Quercetum cocciferae																																			
Phlomis grandiflora var. *grandiflora*	.	.	.	.	.	.	.	2	4	2	.	4	3	3	3	3	3	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Medicago disciformis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Minuartia hybrida subsp. *hybrida*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Anthemis cretica subsp. *albida*	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	1	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bromus sterilis	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	2	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Centaurea segetum	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Verbascum splendidum-Phlomis carica																																			
Crepis commutata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Allium scodoprasum subsp. *rotundum*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bromus diandrus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Phleum boissieri	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Silene urvillei	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	r	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.
Phlomis carica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Vicia anatolica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sedum hispanicum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Medicago rigidula var. *rigidula*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eryngium campestre var. *campestre*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Verbascum splendidum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Geranium lucidum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scandix stellata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rosa iberica	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hypecoum pseudograndiflorum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Convolvulus arvensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lamium amplexicaule var. *amplexicaule*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Anagallis arvensis var. *caerulea*	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stipa ehrenbergiana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Vincetoxicum canescens subsp. *pedunculata*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Amygdalus communis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sanguisorba minor subsp. *lasiocarpa*	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scorzonera cana var. *cana*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lens nigricans	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Telephium imperati subsp. *orientale*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tragopogon porrifolius var. *longirostris*	.	.	.	.	1	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus cicera	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sherardia arvensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Torilis nodosa	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Prunus spinosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Anthemido anatolicae-Astragaletum condensati																																				
Colchicum variegatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Thymus cilicicus	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	2	2	2	2	3	.	.	.	.	.	.	.	.
Festuca valesiaca	.	1	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	2	.	.	.	1	1	1	2	2	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Anthemis cretica subsp. *anatolica*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Astragalus condensatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	2	3	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Centaurea aphrodisea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	1	.	2	1	1	.	.	.	.
Crepis sancta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.
Galium brevifolium subsp. *brevifolium*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	1	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	1	1	.	.	.	.	.
Pterocephalus plumosus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	1	r	.	.	.	.
Nerio oleandri-Platanetum orientalis																																
Nerium oleander	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	3	4
Platanus orientalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	5	4	4
Brachypodium sylvaticum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	2	2
Rubus canescens var. *canescens*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	r	1
Crateagus monogyna subsp. *monogyna*	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	2
Hedera helix	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1
Campanula peregrina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	r	.	r
Melissa officinalis subsp. *officinalis*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.
Oryzopsis miliaceum subsp. *thomasii*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	1
Ficus carica subsp. *carica*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.
Asparagus acutifolius	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.
Quercus coccifera	2	3	3	3	3	2	2	2	2	.	2	2	.	2	.	3	3	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.
Phillyrea latifolia	2	.	2	2	2	2	2	2	2	.	2	.	.	2	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juniperus oxycedrus subsp. oxycedrus var. oxycedrus	.	.	2	2	2	2	2	2	2	.	1	.	2	2	1	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium grandiflorum	1	1	.	1	1	r	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	1	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Torilis leptophylla	.	.	r	.	1	r	.	1	1	.	1	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Daphne gnidioides	1	.	.	1	1	.	.	.	2	.	.	2	1	2	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Alyssum fulvescens var. *fulvescens*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.
Legousia pentagonia	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	1	.	1	2	1	1	1	2	1	1	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.
Medicago minima var. *minima*	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	1	1	1	2	1	1	.	1	2	.	.	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.
Geranium purpureum	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	1	1	1	.	1	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Aegilops umbellulata	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bromus squarrosus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1	1	1	.	.	.	.
Anchusa hybrida	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	1	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Aegilops triuncialis subsp. *triuncialis*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	1	1	.	.	1	1	.	.	.	.	.
Trifolium lucanicum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	.	1	1	1	.	.	.	.
Ajuga chamaepitys subsp. *chia*	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	2	3	3	1	1	1	1	1	.	.	.	.
Sedum pallidum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	2	1	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.
Velezia pseudorigida	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	1	.	1	.	.	1	.	.	1	1	.	.	1	.	.	r	1	.	.	.	.
Cynosurus echinatus	1	1	1	1	1	.	1	r	1	1	.	1	1	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium campestre subsp. *campestre* var. *campestre*	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	2	1	1	.	1	2	2	.	2	2	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Sedum amplexicaule subsp. *tenuifolium*	.	.	.	1	1	.	r	.	.	.	.	.	1	.	1	1	1	.	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.
Poa bulbosa	.	.	1	1	2	1	.	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	.	1	.	.	1	1	1	1	.	.	.	.
Trifolium stellatum var. *stellatum*	1	.	1	1	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	1	1	1	1	2	.	1	1	1	1	.	1	1	.	.	.	.	.
Micromeria myrtifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
Mentha spicata subsp. *spicata*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
Lysimachia atropurpurea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
Crepis vesicaria subsp. *vesicaria*	.	.	.	.	1	.	.	2	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.
Phleum exaratum subsp. *exaratum*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Picnomon acarna	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
Galium heldreichii	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.
Dracunculus vulgaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
Stipa bromoides	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium campanelliferum	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Arabis verna	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Luzula nodulosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Avena barbata subsp. *barbata*	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	r	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fritillaria bithynica	.	.	.	.	.	.	1	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Aubrieta deltoidea	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Veronica lycica	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium physodes var. *physodes*	.	1	.	.	.	.	.	r	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Teucrium chamaedrys subsp. *chamaedrys*	.	.	.	.	.	1	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Myosotis ramosissima	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Styrax officinalis	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Epipactis helleborine subsp. *bithynica*	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bunium ferulaceum	.	.	.	.	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus aphaca var. *pseudoaphaca*	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Minuartia hybrida subsp. *turcica*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus setifolius	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Allium paniculatum subsp. *paniculatum*	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Quercus ithaburensis subsp. *macrolepis*	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Erysimum caricum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.
Briza maxima	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Campanula lyrata subsp. *lyrata*	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium hirtum	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus aphaca var. *modestus*	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Veronica cymbalaria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scrophullaria peregrina	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Luzula sylvatica subsp. *sylvatica*	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Petrorhagia dubia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Salvia tomentosa	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lactuca tuberosa	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Alliaria petiolata	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trigonella velutina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Anthemis cretica subsp. *leucanthemoides*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ornithogalum comosum	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Senecio vulgaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Neslia paniculata subsp. *thracica*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rumex tuberosus subsp. *horizontalis*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium arvense var. *arvense*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Plantago lanceolata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rosa canina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Teucrium polium subsp. *polium*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.

Leontodon asperrimus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.
Trifolium uniflorum subsp. *uniflorum*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sanguisorba minor subsp. *magnolii*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium ochroleucum	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Muscari neglectum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scandix iberica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cardamine graeca	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Iberis carnosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lamium garganicum subsp. *striatum* var. *striatum*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Luzula forsteri subsp. *caspica*	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium fragiferum var. *fragiferum*	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lolium temulentum var. *arvense*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium verticillatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Vicia cracca subsp. *stenophylla*	.	.	.	.	.	2	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Crucianella latifolia	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Veronica arvensis	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stachys cretica subsp. *smyrnaea*	.	.	1	.	.	.	.	2	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sanguisorba minor subsp. *muricata*	1	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Melica minuta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ranunculus argyreus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Arenaria sepyllifolia subsp. *serpyllifolia*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dioscorea communis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Orchis sancta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium floribundum subsp. *floribundum*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cynodon dactylon var. *dactylon*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ornithogalum orthophyllum subsp. *kochii*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hainardia cylindrica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Setaria viridis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.
Erodium moschatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Achillea setacea	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Fritillaria pinardii	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Alkanna tubulosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rostraria cristata var. *cristata*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Helianthemum salicifolium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Crucianella macrostachya	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Minuartia leucocephaloides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Origanum onites	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Anagyris foetida	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Valerianella muricata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium glomeratum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Geranium tuberosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Filago germanica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sisymbrium officinale	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium setaceum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Silene cariensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Medicago orbicularis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sedum litoreum var. *litoreum*	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Centaurea urvillei subsp. *stepposa*	.	.	.	.	.	.	.	2	2	.	2	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	r	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
Nigella arvensis var. *glauca*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sideritis libanotica subsp. *linearis*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Scrophularia canina subsp. *bicolor*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	r	.	.	.	.	.	.	.	.
Allium pictistamineum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.
Arenaria graveolens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.
Ornithogalum lanceolatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.
Ziziphora taurica subsp. *clenioides*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.
Dianthus zonatus var. *zonatus*	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Origanum hypericifolium	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cerastium comatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Juniperus foetidissima	.	.	.	1	.	.	.	r	.	.	2	.	3	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
Picris pauciflora	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.

Allium sipyleum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Sideritis montana subsp. *montana*	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Thymelaea passeriana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Cistus creticus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Asyneuma limonifolium subsp. *limonifolium*	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Anthyllis vulnearia subsp. *praepropera*	r	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Potentilla recta	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scabiosa argentea	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Origanum sipyleum	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Scorzonera cana var. *alpina*	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ornithogalum narbonense	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Saponaria mesogitana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Medicago arabica	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Vicia articulata	1	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cupressus sempervirens	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Verbascum pinardii	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pyrus amygdaliformis var. *lanceolata*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex divulsa subsp. *divulsa*	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ziziphora tenuior	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Arrhenatherum palaestinum	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Aristolochia hirta	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Valerianella echinata	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Taeniatherum caput-medusae subsp. *crinitum*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Asperula brevifolia	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium repens var. *repens*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Capsella bursa-pastoris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sisymbrium altissimum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dianthus lydus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Acantholimon acerosum subsp. *acerosum* var. *acerosum*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Vulpia ciliata subsp. *ciliata*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium spurium subsp. *spurium*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium odoratum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Papaver argemone subsp. *davisii*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Valerianella orientalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bellis perennis	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Valerianella coronata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Oryzopsis coerulescens	1	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Allium robertianum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Medicago rigidula var. *agrestis*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hypericum perforatum subsp. *veronense*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Orlaya daucoides	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cardamine hirsuta	.	.	.	.	1	.	.	.	.	r	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Calendula arvensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Petrorhagia cretica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.

Sileno italicae-*Pinetum brutiae* Varol, Aytepe, Akbaş & Değerli ass. nova (Holotip: Çizelge 1, örnek parsel no: 6)

Phlomo grandiflorae-Quercetum cocciferae Varol, Aytepe, Akbaş & Değerli ass.nova (Holotip: Çizelge 1, örnek parsel no:13)

Anthemido anatolicae-Astragaletum condensati Varol, Aytepe, Akbaş & Değerli ass.nova (Holotip: Çizelge 1, örnek parsel no: 26)

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 122-139
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1642267

Nevşehir Kent Peyzajının Yeşil Altyapı Bağlamında Değerlendirilmesi*

Evaluation of Nevşehir Urban Landscape in the Context of Green Infrastructure

Bülent Ahmet ÖZMEN[1], Mustafa ARTAR[1]

Özet

Son yıllarda ülkemizde peyzaj mimarları tarafından sıklıkla gündeme gelen çalışma konularından biri de Yeşil Altyapı (YA) yaklaşımı ve uygulamalarıdır. Kent peyzajının önemli bileşenleri olan parklar, yeşil alanlar ve açık alanlar ile yeşil koridorlar YA'nın önemli bileşenleridir.

Bu çalışmanın amacı YA'nın bir bileşeni olan parklar ve yeşil alanların Nevşehir Belediye sınırları içinde seçilen mahalleler ölçeğinde ağ sistemi oluşturması, başta bitki örtüsü ve donatı elemanları ile evrensel ölçütlere uygun nitelikle değerlendirilmesidir. Bu amaçla çalışmanın araştırma sorusu "Nevşehir belediye sınırları içindeki peyzaj alanları Avrupa Komisyonu tarafından geliştirilmiş yeşil altyapı sistem kurgusuna uygun hizmet etmekte midir?" olarak belirlenmiştir. Araştırma kapsamında Nevşehir merkezdeki 22 mahalle sahip olduğu ekolojik ve sosyal veriler bazında incelenmiş, bunlardan ekolojik koridor oluşturacak biçimde birbirine komşu 5 mahalle seçilmiştir.

Bu çalışmada yeşil alanların sistematik değerlendirmesi alan-nüfus ilişkisi bağlamında değerlendirilmiştir. Sonuçta incelenen 5 mahallede kişi başına düşen yeşil alan miktarlarının imar kanunu ve imar planında zorunlu 10 metrekare standardını yakalayamasa da, kentin yeşil alan omurgasına önemli katkılar sunduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil altyapı, Kentsel Peyzaj, Peyzaj Mimarlığı, Peyzaj Planlama

Abstract

One of the working topics frequently brought to the agenda by landscape architects in our country in recent years is the Green Infrastructure (GI) approach and practices. Parks, green areas, open spaces and green corridors, which are important components of the urban landscape, are important components of GI.

The aim of this study is to create a network system of parks and green areas, which are a component of GI, at the scale of selected neighborhoods within the borders of Nevşehir Municipality, and to evaluate them in accordance with universal criteria, especially with their vegetation and equipment elements. For this purpose, the research question of the study is "Do the landscape areas within the borders of Nevşehir municipality serve in accordance with the green infrastructure system setup developed by the European Commission?" Within the scope of the research, 22 neighborhoods in the center of Nevşehir were examined on the basis of their ecological and social data, and 5 neighborhoods adjacent to each other were selected to form an ecological corridor.

In this study, the systematic evaluation of green areas was evaluated in the context of the area-population relationship. As a result, it was concluded that although the amount of green space per capita in the 5 neighborhoods examined did not meet the 10 square meter standard required in the construction law and construction plan, they made significant contributions to the green space backbone of the city.

Keywords: Greeninfrastructure, Urban Landscape, Landscape Architecture, Landscape Planning

Geliş Tarihi: 18.02.2025, Düzeltme Tarihi: 25.02.2025, Kabul Tarihi: 21.05.2025
Adres: [1]Bartın Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
E-mail: martar@bartin.edu.tr
*Bu çalışma, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda "Nevşehir kent peyzajının yeşil altyapı yaklaşımı ile değerlendirilmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

Artan nüfus, doğal afetler vb. ile de dönüşüme uğrayan kentlerde son yıllarda gri-yeşil ilişkisi daha çok sorgulanmaya başlanmıştır. Gelişmiş ülkelerde imar konusunda başta sağlıklı yaşam üzerinden yapılan tartışmalar, son yıllarda kentlerin geleceğinin garanti altına alınması üzerine yoğunlaşmakta, bu noktada ekosistemlerin sürekliğinin önemi tartışılmaktadır. Doğal afetlerin insan eli ile hızlandırıldığı, iklim değişikliklerinin etkilerinin hızla hissedildiği ve gelişmiş ülkeleri dahi zararları ile zor duruma sokan fırtına, kasırga, tsunami vb afetlerin başta kentlerimizde sonucu tahmin edilmeyecek zararlar vermesi, gri altyapının (Grey Infrastructure) yanında yeşil altyapının da (Green Infrastructure) tartışılmasını ve bu yönde önlemlerin alınmasını zorunlu kılmıştır (Artar ve ark., 2016).

Yeşil altyapı (YA) konusu birçok yerde salt park ve bahçe ölçeğine indirgense de özellikle İngiltere, İskoçya, Hollanda, Avusturya vb. yağışın çoğu zaman sorun olabildiği ülkelerde çok yönleriyle tartışılmaktadır. İskoçya Hükümeti "Çevre ve İklim Değişikliği" ile "Yerel Hükümet ve Planlama" bakanlıklarının "Yeşil Altyapı: Tasarım ve Mekan Oluşturma" adı ile hazırlamış oldukları bir çalışmada yeşil altyapı sistemleri farklı yönleriyle de tanımlanmaktadır. Buna göre yeşil altyapı; Avrupa Komisyonunun da tanımladığı üzere ", yaşam kalitesinin artırılması için ekosistemlerin, yeşil alanların ve suyun stratejik alan kullanım planlaması gözetilerek kullanımını öngörmektedir. Bu alanlar parklar, açık alanlar, oyun alanları, ormanlar, sulak alanlar, yol kenarları, parseller ve özel bahçeleri kapsamaktadır. Yeşil altyapı iklim değişikliği ile mücadele ve uyum, doğal afetlerin risklerinin azaltılması, sel, taşkın ve erozyonla mücadele yanında biyolojik çeşitliliğin korunmasını da içermektedir." Bu nedenle yeşil altyapı sadece "yeşil alanlar" anlamına gelmemelidir. Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri ile sulak alanlar, dereler ve ırmaklar, kanallar ve yakın çevreleri ile diğer su unsurları gibi "mavi altyapı" bileşenleri de "yeşil altyapı" denildiğinde akla gelmelidir. Bu nedenle kentsel mekan organizasyonunda bireye ait özel bir ev bahçesinin mahalle, semt ve kent ölçeğine doğru ölçeği küçüldükçe artan önemi yeşil altyapı sistemlerinin bileşenleri olarak önem kazanmaktadır (The Scottish Government, 2011).

Son yıllarda iklim değişikliğinin de tüm dünyada belirgin şekilde hissedilmesi ve beraberinde getirdiği sorunlar, başta suyun yönetimi olmak üzere yeşil altyapı sistemlerini yeniden tartışmaya açmıştır.

Mekânsal planlamadan ayrı düşünülmeyecek bu yeni yaklaşımın, planlamanın aktörlerinin yerel yönetimler, uzmanlar ve paydaş grupları ile birlikte tartışılışı uygulamaya geçildiğinde başarıya ulaşabileceği düşünülmektedir. Natural England hazırlanan doküman ve dokumanda yer alan örnek çalışmalar ile bu konuda öncü rolü üstlenmektedir (Natural England, 2009).

Natural England Yeşil Altyapıyı; "Stratejik anlamda planlanmış yüksek kalitedeki yeşil alanları ve diğer çevre faktörlerinin ilişkisini kuran ve dağıtımı yapılan ağ" olarak tanımlamaktadır. Sürdürülebilirlik hedefinde çok fonksiyonlu kaynak yönetimi ile ekolojik servislerin kaliteli yaşam biçiminde halka sunulmasına hizmet etmektedir. Tasarımı ve yönetimi belirli bir saygı çerçevesinde peyzaj tipleri ve habitatlara bağlı olacak şekilde alanların karakteri ve çeşitliliğinin geliştirilmesine olanak vermektedir (Natural England, 2009).

2009 yılında yayınlanan ilk Yeşil Altyapı- Durum Değerlendirmesi raporu, Landscape Institute (Peyzaj Enstitüsü) tarafından 2013 yılında güncellenmiştir. Dokümanın daha başında yazılan "Yeşil altyapıya yatırıma hiç bu kadar gerek olmamıştı" sözü başta İngiltere olmak üzere suyun çoğu zaman sorun da olduğu ülkeler için bazı durum değerlendirmeleri yapmaktadır. YA'nın 21. Yüzyıl sorunlarına nasıl çözüm olacağı henüz tahmin bile edilememektedir. Landscape Institute, YA'yı doğal ve yarı-doğal özellikler, yeşil alanlar, kırsal yerleşimleri birleştiren ya da ayıran göller ve ırmaklar ağı olarak tanımlamaktadır (Landscape Institute,2013; Artar ve ark., 2016)

Rouse ve Bunster-Ossa'ya göre (2013), bir peyzaj yaklaşımı olarak "yeşil altyapı" çatı bahçelerinden yağmur bahçeleri ve bölgesel yeşil koridorlara değin farklı ölçeklerde önlem çalışmalarıdır (Rouse and Bunster-Ossa, 2013).

Yeşil altyapı oluşturulmuş yeşil mekânlar ve yeni alanlar ile yapılı çevreyi kentsel alanlar ile gerisindeki geniş kırsal alanları birlikte incelerken bölgesel ölçekten mahalle ölçeğine tüm mekânsal ölçeklerde çalışmaları 5 tipolojide kapsamaktadır;

• Parklar ve Bahçeler: Kent parkları, ülke ve bölge parkları, formal bahçeler

• Faydalı Yeşil Mekanlar: informal rekreasyon mekanları, yeşil alan yapıları, evsel bahçeler, köy yerleşimleri ve yeşil alanlar, kent ortak mekanları, yeşil çatılar

• Doğal ve Yarı-doğal kentsel yeşil mekânlar: ağaçlık ve çalılık alanlar, sulak alanlar, açık ve akarsular, atık alanları ve tahrip olmuş mekânlar, çıplak kayalıklar

• Yeşil koridorlar: nehirler, kanallar ve kıyı zonları, karayolu ve demiryolu ağları, bisiklet rotaları, yaya bölgeleri

• Diğer- Terk edilmiş alanlar, ortak mekanlar, kentsel tarım alanları, mezarlıklar, dini yapılar ve bahçeleri

Yeşil altyapı yaklaşımı ölçek olarak geniş alanları da kapsayabilmektedir. Bölge parklarından nehir koridorlarına, taşkın alanlarından ekolojik ağlara geniş alanlarda yapılan çalışmalar yerelde küçük ölçekli çalışmalara da katkı sunabilmektedir (Natural England, 2009; Artar ve ark., 2016).

Ülkemizde yeşil altyapı yaklaşımı peyzaj planlamanın önemli çalışma alanı kentler ve kent ekosistemlerinde yeşil alanları, planlama-tasarım ve yönetimi konuları yeşil altyapı çalışmaları ile bütünleştirerek çalışılmaktadır. Bu çalışmalar kentsel açık mekan sistemi planlaması çalışmalarından (Kaplan, 2020) yeşil alanların nitelik ve nicelik açısından değerlendirilmesi çalışmalarına değin farklılaşmaktadır (Ender, 2011). Özeren'in (2012), İzmir kent merkezinde yer alan Meles Deltası ve çevresi tarihi geçmiş, kentsel dönüşüm, mühendislik, doğal sistem ve sosyal yaşam konuları bağlamında çok yönlü ve ölçekli yeşil altyapı yaklaşımıyla ele aldığı çalışması yeşil altyapı temelli gelişim stratejileri yanında bir model önerisi de sunmaktadır (Özeren, 2012).

Nitelik ve nicelik açısından değerlendirmeye bir başka örnek ise Artar ve ark.'ın Bartın kentinde yeşil altyapı yaklaşımı ile belediyeye ait 92 parkın profillerini inceleyip, mevcut yeşil alan sistemi içindeki yerleri ve imar planı üzerinden yeterliliklerini araştırdıkları çalışmalarıdır. Çalışma sonunda parklar arasında ekolojik koridor özelliği gösterecek bir öneri getirilmiştir (Artar ve ark., 2016).

Yeşil altyapı yaklaşımı doğal yaşam ortamları yanında kültürel yaşam ortamlarını (Gülgün ve Yazıcı, 2016), bunun yanında sürdürülebilirlik kavramı ile doğal çözümler odağında kentlere ekolojik, ekonomik ve sosyal faydalar sağlayacak biçimde de karşımıza çıkmaktadır (Semiz, 2016; Demir 2017). Benzer biçimde kentsel yeşil alanlar kente sunduğu ekosistem hizmetleri ve altyapıya katkı sunarak kent ekosistemini beslemektedir (Gavrilidis ve ark., 2017).

Yeşil altyapı kavramı bağlantılılık odağının yanı sıra; bölgesel imaj, peyzaj karakteri, kent kimliği ve yerel farklılıkların korunmasına, mekânların estetik olarak daha ilgi çekici ve özgün hale gelmesine katkı sağlamaktadır. Kentsel yeşil altyapı ekonomik, ekolojik ve sosyal işlevlerinin yanı sıra kent imajı ve kent kimliğine yeşil ağ kavramı çerçevesinde de değer katmaktadır (Güneş, 2017).

Avrupa Komisyonu yeşil altyapı kavramını farklı sektörler bağlamında da değerlendirmektedir. Komisyonun yeşil altyapı konusunda yedi ana başlıktan biri olan 'Yeşil Altyapı ve Sağlık' konusu kentlerdeki halk sağlığının iyileştirilmesi ile sağlıklı

kentlerin oluşturulması ve sürdürülebilirliği bağlamında halk sağlığını iyileştirici nitelikleri bulunmaktadır (Coşgun ve Artar, 2019).

Yeşil alanların nitelikleri ve özellikle m^2 yanında ulusal ve uluslararası standartlara uygun değerlendirmeleri sırasıyla Aksaray, Adana, Nevşehir illerinde yapılan çalışmalarda görmekteyiz. Bu çalışmalarda özetle mahalleler bazında yeşil alanların dağılımı, erişilebilirlik durumları ve nüfus yoğunluğuna göre kullanım durumları analiz edilmektedir (Karman,2019; Ünal,2019; Güngör ve Adıgüzel, 2019).

ÇŞB ve Kent Araştırmaları Enstitüsü tarafından Cumhurbaşkanlığı Yerel Yönetim Politikaları Kurulu Belediyeler İçin Hizmet Rehberleri Serisinden birisi Yeşil Altyapı Rehberi olarak hazırlanmıştır. Rehber belediyelere farklı yönleri ve örnek uygulamaları ile yeşil altyapı konusunda stratejileri tariflemektedir (CYYPK,2021).

İklim değişikliği ile mücadelede yeşil altyapı bileşenleri ve ekosistem servislerinin işlendiği çalışmalarda (Hepcan Coşkun, 2019) planlama süreçlerinde yağmur suyunun yönetimi odaklı yeşil altyapı tasarım ve planlama çalışmalarına da rastlanmaktadır (Shakourı, 2016).

Yeşil altyapı sistemleri, kentsel ısı adalarının azaltılmasında önemli bir etkiye sahiptir. Bu sistemler, kentsel alanlarda doğal yeşil alanların korunması ve artırılması, ağaçlandırma, çimlendirme, bitki örtüsü, su yönetimi ve enerji verimliliği gibi çeşitli uygulamaları içermektedir. Bu sistemlerin etkisi ölçeklerine göre değişmektedir. Örneğin bina çatılarına kurulan yeşil çatılar, bina düzeyinde kentsel ısı adalarını azaltırken, parklar ve korular gibi daha büyük ölçekli yeşil alanlar, kentsel alanın genelindeki ısı adalarını azaltmaktadır (Üstündağ ve ark., 2023).

2. Materyal ve Yöntem

Nevşehir ili ülkemizin İç Anadolu Bölgesinde önemli tarihi ve turistik karakteri ile bilinen önemli bir coğrafi değerdir. Yıllar içinde başta UNESCO Dünya Mirası Kapadokya bölgesindeki jeolojik ve tarihsel miras turizmden de payını önemli ölçüde almakta, yakın yerleşimler ile ülkemizin önemli destinasyonlarından biri görevini üstlenmektedir.

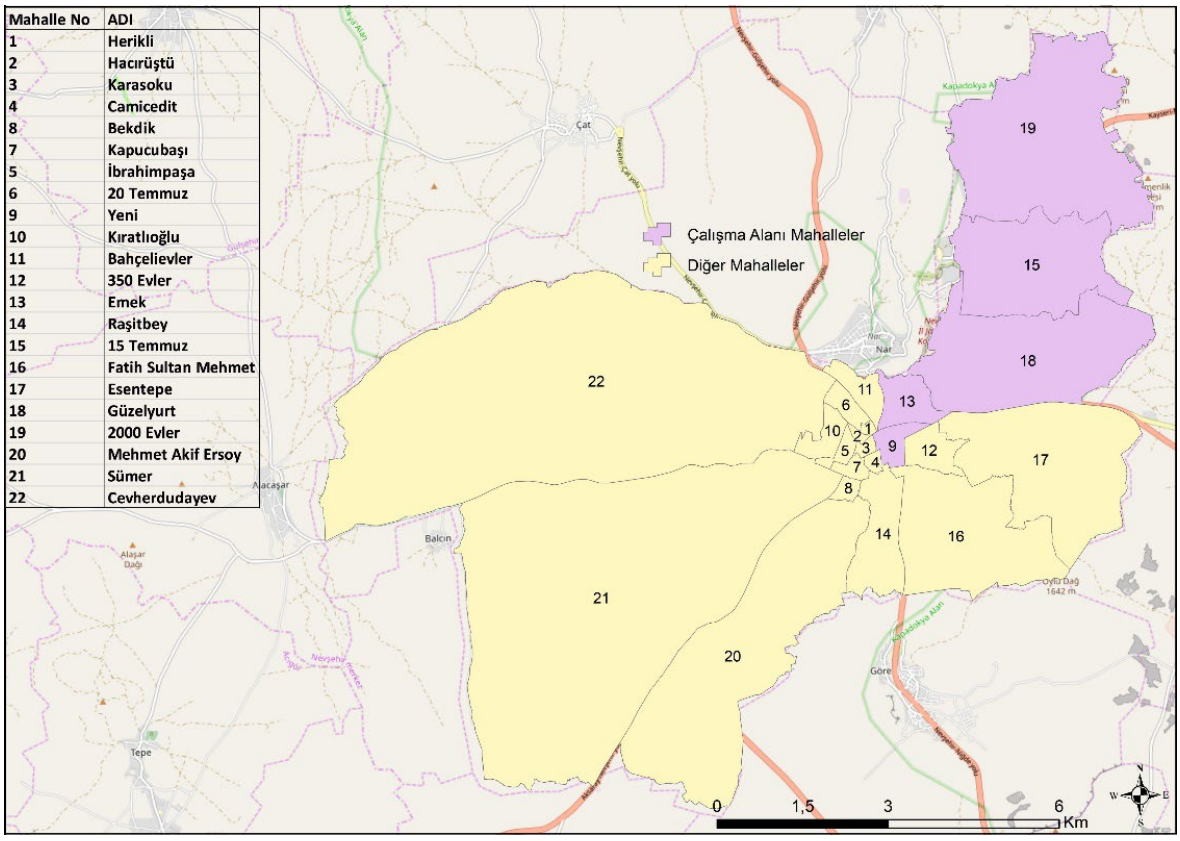
Nevşehir kentinde her ne kadar yıllar içinde peyzaj düzenlemeleri ile yeni alanlar kente kazandırılmış olsa da, mahalleler bazında incelendiğinde bir sistem içinde kurgulanmadığı görülmektedir. Bunun yanında yeşil alanların nitelikleri arasındaki farklılıklar altyapı ile ilişkilendirilemediğinden özellikle de son yıllarda kuraklıktan olumsuz etkilenen bölgede yeşil alanların yeniden bir sistem içinde değerlendirilmesi gereğini doğurmuştur. Bu

çalışmada Nevşehir belediye sınırları içindeki yeşil alanlar yeşil altyapı (YA) sistem kurgusuna katkı sunacak biçimde incelenmiştir.

2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak son yıllarda yeşil alanlarındaki artışın gözlendiği fakat bunun yanında nüfus artışı ile birlikte kentteki kamusal alanlara ihtiyacın da arttığı dinamikleri içermektedir. Nevşehir ilinde yıllar içinde yeşil alanlara olan gereksinim artmış, nitelik açısından da değişimlere olan talep yükselmiştir.

Nevşehir Belediye sınırları içinde varolan 22 mahalleden 5'i özellikle yeni yerleşimler, bağlantılılık özellikleri, üniversite ve askeri yeşil alanların varlığı ve vadiler ve karayolları peyzaj düzenlemeleri ile ekolojik koridor görevi üstlenmesi anlamında odak mahalleler olarak seçilmiştir. Kent merkezini kuzeydeki uç sınır olan mahalle ile bağlayan koridor özelliği, dere yatakları, vadi tabanları ve mevcut yeşil aks, mahallelerin seçiminde önemli kısıtlayıcı faktör olarak düşünülmüş ve çalışma alanı sınırlandırılmıştır. Çalışma alanı sınırları Nevşehir Belediyesi imar planı ve plan notlarından, yeşil alanlara ilişkin veriler de saha gözlemleri ve arazi çalışmaları ile elde edilmiştir. Tüm veriler ArcGIS yazılımı ile değerlendirilmiştir. Nevşehir ili ve çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.



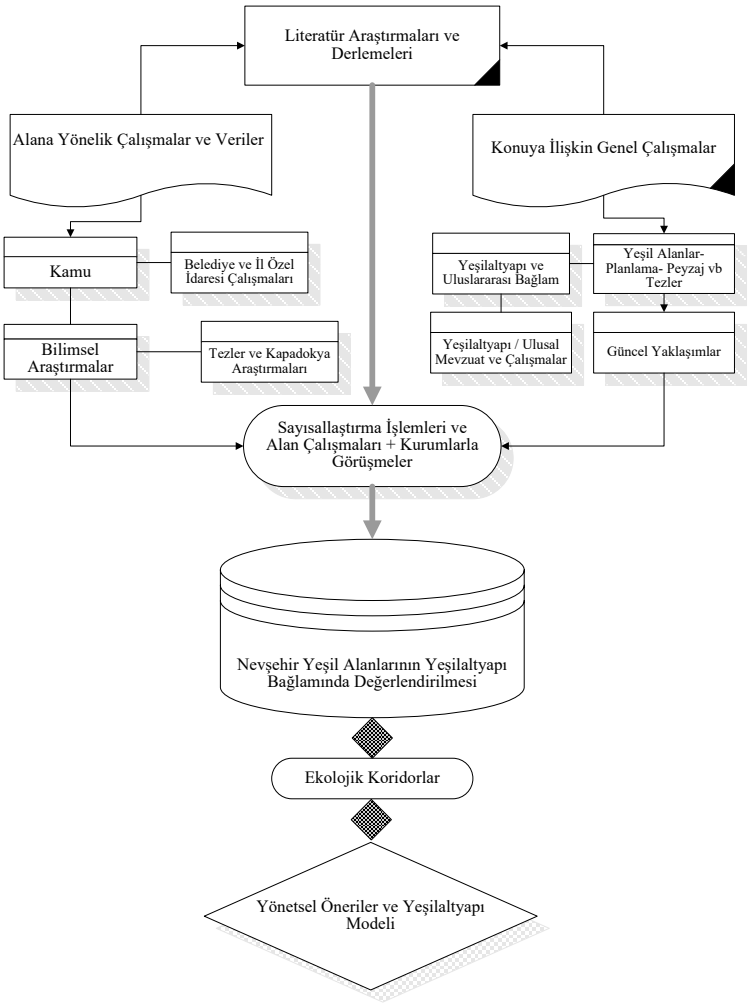
Şekil 1. Mahalleler ve bütünlük gösterecek şekilde seçilmiş beş mahalle.

2.2. Yöntem

Çalışmada Nevşehir İli yeşil altyapı kurgusunun oluşturulması için verilerin toplanması, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) analizleri ve yeşil altyapı bileşenlerinin sentezi ve önerileri ana omurgayı oluşturmaktadır.

Araştırma Nevşehir Belediyesi sorumluluğundaki mahalleler ile sınırlandırılmıştır. Bu bağlamda Nevşehir merkezdeki 22 mahalle sahip olduğu ekolojik ve sosyal veriler bazında incelenmiştir. Başta yeşil altyapıyı besleyen açık alanların kişi başına düşen yeşil alan miktarları ile ortaya konulması hedeflenen çalışmada, yeşil ağların oluşturulması için de bir sistem önerisi sunulmuştur.

Yeşil altyapı çalışmaları ve kurgusu kentsel yeşil alanların sistematik analizi yanında iklim değişikliği, sürdürülebilir ulaşım, yağmur suyu yönetimi, enerji, kırsal alanlar, finans ve halk sağlığı konularına da dokunmaktadır. Bu çalışmada yeşil alanların sistematik biçimde ağ sistemi de oluşturması bağlamında değerlendirilmiştir. Araştırmada izlenen yol Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Araştırmada İzlenen yol.

Yeşil alanların analizinde Nevşehir Belediyesinden alınan veriler yanında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı CBS Genel Müdürlüğünden alınan ortofotolar ArcGIS yazılımı ile sayısallaştırılarak aktif ve pasif yeşil alanlar tespit edilmiştir. Oruxmaps programında yeşil alanlar sayısal olarak analiz edilmiş ve arazi kontrolleri sağlanmıştır.

Mahalle sınırları Nevşehir Belediyesi İmar Müdürlüğü kayıtlarından, Jeoloji haritası MTA'dan ve toprak verileri de eski Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü verilerinden yararlanılarak sayısallaştırılmıştır. Literatür aşamasında yayınlar alana ve konuya ilişkin sınıflandırılmış, son dönemde konuya ilişkin yapılan çalışmalar derlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Nevşehir kentinde belediyenin uzun yıllar içinde farklı dönemlerde imar planlarında revizyonlar gerçekleşmiştir. Yıllar içinde çeşitli mahallelerin isim değişiklikleri, beldelere ve köylere bağlanması nedeniyle de bugün için 22 mahallede kent nüfusu barınmaktadır. 2019 verilerine göre merkez nüfusu Materyal Yöntem bölümünde verildiği üzere araştırma alanı olarak da seçilmiş 5 mahallede yoğunlaşmaktadır. Mahallelerin seçiminde en önemli etken nüfus hareketleri olmuştur. Nitekim seçilen mahallelerde nüfus artış hızı diğerlerine göre yüksektir. Mahallelerin seçilme kriterlerinden en önemlisi de artan nüfusa bağlı olarak seçili mahallelerdeki yapılaşma sonrası gereksinim duyulacak yeşil alan miktarlarıdır.

Bu bölümde tüm mahallelerdeki yeşil alan miktarları, imar kanunundan gelen standartlar ve ona uygunluk, nüfus-yeşil alan ilişkisi ve park nitelikleri seçili mahalleler bazında incelenmiştir. Mahalle parklarının yanında pasif yeşil alanların kent peyzajına katılımı da CBS analizleri ile sınıflandırılmış ve sonuçta ekolojik koridor oluşturacak hatlar ile kent merkezindeki yeşil alan miktarının artışı taleplerini karşılayacak bir tasarım öngörüsü sunulmuştur. İmar planlarının yıllar içinde değişiklik göstermesi nedeniyle farklı yıllarda güncellenen imar planları yeşil altyapı anlamında değerlendirilmiştir. Yeşil altyapı bileşenleri ve özellikle nitelik ve kullanıma uygunluk parklardan meydanlara ve ekolojik koridorlara değin alt başlıklarda sunulmuştur.

3.1 Parklar

Nevşehir Belediyesinden alınan 2019 verilerine göre Nevşehir Belediye sınırları içinde toplamda 124 adet park bulunmaktadır. Parklar varolan 22 mahallenin 17'sinde bulunurken, 5 Mahallede bugün için pasif yeşil alanlar olsa da kullanılan aktif park bulunmamaktadır. Nevşehir İli içinde yer alan parklar Çizelge 1 ve Şekil 3'te verilmiştir.

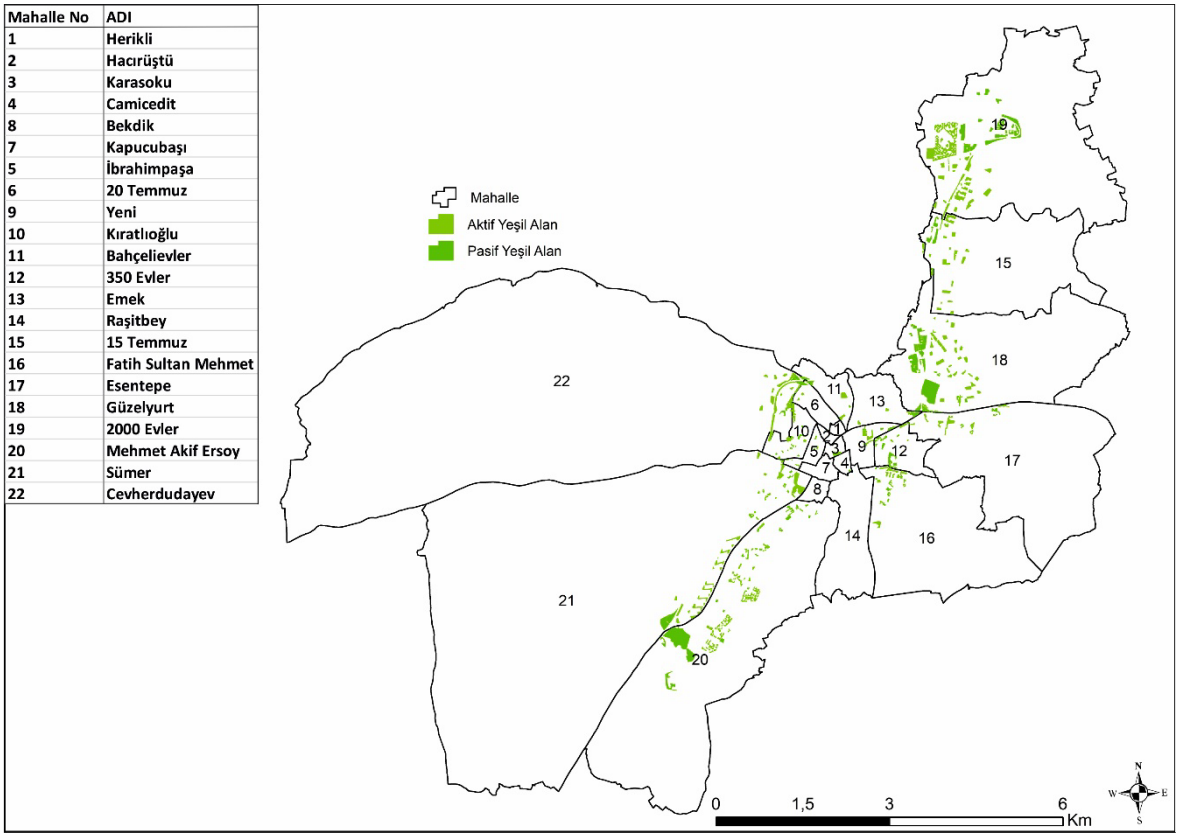
Çizelge 1. Mahallelere göre Park dağılımları alanları (Nevşehir Belediyesi, 2019)

MAHALLE ADI	**PARK SAYISI**	**Park Alanı** *(m^2)*
Güzel Yurt Mahallesi	23	75392
2000 Evler Mahallesi	17	89172
15 Temmuz Mahallesi	12	47005
Esentepe Mahallesi	8	32752
Cevher Mahallesi	12	58045
Sümer Mahallesi	8	73068
350 Evler Mahallesi	8	10839
Kıratlıoğlu Mahallesi	6	13280
Fatih Sultan Mehmet Mahallesi	4	13784
Mehmet Akif Ersoy Mahallesi	9	19106
Yeni Mahalle	3	7832
Emek Mahallesi	3	4816
20 Temmuz Mahallesi	5	11001
Karasoku Mahallesi	1	5809
Bahçelievler Mahallesi	2	8896
Camicedit Mahallesi	1	1613
İbrahim Paşa Mahallesi	2	1731
TOPLAM	**124**	**474141**

Kapladığı alan bakımından 2000 Evler mahallesindeki parklar daha geniş alanlara yayılmış olsa da park sayısı bakımından en zengin mahalle Güzelyurt Mahallesidir. Nevşehir İli içinde yer alan parkların yüzdelik dağılımları Şekil 4.1'de verilmiştir. Araştırma alanı kapsamında bulunan Yeni Mahalle , Emek Mahallesi , Güzelyurt Mahallesi , 15 Temmuz Mahallesi ve 2000 Evler Mahallesinde toplamda 58 park bulunmaktadır.

Nevşehir İli içinde yer alan parklar yeşil alanlar toplam 474141 m²dir. Araştırma alanı kapsamında bulunan Yeni Mahalle , Emek Mahallesi , Güzelyurt Mahallesi , 15 Temmuz Mahallesi ve 2000 Evler Mahallesinde toplamda 224217 m² yeşil alan bulunmaktadır.

Mahalle No	ADI
1	Herikli
2	Hacırüştü
3	Karasoku
4	Camicedit
8	Bekdik
7	Kapucubaşı
5	İbrahimpaşa
6	20 Temmuz
9	Yeni
10	Kıratlıoğlu
11	Bahçelievler
12	350 Evler
13	Emek
14	Raşitbey
15	15 Temmuz
16	Fatih Sultan Mehmet
17	Esentepe
18	Güzelyurt
19	2000 Evler
20	Mehmet Akif Ersoy
21	Sümer
22	Cevherdudayev



Şekil 3. Nevşehir tüm mahalleler aktif/pasif yeşil alanlar dağılım haritası.

3.2. Meydanlar

Nevşehir kent merkezinde yaya bölgesi anlamında geçiş koridorları olsa da kent merkezinde gerçek anlamda bir meydan bulunmamaktadır. Kamu binalarının kendi sınırları içerisinde tören alanı olarak kullandıkları alanlar halk her zaman açık alanlar olmadığı için bu alanları meydan sınıfına sokmak mümkün değildir. Bunun yanında karayolu güzergahları boyunca orta refüjlerin bağlantılılık sağladığı noktalarda bulunan kimi geniş kimi dar yeşil alanlar da meydan özelliği göstermemektedir.

3.3. Ekolojik Koridorlar

Nevşehir kent peyzajı karayolları ve bağlantısı olan laterallerde mevcuttaki yeşil dokuyla buluşması anlamında değerli koridorlar oluşturmaktadır. Özellikle kenti ikiye bölen doğu-batı ve kısmen güney kuzey aksındaki D-300 karayolu ve çevresi peyzaj düzenlemesi başlı başına ekolojik bir koridordur.

Benzer biçimde Taşlıbel Mezarlığı, İl Özel İdaresi Ağaçlandırma Sahası ve Nar Vadisinin doğuya bakan kısımları kent merkezinden yeni yerleşimler ve Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi yerleşkesine değin uzanan hatta önemli ekolojik koridorları

oluşturmaktadır. Bu koridorların doğal bölümlerine tarımsal üretim amaçlı bölgenin karakteri bağ alanları da eklenince koridorlar birbirini tamamlamaktadır. Bu noktada kesintiye uğrayan bağlantılılık da çalışmanın sonunda sonuç ve öneriler kısmında verilecek önermeler ile giderilmiş olacaktır.

3.4 Mahallelere Göre Yeşil Altyapı Analizleri ve Değerlendirmesi

Kentlerimizde kişi başına düşecek aktif yeşil alan miktarı 3194 sayılı İmar Kanunu'nun Mekansal Planlar Yapım yönetmeliğine göre 10 metrekaredir. (Resmi Gazete, 2014). Mahallelere göre kişi başına yeşil alan miktarları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Mahallelere göre Kişi Başına Düşen Yeşil Alan Miktarı dağılımları.

Mahalle	**Nüfus** *(Kişi)*	**Park Alanı** **(***m²)*	**Kişi Başına Düşen Yeşil Alan Miktarı** *(m²)*
15 Temmuz Mahallesi	11581	47005	4,06
20 Temmuz Mahallesi	1943	11001	5,66
2000 Evler Mahallesi	17878	89172	4,99
350 Evler Mahallesi	4318	10839	2,51
Bahçelievler Mahallesi	1925	8896	4,62
Bekdik Mahallesi	9539	0	0,00
Camicedit Mahallesi	331	1613	4,87
Cevher Mahallesi	12385	58045	4,69
Emek Mahallesi	4273	4816	1,13
Esentepe Mahallesi	7052	32752	4,64
Fatih Sultan Mehmet Mahallesi	1962	13784	7,03
Güzel Yurt Mahallesi	18153	75392	4,15
Hacırüştü Mahallesi	707	0	0,00
Herikli Mahallesi	669	0	0,00
İbrahim Paşa Mahallesi	2603	1731	0,67
Kapucubaşı Mahallesi	1312	0	0,00
Karasoku Mahallesi	1197	5809	4,85
Kıratlıoğlu Mahallesi	3261	13280	4,07
Mehmet Akif Ersoy Mahallesi	6144	19106	3,11
Raşitbey Mahallesi	281	0	0,00
Sümer Mahallesi	5043	73068	14,49
Yeni Mahalle	2904	7832	2,70
Nevşehir Toplam	**115461**	**474141**	**4,11**

Nevşehir Belediyesi sınırları içerisinde 22 adet mahalle bulunmaktadır. Nevşehir İli içinde yer alan 22 mahallenin Kişi Başına Düşen Yeşil Alan Miktarı (m²) Çizelge 2'de verilmiştir. Edinilen veriler kapsamında Nevşehir ilinde kişi başına düşen ortalama yeşil alan miktarı 4,11 m² olarak saptanmıştır.

Nevşehir'in mahalleri nüfus miktarları açısından farklılıklar göstermektedir. En az nüfusa sahip mahalle 281 kişilik nüfusuyla Raşitbey Mahallesi, en fazla nüfusa sahip mahalle ise 18153 kişilik nüfusuyla Güzelyurt Mahallesidir. Nevşehir kentinde mahallelerin nüfus miktarlarına bakıldığı zaman en az nüfusa sahip mahallelerin, kentin kurulduğu yerlerde yani kent merkezinde toplu halde bulundukları görülmektedir. Nüfusu en fazla olanlar ise Güzelyurt, 2000 Evler, 15 Temmuz, Cevher, Bekdik ve Esentepe mahalleleridir.

Nevşehir merkez mahallerinin neredeyse tamamında aktif yeşil alan bulunmamaktadır. Bu merkezdeki Raşitbey, Kapucubaşı, Camicedit, Herikli, Hacırüştü ve Bekdik mahalleleri kent merkezinde yoğun yapılaşmanın baskısı altında bulunmaktadır. Bununla birlikte aktif ve pasif yeşil alanlar daha çok kent çeperindeki mahallerde 2000 Evler, 15 Temmuz, Fatih Sultan Mehmet ve Sümer mahallerinde yoğunlaşmıştır.

Mahalleler incelendiğinde Kişi Başına Düşen Yeşil Alan Miktarı (m²) en yüksek olan mahalle Sümer Mahallesi olarak saptanmıştır. Nevşehir kent bütününde pasif yeşil alanların değerlendirme dışı tutulduğunu düşündüğümüzde kişi başına düşen toplamda 4,11 metrekarelik yeşil alanın imar kanunu ve ilgili yönetmeliklerde belirtilen standartları ($10m^2$) yakalayamadığını ifade etmek hatalı olmaz. Fakat burada belirtilmesi gereken önemli bir konu da mevcutta imar planında yeşil alan olarak ayrılmış fakat yerleşim dokusu olmayışı nedeniyle tamamlanmamış yeşil alanlardır. Bunlar hesap dışı tutulmuştur. Araştırma bölgesi içinde yer alan 5 mahallenin yeşil alan miktarı Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Araştırma bölgesine göre yeşil alan dağılımları.

Mahalle	**Nüfus** *(Kişi)*	**Park Alanı** *(m²)*	**Kişi Başına Düşen Yeşil Alan Miktarı** *(m²)*
15 Temmuz Mahallesi	11581	47005	4,06
2000 Evler Mahallesi	17878	89172	4,99
Emek Mahallesi	4273	4816	1,13
Güzel Yurt Mahallesi	18153	75392	4,15
Yeni Mahalle	2904	7832	2,70

Araştırma bölgesi içinde yer alan mahalleler incelendiğinde Kişi Başına Düşen Yeşil Alan Miktarı (m^2) en fazla olan mahalle 2000 evler mahallesindedir. En düşük oran ise Emek Mahallesindedir.

Nevşehir kent merkezinde 5 mahallede yapılan analizlerde parkların yeşil alan / sert zemin oranlarının birbirine yakın olduğu, bazı parkların boyutlarından bağımsız donatı elemanları açısından da yeni ve sürekli bakımlarının yapıldığı gözlemlenmiştir. Eski parkların yanı sıra parkların yeniden oluşturulması döneminin 2004 yılında yoğunlaşmaya başladığı, özellikle yol kıyısında cep parkı niteliğinde parkların da yaya kaldırımına paralel uzandığı görülmektedir. Son yıllarda başta Sağlık Bakanlığı ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Cumhurbaşkanlığı 100 günlük programında da belirtilen bisiklet yolları Nevşehir kent merkezinde de önemli arterlerde planlanmış, yapımları devam etmektedir.

Yeşil altyapının önemli bileşenlerinden oluşan yeşil alanlara erişim bağlamında bisiklet yollarının yapımı önemli bir unsurdur. Yaya güvenliği ve bisikletli yol ağlarının kent bütününe yayılmaya uygun oluşu, yeşil alanlar arasında ilişkinin de kurulabilmesi açısından önem taşımaktadır. 2018 yılında belediye tarafından Sağlık Bakanlığı ile ortak başlatılan Akıllı Bisiklet uygulaması girişimleri kentin önemli akslarında bisiklet yollarının yapımı ile devam etmiş, yeni güzergahlar da yapılmaya devam etmektedir.

Nevşehir'in yeşil alanlarının da incelenmesi sonucu fazla sayıda parka ve üniversite yerleşkesinin sahip olduğu yeşil alanlar ile bütünleşik biçimde parkların üniversite öğrencilerinin yerleşkeye erişimlerinde ucuz ve sağlıklı yol olan bisiklet yolları ile bağlanması kentin yeşil omurgasının oluşmasında önemli katkı sunacaktır.

Nevşehir kent merkezinde dere ıslahı çalışmaları ile iyileştirilmiş en önemli ekolojik koridorlardan birisi Combuz Deresi'dir. Kent merkezine kama gibi uzanan dere boyunca doğal bitki örtüsü yanında tarımsal alanları da görmek mümkündür. Kentin en önemli su toplama alanlarından birisi olarak yeşil altyapının sürekliliği açısından mutlak korunması gereken ekosistemlerdendir.

Nevşehir 'in askeri alanlar, kamu kurumları bahçeleri ve site bahçeleri yanında en önemli açık yeşil alan sistemi Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi yerleşke alanıdır. Alan gerek büyüklüğü gerekse kent merkezinin kuzey sınırında vadi üst kotunda ağaçlandırma alanları ile de çevrili önemli omurga görevi üstlenmektedir. Yerleşkede uzun yılladır devam eden peyzaj çalışmalarında yağmur suyunun yeniden sistemde kullanılması, kurakçıl peyzaj uygulamaları vb görülmese de özellikle yeşil alanların bakım- onarım çalışmaları beklenen düzeyde devam etmektedir. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi yerleşke alanı 20 bini

aşkın öğrenci ve akademik-idari personeli için içindeki otopark sistemleri, meydanları, açık-kapalı birimleri ile kullanıcılara önemli rekreasyon olanakları sunmaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Nevşehir kenti yerel yönetimlerin son yıllarda yoğun çabaları ile Kapadokya bölgesinin bilinen jeolojik yapısı içerisinde kentsel yaşam alanları ve imarlı arazilerindeki yeşil alan sistemi ile halkın da memnuniyetini kısmen de olsa karşılamaktadır. Bu noktada kayda değer çalışmalar bulunmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen tüm parklar ve kent bütününde yeşil alanlar ile ilgili ağ, nitelik, atıl alanlar, ekolojik koridorlar ve bağlantılılık çözümleri üzerinden sonuç ve öneriler sunulmuştur.

Yeşil altyapı yaklaşımının önemli bileşenlerinden ağ oluşturulması yeşil koridorların geliştirilmesi ile mümkün olabilecektir. Nevşehir kent bütününde karayolları peyzajının kentsel yeşil alanların mevcut parklarla bütünleşmesinde önemli rol oynadığı aşikardır. Dere ıslah çalışmaları ile mavi altyapıya yağmur suyunun yönetilmesi anlamında da katkının olduğu görülen kentte, ıslah edilmesi gereken birçok dere ve yatağı da bulunmaktadır. Buna rağmen yol ağaçlandırmaları konusunda gerek tür seçimi gerekse bakım konularında bazı aksaklıklar da göze çarpmaktadır. Anayurdu Anadolu olmayan türlerin yol ağaçlandırmasında kullanılması başta olmak üzere, bitkilerin yoğun kullanılması, orta refüjlerde far ışıklarına perde gibi fonksiyonel özellikler yanında çiçekli bitkiler ile polenizasyon ve biyolojik çeşitliğe katkı konularında da özen gösterilmesi gereken noktalar vardır. Nevşehir kent merkezi ve incelenen 5 mahalledeki parkların niteliklerine bakıldığında hemen hemen hepsinde çocuk oyun gruplarının olduğu, otomatik sulama sisteminin bulunduğu ve bakım hizmetlerinin de düzenli yapıldığı görülmektedir.

Parkların bitkilendirmelerinde de yöre ekolojisine uygun bitkilerin yanında egzotik türler ve yabancı yurtlu türlerin de varlığına rastlanmaktadır. Donatı elemanları bakımından yeterli donatıya sahip olan parkların farklı fonksiyonlar için de kullanılabildiği görülse de tematik parklar anlamında park ihtiyacı olduğu söylenebilir. Sportif amaçlı kullanımların yoğun olduğu bir spor parkı, engellilere yönelik bir rekreasyon alanı, macera oyun alanları ve yeni ve ekolojik ve doğaya uyumlu materyal ile tasarlanmış çocuk oyun alanları eksikliği görülmektedir. Parkların niteliklerinin artırılması için üniversite-belediye ve kentteki peyzaj mimarları ile ortak çalışmalar yapılmalıdır. Kamu binalarında dikey bahçe ve çatı bahçeleri uygulamaları ve yağmur suyunun yönetimi çalışmaları bölgede ne yazık ki uygulanamamıştır. Özellikle iklim değişikliğinin gündemde olduğu bu dönemlerde ve yağmur suyunun özellikle kurak geçen yaz döneminde yeşil alanların sulamasında kullanımı

ekonomik anlamda da kamu kurumlarına katkı sağlayacaktır. Binalarda biyoklimatik konfor sağlaması yanında dikey alanlarda, örneğin istinat duvarları ve karayolu dikey yükselmeleri ve şevlerde dikey bahçelerin kullanımı ile estetik yarar yanında biyolojik çeşitliğe katkı anlamında da gelişmeler görülebilir. Kentsel tarım uygulamalarının özellikle vadi tabanlarından kentin iç kesimlerine kadar uzanması yeşil koridorların oluşmasına katkı sunacağı kadar, bölgenin ve bölgede yaşayan vatandaşların tarıma yatkınlığına ek olarak kentsel tarım alanları ile üretim ve turizm bağlamında da etkin bir vizyona sahip kent kimliği ortaya koyacaktır.

Askeri alanlar ile Üniversite kampüsünün master plan ile kentin yeşil alan omurgasına katılmasının sağlanması, vadilere inişler ile vadilerin kent merkezinden başlayacak yürüyüş, bisiklet vb rotalar ile Nevşehir kent merkezinin de turizmden hak ettiği payı alması da ekolojik açıdan yeşil altyapı sistemine doğrudan veya dolaylı katkı sunacaktır. Beldeler ile kurulacak yeşil ağ sistemi ile kent bütününde yeşil alan miktarının artırılması Nevşehir kent merkezinde meydan karakteri de içeren bir kent parkı ya da kentsel tasarım bütünü görülmemektedir. 2013 yılında eski devlet hastanesinin yıkılarak merkezde kent parkı yapılabilecek bir alan açılmış olsa da bu alana yapılmış olan otel ve ticaret aksı nedeniyle bu tarihi fırsat kaçırılmıştır. Nevşehir kent merkezinde mevcut yeşil alanlar ile bütünleşecek biçimde hem meydan hem de kent parkı özelliği gösterecek bir alan olabilir. Bu alanda mevcutta bulunan 4 okuldan ikisi karşılıklı olarak tarihi yapılardır ve yöresel malzeme kullanılarak kentin kimliğine uygun yapılardandır. Nevşehir Meslek ve Teknik Anadolu Lisesi ve Ahi Evran Mesleki ve Ticaret Teknik Anadolu Lisesi binaların korunarak yapılacak yeni bir tasarım alana ve kente nefes verecek bir koridorun açılması anlamında önem arz etmektedir. Bu alanda bulunan *Acer* sp., *Aesculus hippocastanum*, *Pinus* sp., *Salix nigra pendula, Betula alba* vb. mevcut yaşlı bitkiler korunarak eski binaların yıkılması ile kazanılacak yaklaşık 50 000 m2 alan kent parkı olarak planlanabilir. Okullar için de kent çeperinde imara uygun alanlarda eğitim kurumları için yeni yerler planlanabilir. Planlanacak alanda korunacak yapılar için birçok Avrupa kentinde görüldüğü üzere Kent Müzesi ve Kongre Merkezi ile Merkezi Halk Kütüphanesi işlev değişiklikleri yine yolun karşısı ile birleştirilecek bir erişim öngörüsü meydanın gerçek karakterini ortaya çıkaracaktır. Bu alanın yola bakan kesimlerinde ortalama 500 araçlık otopark düzenlemesi ile mevcuttaki trafik sıkışıklığı da bağlantılılık anlamında giderilmiş olacaktır. Parkın sürdürülebilirliği noktasında ise ülkemizin farklı yörelerinde planlandığı üzere kent parkı belediye tarafından yönetilecek ve dokuya uygun tasarlanacak çeşitli satış birimleri ile istihdama da katkı sunmuş olacaktır. Yine park kapsamında tasarlanacak çocuk oyun alanları da bölgenin

önemli eksikliği olan çocukların rekreasyon gereksinimlerini giderecek ve civar mahallelerdeki kişi başına düşen aktif alanların miktarını da artırmış olacaktır.

Sonuç olarak sistematik biçimde yeşil altyapı sisteminin Nevşehir kent bütününe koridor biçimindeki 5 mahalle ölçeğinden yaklaşarak aşağıdaki önermeler ile de somut adımların atılması sağlanabilir;

- Yeşil Altyapı Biriminin belediye bünyesinde kurulması ile belediyecilik hizmetlerinde yeşil konusunun salt yeşil alanlar olmadığının farkına varılması gereklidir.

- İklim değişikliği nedeniyle düzensiz yağış dönemlerinde erozyonun önlenebilmesi ve varolan suyun sistemin kendi içinde yutak alanlarda emilmesinin sağlanması için sulak alan sistemleri korunmalıdır. Bu konuda kentin doğal kaynaklarının korunmasından sorumlu kuruluşların işbirliklerinin artırılması gerekmektedir.

- Kentte yüksek yapıların gölgelediği alanlar ile doğayla uyumlu yapılarda dikey bahçeler, çatı bahçeleri, yağmur suyu depolama alanları ve yeşil alanların miktarının artırılması için stratejik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

- Tüm bu çalışmalar yapılırken doğa tabanlı çözümler üreten Peyzaj Mimarlığı disiplininden daha etkin yararlanılıp peyzajın yönetiminde doğal kaynaklar envanter ve analiz çalışmalarına önem verip, kent bütününde peyzaj bilgi sisteminin CBS altyapıları da kullanılarak disiplinler arası bir anlayış ile kurgulanması gerekmektedir. Bu noktada üniversitenin ilgili bölümleri ve ilgili meslek odaları ile ortak çalışmalar ile projeler geliştirilmelidir.

Yeşil altyapı konusu günümüzde önemini gittikçe artıran bir yaklaşım biçimi olarak Avrupa Komisyonunun stratejik dokümanlarında da çok yönlü olarak yer almaktadır. Son yıllarda görülen ve tüm dünyayı yeniden başka bir planlama ve yönetim anlayışına sürükleyen iklim değişikliği ve beraberinde küresel sorunlar ve afetler (Covid19, depremler vb.) tüm meslek disiplinlerini doğanın yönetiminde yeni bir anlayış ile çözüm üretmeye zorlamaktadır. Yeşil alanların iklime dirençli kentler yaratmak kurgusu farklı bir anlayış ile ekosistem bütünlüğünü sağlayacak biçimde kentin diğer bileşenleri ile birlikte parçacıl anlayıştan uzak planlanması ve odağına sadece insanı değil ekosistemin tüm bileşenlerini alması kaçınılmazdır.

Teşekkür

Bu çalışma Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans tezi olarak tamamlanmıştır. Çalışmaya katkı sunan tüm jüri üyelerine ve Nevşehir Belediyesine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Artar, M., Görmüş S., & Cengiz, S. (2016). "Landscape Assessments In Bartın (Tr) Via Green Infrastructure Approach." *Journal of Environmental Protection and Ecology* (17), 737-746.

Coşgun, D.M., ve Artar, M. (2019). *"Sağlıklı Kentler İçin Yeşil Altyapı."* Türkiye Peyzajları 3.Ulusal Konferansı. Yeşil Altyapı-Green Infrastructure Bildiriler Kitabı. ISBN: 978-605-031-676-6. 2019. Sf- 84-92. Antalya.

CYYPK, (2021). Yeşil Altyapı Rehberi. *Cumhurbaşkanlığı Yerel Yönetim Politikaları Kurulu Belediyeler İçin Hizmet Rehberleri Serisi*-. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kent Araştırmaları Enstitüsü, İdeal Kent Yayınları, ADAMOR 2020 978-605-70170-1-7, 124sf. (Ed. N.Karadeniz ve R. Akman Taşkın) Ankara.

Demir, A. (2017). "Van Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Yeşil Altyapı Bileşenlerinin Belirlenmesi," Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 90 sf, Van.

Ender, E. (2011). "Adana İli Çukurova İlçesi Aktif Yeşil Alanlarının Nitelik ve Nicelik Açısından İrdelenmesi". Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Gavrilidis, A., Niță, M. R., Andreea Onose, D., Lavinia Badiu D., & Năstase., I.J. (2019). "Methodological framework for urban sprawl control through sustainable planning of urban green infrastructure", *Ecological Indicators*. *96*(2), 67-78.

Gülgün Aslan, B., ve Yazıcı, K. (2016). "Yeşil Altyapı Sistemlerinde Mevcut Uygulamalar." *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, *363*, 31-37.

Güneş, M. (2017). "Yeşil altyapı kapsamında yeşil ağ planı ve kent kimliği etkileşiminin irdelenmesi: Ankara Cumhuriyet Dönemi sınırı örneği", Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Doktora Tezi. 229 sf, Ankara.

Güngör, Ş., ve Adıgüzel, F. (2019). *"Kentsel Yeşil Alanlar İçin Mekânsal Yeterlilik ve Ulaşabilirlik Analizi: Nevşehir Örneği"*. Kapadokya Araştırmaları. ISBN 978-605-69916-0-8. Pegem Akademi. 1. Baskı, Ankara.

Hepcan Coşkun, Ç. (2019). "Kentlerde İklim Değişikliği İle Mücadele İçin Yeşil Altyapı Çözümleri." İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (iklimİN). İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 12, Ankara.

Kaplan, A. (2010). *Kentsel Açık Mekan Sistemi Planlaması ve Yönetimi: İzmir ve Melbourne Kıyı Şehirlerinin Karşılaştırmalı Analizi*. Peyzaj Mimarlığı 4. Kongresi / 21-24 Ekim, Aydın. 2010.

Karman, H. (2019). "Kentsel Açık ve Yeşil Alanlarının Peyzaj Mimarlığı Açısından İrdelenmesi, Aksaray Kenti Örneği", Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,. Isparta.

Landscape Institute, *Green Infrastructure. An integrated approach to land use*. Landscape Institute Position Statement. London, 32p, 2013

Natural England. "*Green Infrastructure Guidance*." Catalogue Code: NE176. www.naturalengland.org.uk, UK. 107 p. 2009

Nevşehir Belediyesi, (2019). *"Nevşehir Belediyesi Mevcut Parkları, Konum ve Alan Miktarları ve Görseller"*. Belediye İmar Birimi Kayıtları, Nevşehir.

Özeren, M. (2012). "Yeşil altyapı sistemi kapsamında meles deltası ve çevresinin kurgulanması". Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 145 sf.

Resmi Gazete, (2014). *Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği* (MPYY) EK2. Resmi Gazete. 29030.14.06.2014.

Rouse, D.C., & Bunster-Ossa, I.F. (2013). *Green Infrastructure: A Landscape Approach*. PAS Report no. 571. Chicago: American Planning Association, Chicago.

Semiz, M. (2016). "Yeşil altyapı sistemleri ve kent sürdürülebilirliği ilişkisi." Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Kentsel Tasarım Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. 99sf, İstanbul.

Shakourı, N. (2016). Kentlerde yağmursuyu yönetimi kapsamında yeşil altyapı peyzaj planlama ve tasarım yaklaşımı: Sakarya-Hendek örneği. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 231 sf, Ankara.

The Scottish Government. "*Green Infrastructure Design and Placemaking"* ISBN: 978-1-78045-351-4. Scottish Government by APS Group Scotland DPPAS10377 (09/11), 2011.

Ünal, M. (2019). "Aktif Yeşil Alanların Rekreasyonel Hizmet Etkinliğinin Saptanması: Çukurova İlçesi Örneği" Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 2019.

Üstündağ, Ç., Karataş, Ş. İ., Parıldar, N. N., ve Artar, M. (2023). Kentsel ısı adalarının azaltılmasında yeşil altyapı sistemlerinin önemi. *Peyzaj*, *5*(2), 124-134. https://doi.org/10.53784/peyzaj.1406139

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 140-157
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1509767

Ceza İnfaz Kurumları Çalışanlarının Rekreasyon Faaliyetlerinin Yaşam Kalitesine Etkileri*

Effects of Recreational Activities on the Quality of Life of Penal Institutions Employees

İsmail Mesut ÖZDOĞAN[1], Haldun MÜDERRİSOĞLU[1]

Özet

Bu çalışma Düzce T Tipi Kapalı Ceza İnfaz Kurumunda çalışan personellerin rekreasyon faaliyetlerinin yaşam kalitesine etkilerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Ceza İnfaz Kurumlarında çalışan personeller kamunun diğer kurumlarında çalışan personellerin çalışma koşullarından zor, yorucu ve daha kısıtlı şartlarda görev yapmaktadır. Araştırmamıza Düzce T Tipi Kapalı Ceza İnfaz Kurumunda çalışan 222 personel katılmıştır. Çalışmaya katılan personellere onam formu doldurularak demografik özelliklerini tespit etmek için kişisel bilgi formu, rekreasyon aktivitelerine katılımlarını etkileyen motivasyon/engellerini içeren 5 li likert tipi anket, Mutluluk ve yaşam kalitesi ölçeğinde, uluslararası literatür incelenerek Oxford Mutluluk anketi ve Kim, Woo ve Uysal 2015'de geliştirdiği yaşam kalitesi ölçeği kullanılmış, Düzce T Tipi Kapalı Ceza İnfaz Kurumunda 2023'ün Eylül ve Kasım aylarında görev yapmakta olan personellere uygulanmıştır.

Çalışmanın sonucunda, genç ve öğrenim düzeyi yüksek olan personellerin rekreasyonel faaliyetlere daha fazla katıldığı ve mutlu oldukları bunun sonucunda da yaşam kalitelerini pozitif yönde etkilediği tespitine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ceza İnfaz Kurumu, Rekreasyonel faaliyet, Yaşam kalitesi

Abstract

This study was conducted to determine the effects of recreational activities on the quality of life of the personnel working in Düzce T Type Closed Penal Institution. Personnel working in Penal Institutions work under difficult, tiring and more limited conditions than the working conditions of personnel working in other public institutions. 222 personnel working in Düzce T Type Closed Penitentiary Institution participated in our research. The personnel participating in our study were asked to fill out a consent form, a personal information form to determine their demographic characteristics, a 5-point Likert-type survey including motivation/obstacles affecting their participation in recreational activities, the Oxford Happiness survey by examining the international literature on the happiness and quality of life scale, and Kim, Woo and Uysal in 2015. The quality of life scale developed by him was used and applied to the personnel working in Düzce T Type Closed Penitentiary Institution in September and November 2023.

As a result of the research, it was determined that young and highly educated personnel participate in recreational activities more and are happier, which in turn positively affects their quality of life.

Keywords: Penal Institution, Recreational activity, Life quality

Geliş Tarihi: 03.07.2024, Düzeltme Tarihi: 11.10.2024, Kabul Tarihi: 18.03.2025
Adres: [1]Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
E-mail: mstozdogan@hotmail.com
*Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ekoturizm Anabilim Dalı'nda "Ceza İnfaz Kurumu Çalışanlarının Rekreasyon Faaliyetlerinin Yaşam Kalitesine Etkileri" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

Rekreasyon aktiviteleri insanların boş zamanlarında iyi vakit geçirmek ve yenilenmek için gönüllü olarak bireysel veya grup halinde yaptıkları olumsuz etkileri olmayan aktiviteler olarak tanımlamaktadır (Shievers ve DeLisle, 1997). Rekreasyon, kişilerin mecburi olarak yapmaları gereken eylemler dışında kalan boş vakitlerinde, gönüllü olarak katıldıkları ve herhangi bir çıkar beklentileri olmadan gerçekleştirdikleri aktivitelerdir (Hazar, 2003). Rekreasyonla ilgili olarak literatür incelendiğinde rekreasyon aktivitelerinin değerlendirilmesi (Wang ve ark., 2013), spor ve fiziksel rekreasyona katılım (Long ve Hylton, 2014), boş zaman ve rekreasyonda kırsal bölgeler (Edwards ve Matarrita-Cascante, 2011), rekreasyon fırsatları (Pierskalla, ve ark., 2004) gibi konularda gerçekleştirilmiş çalışmaların olduğu görülmektedir.

Karaküçük (2005); rekreasyon faaliyetlerinin dinlenme, gelişim ve eğlenme gibi üç temel fonksiyonu bulunduğunu ifade ederken, dinlenme fonksiyonu bireylerin uzun çalışma saatleri sonucu fiziksel ve zihinsel yıpranma etkilerini azaltmak için yapıldığını, gelişim fonksiyonunu bireylerin boş zamanlarını değerlendirmelerinde ortaya çıkacak olumlu veya olumsuz sonuçlar üzerinden incelerken (boş zamanın olumlu kullanılması bireysel gelişime destek için zemin hazırlarken, olumsuz kullanımı ise sıkılma, bunalma vb. durumlar yaratabilir), eğlenme fonksiyonunu ise bireylerin boş zamanlarında katıldıkları rekreasyon aktiviteleri ile hoş vakit geçirme ve mutlu olma olarak değerlendirmiştir.

Kişilerin serbest zamanlarının niceliğini yaş, cinsiyet, iş ve sosyal konum gibi faktörler belirlemektedir. Bu faktörler kişiden kişiye farklı karakterlidir ve çoğu kez birbiriyle çekişmektedir (Altunkasa ve Uzun, 1997; Müderrisoğlu ve Uzun, 2004),

Shookner (1997), yaşam kalitesinin tanımını; "bireyin ve toplumun gelişimini etkileyen, sosyal, sağlık, ekonomik ve çevre koşullarının etkileşimi" olarak belirlemektedir. Yaşam kalitesi, bireylerin yaşadığı çevre koşulları ve kendileriyle ilgili niteliklerinden oluşmaktadır.

Çeşitli meslek alanlarında yaşam kalitesi çalışmaları; bireysel refah araştırmaları, sağlıkla ilgili yaşam kalitesi çalışmaları ve kentsel yaşam kalitesi çalışmaları olmak üzere üçe ayrılabilir. Bu çalışmaların bireysel refah araştırmaları ve sağlıkla ilgili yaşam kalitesi çalışmaları bireylerle ilgili iken, kentsel yaşam kalitesi çalışmaları kişilerin yaşadığı mekân ve çevre ile ilgilidir (Van ve ark., 2003).

Dünya Sağlık Örgütü yaşam kalitesini, "Bireylerin içinde yaşadıkları kültür ve değerler sistemi içinde; amaçları, beklentileri, standartları ve kaygıları açısından, yaşamdaki

pozisyonları algılaması" olarak tanımlamaktadır (World Health Organization Quality of Life Group 1998). Objektif ve subjektif olmak üzere iki açıdan yaşam kalitesi incelenmektedir (Aydıner, 2007). Objektif göstergeler; kişinin mali durumu, eğitim seviyesi, mesleği, sağlık durumu vb. iken; bireyin kendi bu tür imkânlardan almış olduğu tatmin/doyum ise subjektif göstergeleridir (Torlak ve Yavuzçehre, 2008). Bireyin ihtiyaçlarını karşılayabildiği; ruhsal, zihinsel ve kültürel açıdan kendi gelişimini tamamlamasıdır. Kısaca, kişinin hayatından memnun olmasıdır (Wish, 1986).

Mutluluk kişinin hissettiği duyguların pozitif yönlerinin negatif yönlerinden fazla olması yani yaşamdan almış olduğu doyum olarak adlandırılmıştır (Diener, 1984). Çalışanların mutluluğunu etkileyen kriterlerin neler olduğu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; demografik değişkenler, kişilik özellikleri, ücret, çalışma ortamı ve koşulları, çalışma arkadaşları, yöneticiler, insan kaynakları yönetimi politikası, kendini gerçekleştirme imkanı olması, gelişim imkanları, takdir ve ödüllendirme ve işe ilişkin pozitif algı olarak sınıflandırılabilir (Akduman, 2021).

Son zamanlarda iş yerlerinde rekreasyon kavramı gittikçe önem kazanmaktadır. Yurtdışında ve ülkemizde rekreasyonun olumlu etkileri hakkında birçok çalışma yapılmaktadır. Bununla beraber işletme içi rekreasyon çalışmaları yurt dışında birçok işletmede uygulanmasına karşın ülkemizde henüz bu çalışmalar yeterince önem kazanmamıştır. Yapılan çalışmalarda elde edilen bilgiler ışığında işletmelerin çalışanlara spor saatleri koyma zorunluluğu bulunmasına rağmen ülkemizde birçok işletme rekreasyon çalışması yapmamaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden biri rekreasyon kavramının yeterince bilinmemesi ve yararlarının anlaşılamamasıdır. Yapılan araştırmalarda spor ve sosyal etkinliklerin kişinin performansını olumlu yönde etkilediği anlaşılmaktadır (Tezcan, 2007).

Özellikle aşırı iş yükü, çevresel faktörler ile sosyal ve ekonomik problemlerin insanları bunalttığı günümüzde bireylerin basit ama eğlenceli faaliyetler içerisinde bulunarak fiziksel, ruhsal ve sosyal açıdan rahatlamaya çok ihtiyaçları olduğu bir gerçektir (Uzun ve ark., 2005). Kapalı ceza infaz kurumlarının yapıları ve personeller için çalışma koşulları da göz önüne alındığında rekreasyon faaliyetlerinin bu kurumlarda çalışan personeller için ne kadar önemli olduğu görülmektedir.

Bu çalışma, ceza infaz kurumları çalışanlarının rekreasyon faaliyetlerinin yaşam kalitesine etkilerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Ceza infaz kurumları kapalı ve açık olmak üzeri ikiye ayrılmaktadır. Çalışma Düzce T Tipi Kapalı Ceza İnfaz Kurumu çalışanlarına yapılmıştır. Kapalı ceza infaz kurumu çalışanlarının mesai saatleri içerisinde

sürekli kapalı alanda çalışmak zorunda olmaları kurum içerisindeki işleyişin aksamaması ve çalışanlardan verimli bir şekilde yararlanılması için çalışanların moral ve motivasyonlarının yüksek olması gerekmektedir. Mesai saatleri dışında yapmış oldukları rekreasyonel aktivitelere katılım sıklıklarının kişilerin mutluluk ve yaşam kalitesine etkilerinde elde edilen veriler sonucunda eksik görülen konuların tespit edilerek personellerin yapmadıkları veya yapamadıkları bu aktivitelere yönlendirilmesi ile mutluluk ve yaşam kalitelerinin arttırılması amaçlanmıştır. Belirlenen bu amaçlar sonucunda aşağıdaki hipotezlere cevaplar aranacaktır:

H1: Katılımcıların rekreasyonel aktivitelere katılım sıklıkları demografik özelliklerine göre farklılık göstermektedir.

H2: Katılımcıların rekreasyonel aktivitelere katılım sıklıkları motivasyon/engellere göre eğitim durumlarında farklılıklar göstermektedir.

H3: Katılımcıların meslekteki kıdem yıllarına göre rekreasyonel aktivitelere katılım sıklıkları arttıkça mutluluk düzeylerinin de arttığı görülmektedir.

H4: Katılımcılar arkadaşları ve aileleriyle yapılan aktivitelere daha sık katılım sağlamaktadırlar.

H5: Katılımcıların rekreasyonel etkinliklere katılımını etkileyen demografik özelliklerden genç yaştaki çalışanlar yaşlı çalışanlara oranla olumlu yönde etkilenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın evrenini Adalet Bakanlığı Ceza ve Tevkifevleri Genel Müdürlüğüne bağlı Düzce T Tipi Kapalı Ceza İnfaz Kurumunda 01.09.2023 - 01.11.2023 tarihleri arasında görev yapmakta olan 262 çalışandan aydınlatılmış onam formu okunarak onayı alınan 222 çalışan oluşturmaktadır.

Yapılan anket çalışmasında konu ile ilgili yapılan literatür araştırmalarında çalışmamıza katılan bireylerin demografik özelliklerini belirlemek için yaş, cinsiyet, eğitim durumu, medeni durum, aktivitelere katılım tarzları ve meslekteki çalışma kıdem durumları ile rekreasyonel aktiviteleri ne sıklıkla tercih ettiklerini belirlemek ve rekreasyona katılımlarında etkili olan motivasyon/engellerini tespit etmek amacıyla 5'li likert tipi ölçekler tasarlanmıştır. Mutluluk ve yaşam kalitesi ölçeğinde, uluslararası literatür incelenerek Oxford Mutluluk anketi (Hills ve Argyle, 2002) ve yaşam kalitesi ölçeği (Kim, Woo ve Uysal, 2015) kullanılmıştır. Çalışanlara yapılan anket çalışması sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde ve hesaplanmasında Düzce Üniversitesinde kullanılan SPSS 22 IBM istatistik paket programı kullanılmıştır.

Elde edilen verilerin analizinde tek yönlü varyans analizi uygulanmış, $p<0,05$' ten küçük ve anlamlı olan verilerin farklarının açıklanabilmesi için Tukey testi kullanılmıştır.

Demografik özellikler ile Anova testinde ilişkili olduğu bulunan verilerin açıklanması için Tukey testi kullanılmıştır.

Mesai saatleri içerisinde çalışanların boş vakitlerinde cevaplayabilecekleri sorular ve daha fazla personele ulaşılabilecek olmasından dolayı yüz yüze anket çalışması tercih edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Düzce T Tipi Kapalı Ceza İnfaz Kurumu'nda çalışanlara ait demografik değişkenlerin yüzdelik ve frekans değerleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1 de demografik özellikler incelendiğinde, çalışmaya katılan çalışanların yaş aralıklarının en yüksek %50.5 (n=112) ile 25-35 yaş aralığındaki çalışanlardan oluştuğu, en düşük %1.8 (n=4) ile 19-24 yaş aralığındaki çalışanlardan oluştuğu görülmektedir. Cinsiyetlerine bakıldığında %89.6 (n=199) ile erkeklerin, %10.4 (n=23) ile kadın çalışanlardan fazla olduğu görülmektedir. Eğitim durumları incelendiğinde %60.8 (n=135) ile en fazla lisans, %4.1 (n=9) ile en düşük yüksek lisans/doktora mezunlarından oluştuğu görülmektedir. Çalışanların medeni durumlarına bakıldığında %79.7 (n=177) sinin evli, %20.3 (n=45) ünün bekarlardan oluştuğu anlaşılmıştır. Aktivitelere katılım tarzlarının tespit edilmesinde aile ile yapılan aktivitelere %47.3 (n=105) sinin evet dediği, bireysel aktiviteler %62.6 (n=139) si, arkadaşlarla yapılan aktiviteler %64 (n=142) ü ve grup halinde yapılan aktivitelere %92.3 (n=205) ünün ise hayır cevabını verdiği anlaşılmıştır. Çalışanların mesleki çalışma kıdem durumlarına bakıldığında cevapların en fazla %50.9 (n=113) unun 6-10 yıl arasında, en az ise %10.8 (n=24) inin 16 yıl ve üzeri hizmet yıllarında çalışanların olduğu ve kurumda çalışanların çoğunluğunu yeni personellerden oluştuğu saptanmıştır.

Çizelge 1. Katılımcıların demografik özelliklerine göre dağılımı (n:222).

Demografik Değişkenler			**n**	**%**
Yaş	1	19-24	4	1.8
	2	25-35	112	50.5
	3	36-49	96	43.2
	4	50-68	10	4.5
Cinsiyet	1	Erkek	199	89.6
	2	Kadın	23	10.4
	1	Ortaokul ve Lise	39	17.6
	2	Önlisans	39	17.6

Yeni Eğitim Durumu	3	Lisans	135	60.8
	4	Yüksek Lisans/Doktora	9	4.1
Medeni Durum	1	Evli	177	79.7
	2	Bekar	45	20.3
Aktivite Bireysel	1	Hayır	139	62.6
	2	Evet	83	37.4
Aktivite Ailemle	1	Hayır	105	47.3
	2	Evet	117	52.7
Aktivite Arkadaşlarla	1	Hayır	142	64.0
	2	Evet	80	36.0
Aktivite Grup Halinde	1	Hayır	205	92.3
	2	Evet	17	7.7
Meslekteki çalışma kıdem durumu	1	0-5 Yıl	45	20.3
	2	6-10 Yıl	113	50.9
	3	11-15 Yıl	40	18.0
	4	16 Yıl ve üzeri	24	10.8

Çalışmaya katılan personellerin aktivite katılım yoğunluğuna baktığımızda ise; yakın çevre ile yapılan aktiviteler %38.7 (n=86) i ile entelektüel aktivitelere %30.6 (n=68) sının sık sık katıldıkları, doğada gerçekleştirilen aktiviteler %33.3 (n=74) ü, seyahat aktiviteleri %32 (n=71) si, sanat ve kültürel aktiviteler %32 (n=71) ve diğer bireysel yapılan aktivitelere %34.2 (n=76) ünün kısmen katıldıkları, gönüllü yapılan aktiviteler %33.3 (n=74) ü ile grup aktivitelerine %26.1 (n=58) sının az katıldıkları saptanmış olup; çalışanların genellikle yakın çevre ile yapılan ve entelektüel aktivitelere sık sık katıldıkları, gönüllü yapılan aktiviteler ile grup aktivitelerine az katıldıkları tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çalışanların rekreasyonel etkinliklere katılımlarına yönelik bulgular (n:222).

Rekreasyon Etkinliklerine Katılım Sıklığı	Hiç Katılmıyorum %	Az Katılıyorum %	Kısmen Katılıyorum %	Sık Sık Katılıyorum %	Her Zaman Katılıyorum %
Doğada Gerçekleştirilen Aktiviteler Doğada fotoğraf çekmek, bisiklete binmek, kamp yapmak, trekking, doğa aktiviteleri, dağ tırmanışı, kaya tırmanışı, rafting, mağaracılık vb.	12.6	26.1	33.3	18.9	9.0
Gönüllü Yapılan Aktiviteler Yaşlı ve bakıma muhtaç insanlara yardım, çevre temizliği, fidan dikmek, okul boyama vb.	27.0	33.3	27.5	5.9	6.3

Yakın Çevre İle Yapılan Aktiviteler Arkadaşların ve ailenle birlikte zaman geçirmek, pikniğe gitmek, TV izlemek, gazete okumak, vb.	1.4	7.2	18.9	38.7	33.8
Seyahat Aktiviteleri Yürüyüş ve gezinmek, motorla gezinmek ve seyahat etmek, yurtiçi ve yurt dışı turistik geziler, tatiller, vb.	4.5	15.3	32.0	27.0	21.2
Entelektüel Aktiviteler Kitap okumak, müzik dinlemek, film izlemek, dergi ve güncel haber okumak, vb.	6.3	14.0	21.6	30.6	27.5
Sanatsal ve Kültürel Aktiviteler Sergi, müze vs. gezmek, sinemaya gitmek, konsere gitmek, tiyatroya gitmek, festivallere katılmak, diğer sanatsal etkinlikler, vb.	13.5	27.9	32.0	15.8	10.8
Diğer Bireysel Yapılan Aktiviteler Çeşitli etkinlikler planlamak, hayvanlarla ilgilenmek, alış veriş yapmak, hobi faaliyetleri (El işi, örgü, maket vb.), Video oyunları, Seyirci olarak spor etkinliklerine katılmak vb.	8.1	19.4	34.2	23.0	15.3
Grup Aktiviteleri Futbol, Paintball, Voleybol, Basketbol, Bowling vb.	10.8	26.1	23.4	22.1	17.6

Ankete katılanların rekreasyonel faaliyetlere katılımında en çok etkili olan motivasyonları; (M3) öz yeterliliklerimi güçlendirmektedir, (M4) kendimi geliştirmeme yardımcı olur, (M5) düşünme gücümü geliştirir, (M7) öfke kontrolümü sağlar, (M8) ailem dışındaki kişilerle ilişkilerimin gelişmesini sağlar, (M11) yeni kişilerle tanışıp sosyal çevre edinmek, (M12) işimde ve hayatın diğer alanlarındaki verimim arttı, (M13) stresle başa çıkmamı sağlar, (M14) bana keyif verir, (M16) kaliteli zaman geçirmemi sağlar, (M17) dikkatimi toplamama yardımcı olur ve (M19) kişisel başarı ve verimimin artışında pozitif etki sağlar ile etkilerin olumlu düzeyde olduğu görülmektedir. Kesin (1999) yapmış oluğu araştırma sonucunda aktivitelerin stresle başa çıkmada etkili olduğu verisine ulaşmış, yapılan çalışmalarda da çalışanları rekreasyonel faaliyetlere katılımını arttıran motivasyonlar olarak benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Yapılan bir başka çalışma kapsamında elde edilen bulgular neticesinde rekreasyonel aktivelerin kişilerin sağlık açısından (fiziksel ve psikolojik) ve sosyalleşme açısından fayda sağladığı olgusuna ulaşılmıştır (Keklik, 2023). Cezaevi çalışanlarına yapmış olduğumuz ankette verdikleri cevaplar doğrultusunda kapalı alanda çalışmakta olsalar da yapmış oldukları rekreasyon faaliyetleri sonucunda motivasyonda fark olduğu görülmektedir (Çizelge 3).

En az etkili olanları ise; iş çalışma zamanımın yoğun olması, rekreasyon alanlarının ücretinin yüksek olması, tesislerin donanım yetersizliği, alanların kalabalık olması, eve yakın mekanların olmaması, insanların ortak kullanım alanlarına gerekli önemi vermemesi ve korumaması olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Serdar (2021) yapmış olduğu çalışmada serbest zaman aktivitelerine katılımın en önemli nedenlerden birinin tesis yetersizliği bulgusuna ulaşılmıştır. Literatür incelemesinde; Demirel ve Harmamcı (2009) ve Koçak

(2017) çalışmalarında tesisleri yetersiz olduğu, Gürbüz ve Henderson'ın (2014) ülkemizde yapmış oldukları çalışmada yapısal engellerin (tesis/ulaşım/hizmet vb.) en önemli faktörlerden olduğu belirtilmiştir. Tüm bu çalışmaların sonuçları yaptığımız çalışmanın sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Çiçek (2022) sağlık alanında yaptığı çalışmasında rekreatif etkinliklere katılım engellerinde, boş zaman bulamamak olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde yaptığımız çalışmada katılımcıların çoğunluğu iş çalışma zamanımın yoğun olması ve program zamanlarının uygun olmaması sorularına verdikleri cevaplar ile yapılan çalışmayı desteklemektedir.

Çalışmaya katılan kurum çalışanları rekreasyona katılmalarını etkileyen motive eden etmenlere vermiş oldukları cevaplarda; stresle başa çıkmalarını sağladığı, öfke kontrolünü sağladığını, kendilerine keyif verdiği, kişisel başarı ve verimimin artışında pozitif etki ettiği olgusuna ulaşılmıştır. Tezcan (2007), Kocaeli ili Trakya birlik fabrikasının çalışanlarına yapmış olduğu çalışmada, çalışanların vermiş olduğu cevaplara bakıldığında yapılan rekreasyonel aktivitelerin bireyleri iş stresinden uzaklaştırdığı, psikolojik açıdan rahatlattığı ve verimlerini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 3. Çalışanların rekreasyonel faaliyetlere katılımını etkileyen motivasyon/engeler (n:222)

Rekreasyon yapmanızda etkili olan motivasyon (M) /engelleriniz (E) nelerdir ?	Kesinlikle Katılmıyorum %	Katılmıyorum %	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum %	Katılıyorum %	Kesinlikle Katılıyorum %
M1. Rekreasyon yapmak stresle başa çıkmama yardımcı olur.	4.1	3.6	11.3	42.3	38.7
M2. Kendime güvenimi artırır.	4.5	3.2	9.9	48.6	33.8
M3. Öz yeterliliklerimi güçlendirmektedir.	2.7	5.4	10.4	50.0	31.5
M4. Kendimi geliştirmeme yardımcı olur.	2.7	2.7	10.4	51.4	32.9
M5. Düşünme gücümü geliştirir.	2.7	3.2	9.5	51.8	32.9
M6. Rahatlamama yardımcı olur.	2.3	2.3	6.8	48.2	40.5
M7. Öfke kontrolümü sağlar.	1.8	5.9	15.8	50.0	26.6
M8. Ailem dışındaki kişilerle ilişkilerimin gelişmesini sağlar.	1.4	3.2	11.7	53.6	30.2
M9. Monotonluktan sıkıntı ve stresten kurtulmak.	2.3	4.1	6.8	49.5	37.4
M10. Yalnızlık hissinden kurtulmak.	2.3	8.6	14.4	48.2	26.6
M11. Yeni kişilerle tanışıp sosyal çevre edinmek.	0.9	5.0	13.5	53.2	27.5
M12. İşimde ve hayatın diğer alanlarındaki verimim arttı.	2.3	2.7	16.7	51.4	27.0
M13. Stresle başa çıkmamı sağlar.	1.4	3.6	10.4	55.0	29.7
M14. Bana keyif verir.	1.8	3.6	8.1	50.0	36.5
M15. Başarı kazanmaktan haz almak	2.7	3.6	21.2	46.4	26.1
M16. Kaliteli zaman geçirmemi sağlar.	1.8	2.7	13.5	51.8	30.2
M17. Dikkatimi toplamama yardımcı olur.	1.8	3.2	16.7	55.4	23.0
M18. Daima aktif yaşam tarzını benimsememe yardımcı olur.	1.4	4.5	20.7	47.3	26.1
M19. Kişisel başarı ve verimimin artışında pozitif etki sağlar.	1.8	2.3	12.2	55.0	28.8

E1. İş çalışma zamanımın yoğun olması	6.3	11.7	27.5	35.6	18.9
E2. Sağlık durumumun elverişli olmaması	15.8	29.3	22.5	22.5	9.9
E3. Bilgi eksikliği.	12.6	32.4	25.7	21.6	7.7
E4. Ulaşım sorunları	8.6	25.7	27.0	25.2	13.5
E5. Rekreasyon alanlarının ücretinin yüksek olması.	6.3	16.7	25.7	29.3	22.1
E6. Tesislerin donanım yetersizliği.	6.3	16.7	26.1	35.6	15.3
E7. Alanların kalabalık olması.	6.3	20.3	27.0	31.5	14.9
E8. Alanlarda sunulan hizmetleri beğenmemek.	7.7	18.5	36.5	27.9	9.5
E9. Eve yakın mekanların olmaması.	8.1	21.6	22.5	30.2	17.6
E10. Birlikte aktivite yapacak kimsenin olmaması.	15.8	32.9	21.6	18.9	10.8
E11. Sakatlanmaktan korkmak.	20.3	41.4	18.9	14.0	5.4
E12. Kendimi sürekli yorgun hissetmek.	14.0	31.1	23.0	23.4	8.6
E13. Sunulan hizmetleri beğenmemek.	9.0	29.3	31.1	22.1	8.6
E14. Program zamanlarının uygun olmaması.	9.0	22.5	30.2	25.7	12.6
E15. Emniyet ve güvenliğin yeterli olmaması	16.2	30.6	27.0	18.0	8.1
E16. Alanlarda yeterli sayıda aktivitenin bulunmaması	7.2	24.3	31.1	25.2	12.2
E17. İnsanların ortak kullanım alanlarına gerekli önemi vermemesi ve korumaması	6.8	14.9	18.5	37.8	22.1

Cezaevi çalışanları insan ilişkilerinde ve gündelik hayatın içerisindeki yaşamlarından mutlu olduklarını (M15) %39.6, hayatı güzel yönleriyle algıladıklarını (M9) %45.9, hayata karşı neşeli olduklarını ve bol bol güldüklerini (M11) %39.6 belirtirken, hayata anlam yükleyememe (M24) %42.8, kendilerini sağlıklı hissetmeme (M28) %41.9, kendinden hoşnut olamama (M1) %47.3 gibi mutluluk kriterlerine verdikleri cevaplar sonucu kapalı alanda uzun süreli çalışmalarının kendilerini mutsuz hissetmelerine neden olmadığı görülmektedir (Çizelge 4). Buna karşın dinlenme ihtiyaçları konusunda yeterli imkan bulamadıklarını belirtmektedirler. Bu durum işin en çok çalışma yoğunluğunun, mutluluklarına etki etmediğini göstermektedir. Katıldıkları aktiviteler sonucunda; kendilerini enerji dolu hissetmeleri (Y1) %44.6, yaşam tatminindeki artışların olması (Y2) %41.4, istedikleri şeylere ulaşabildikleri sonucu hayatları hakkında kendilerini iyi hissettiklerini belirtmişler, aktivitelerin kendileri için unutulmaz olmadığı da saptanmıştır (Y5) %45 (Çizelge 4).

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde çalışan araştırma görevlisi ve uzman doktorların yaşam kalitesinin değerlendirilmesi için yapılan çalışmada; araştırma görevlilerinin bedensel, sosyal ve çevresel olarak kendilerine yeterli zaman ayıramadıkları, dinlenme faaliyetlerinde bulunamadıkları, iş hayatlarında yoğun tempoda çalışmaları ve kendilerine tanınan hakların yetersiz olduğu gerekçesiyle yaşam kalitelerini kötü buldukları olgusuna ulaşılmıştır (Avcı ve Pala, 2004). Araştırma görevlisi ve uzman doktorların yaşam kalitesi bulgularını cezaevinde çalışan personeller ile kıyasladığımızda cezaevi çalışanlarının çalışma ortamı olarak sürekli kapalı alanlarda çalışmaları, toplum tarafından dışlanan ve iyileştirme programları ile topluma kazandırılmaya çalışılan hükümlü tutuklular

ile çalışmalarından dolayı boş zamanlarında yaptıkları rekreasyon faaliyetleri sonucu kendilerini mutlu hissettikleri verisine ulaşılmıştır.

Elde edilen bulgulara göre cezaevi çalışanlarının vermiş oldukları cevaplarda rekreasyonel etkinliklere katılımlarının kısa süreli de olsa yaşam kalitelerini olumlu etkilediği görülmektedir (Y2) %41.4. Uzun süreli yaşam kalitesine (Y4) %46.4 ise kısa dönemlide görülen etki miktarı kadar olmasa da bir etki görülmekte ve rekreasyonel faaliyetlerin yaşam kalitesini arttırıcı etkileri olduğu belirlenmiştir. Güven (2018), belediye çalışanları ile yapmış olduğu çalışmada rekreasyonel aktivitelere katılım sıklığının artması ile bireylerin mutluluklarının ve yaşam kalitelerinin de aynı düzeyde arttığı; katılımcıların genellikle tercih ettiği aktivite türü yakın çevreleriyle yaptıkları aktiviteler ile entelektüel aktiviteler olduğu tespit edildiği, verilen cevaplarda genel anlamda mutlu oldukları, hayatın ödüllendirici olduğunu düşündükleri, yapılan faaliyet sonucunda kendilerini tamamen dinç hissettiklerini ve bunun sonucunda yaşam kalitelerinin zenginleştiği bulgusuna ulaşmıştır.

Çizelge 4. Çalışanların mutluluk ve yaşam kalitesi durumu (n:222).

Mutluluk (M) ve Yaşam Kalite Ölçeği (Y)	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
M1. Kendimden Hoşnut değilim	47.3	36.5	7.7	6.3	2.3
M2. Diğer insanlarla yoğun bir şekilde ilgileniyorum	6.3	22.3	35.1	26.6	9.5
M3. Hayatın çok ödüllendirici olduğunu hissediyorum	8.1	25.2	33.8	23.4	9.5
M4. Hemen hemen herkese karşı çok sıcak duygular besliyorum.	5.9	22.1	32.0	33.8	6.3
M5. Nadiren dinlenmiş hissederek uyanırım	6.3	25.2	24.3	33.3	10.8
M6. Gelecek hakkında pek iyimser değilim	15.8	37.8	21.2	17.6	7.7
M7. Çoğu şeyi eğlenceli buluyorum	5.9	14.4	37.8	33.8	8.1
M8. Her zaman bağlıyım ve ilgiliyim	5.4	9.5	31.5	45.9	7.7
M9. Hayat güzeldir	3.6	4.1	13.1	45.9	33.3
M10. Dünyanın iyi bir yer olduğunu düşünmüyorum	23.0	24.8	24.8	15.3	12.2
M11. Çok gülerim	3.6	14.4	33.3	39.6	9.0
M12. Hayatımdaki her şeyden oldukça memnunum	4.1	9.5	43.7	37.8	5.0
M13. Çekici göründüğümü düşünmüyorum	10.8	27.9	39.6	17.1	4.5
M14. Yapmak istediklerim ile yaptıklarım arasında uçurum var	6.8	27.0	32.9	17.6	15.8
M15. Çok mutluyum	3.6	6.8	38.3	39.6	11.7
M16. Bazı şeylerde güzellikler buluyorum	3.2	1.4	20.7	58.6	16.2
M17. Başkaları üzerinde her zaman neşeli bir etkim vardır.	2.7	5.4	35.6	46.4	9.9
M18. İstediğim her şeye zaman bulabilirim	7.2	18.0	41.9	26.1	6.8
M19. Özellikle hayatımın kontrolünde olmadığımı hissediyorum	9.5	34.7	35.1	14.4	6.3
M20. Her şeyi üstlenebileceğimi hissediyorum	3.2	18.0	39.6	29.7	9.5
M21. Tamamen zihinsel olarak uyanık (dinç) hissediyorum	5.4	18.0	39.6	30.2	6.8
M22. Sık sık neşe ve sevinç yaşarım	3.6	10.4	36.5	43.7	5.9
M23. Herhangi bir konuda karar vermekte zorlanırım	14.4	37.8	27.5	14.4	5.9
M24. Hayatımda belirli bir anlam ve amaç duygusu yok	32.9	42.8	15.8	4.5	4.1

M25. Çok fazla enerjim olduğunu hissediyorum	4.5	15.3	39.6	33.8	6.8
M26. Genelde olaylar üzerinde iyi bir etkim vardır	3.6	5.9	29.7	52.3	8.6
M27. Diğer insanlarla eğlenmem	22.1	43.7	20.3	9.0	5.0
M28. Kendimi pek sağlıklı hissetmiyorum	25.7	41.9	21.6	8.1	2.7
M29. Geçmişe dair özellikle mutlu anılarım yok	38.7	42.3	9.5	6.3	3.2
Y1. Genel olarak, bu etkinlik/aktiviteye katıldıktan sonra kendimi enerji dolu hissettim	2.7	6.8	35.1	44.6	10.8
Y2. Etkinlik/aktiviteye katıldıktan kısa bir süre sonra yaşam tatminimde artış oldu.	2.3	7.2	41.0	41.4	8.1
Y3. Şimdiye kadar hayatta istediğim önemli şeyleri aldım.	4.1	10.4	35.1	43.2	7.2
Y4. Her ne kadar hayatta sıkıntılarım olsa da, etkinlik/aktiviteden kısa bir süre sonra hayatım hakkında iyi hissettim.	2.7	5.0	37.8	46.4	8.1
Y5. Genel olarak bu etkinlik/aktivite deneyimim, yaşam kalitemi zenginleştirdi ve unutulmaz oldu.	2.3	6.8	45.0	40.1	5.9
Y6. Etkinlik/aktiviteden sonra anlamlı ve tatmin edici bir hayat sürdüğüm	3.6	9.9	46.4	35.1	5.0

Katılımcıların demografik özelliklerinin rekreasyonel faaliyetlere katılım motivasyon/engel ve mutluluk ile yaşam kalitesindeki etki olup olmadığını belirlemek için Anova testi yapılmış ve etkileri açıklamak için ise Tukey testi uygulanmıştır. Katılımcıların rekreasyonel faaliyetlere katılmalarında motivasyon olarak belirlenen iş ve hayatın diğer alanlarında verimliliğin artması yaş guruplarına göre farklılık göstermektedir (Çizelge 5, $p<0,05$). Birçok çalışma katılımcıların yaşlarının rekreasyonel faaliyetlere katılımında etkili olduğunu göstermektedir. Ancak bu çalışmada motivasyonlarda çok fazla etki görülmemektedir. Daha genç katılımcılar rekreasyonel faaliyetlere katılım motivasyonu olarak iş ve hayat verimliliğini önemli bulmuşlardır. Bu durum yaş ilerledikçe hayattan beklentilerin azaldığı şeklinde yorumlanabilir. Mutluluk ölçeğinde etkili olan hemen hemen herkese karşı çok sıcak duygular besliyorum (M4) olgusuna katılımcılardan 36-49 yaş aralığındakilerin 25-34 yaş aralığındakilere göre pozitif yönde olduğu, her zaman bağlıyım ve ilgiliyim (M8) olgusuna katılımcılardan 36-49 yaş aralığındakilerin 25-34 yaş aralığındakilere göre pozitif yönde olduğu, hayat güzeldir (M9) olgusuna katılımcılardan 36-49 yaş aralığındakilerin 25-34 yaş aralığındakilere göre pozitif yönde olduğu, yaşam kalitesi ölçeği ile ilişikli olan her ne kadar hayatta sıkıntılarım olsa da, etkinlik/aktiviteden kısa bir süre sonra hayatım hakkında iyi hissettim (Y4) olgusuna katılımcılardan 36-49 yaş aralığındakilerin 25-34 yaş aralığındakilere göre pozitif yönde olduğu ve rekreasyon etkinliklerine katılım sıklığı sorularından entelektüel aktiviteler sorusuna ise 19-24, 25-35 ve 36-49 yaş aralığındakilerin 50-68 yaş aralığındaki personellere göre pozitif yönde yaş ile anlamlı ilişkileri olduğu saptanmıştır.

Yapılan çalışmada elde edilen bulgular neticesinde çalışmaya katılan cezaevi personelinin yaş ilerledikçe herkese karşı daha samimi, ilgili oldukları, hayatı güzel

bulduklarını ve iyi hissettikleri belirlenmiştir. Yaş ilerledikçe entelektüel aktivitelere katılım oranlarının azaldığı bulgusuna ulaşılmıştır. Güven (2018) yapmış olduğu çalışmada çalışanların yoğun bir şekilde katıldığı aktivite grubunun olmadığını, genellikle çalışanların yakın çevreyle yaptıkları aktivitelere katılımlarının olduğunu bunu da entelektüel aktivitelerin izlediğini tespit etmiştir.

Çizelge 5. Katılımcıların yaşları ile motivasyon, mutluluk ve yaşam kalitesinin ilişkisi (n:222).

	(I) Yaşınız	(J) Yaşınız	Aritmetik Ortalama Farkı (I-J)	p.
(M12) İşimde ve hayatın diğer alanlarındaki verimim arttı.	36-49	50-68	.79*	.029
	50-69	36-49	-.79*	.029
(M4) Hemen hemen herkese karşı çok sıcak duygular besliyorum.	25-35	36-49	-.37*	.035
	36-49	25-35	.37*	.035
(M8) Her zaman bağlıyım ve ilgiliyim	25-35	36-49	-.37*	.024
	36-49	25-35	.37*	.024
(M9) Hayat güzeldir	25-35	36-49	-.42**	.009
	36-49	25-35	.42**	.009
(Y4) Her ne kadar hayatta sıkıntılarım olsa da, etkinlik/aktiviteden kısa bir süre sonra hayatım hakkında iyi hissettim	25-35	36-49	-.29*	.045
	36-49	25-35	.29*	.045
Entelektüel Aktiviteler	19-24	50-68	1.80*	.049
	25-35	50-68	1.51**	.001
	36-49	50-68	1.37**	.003
	50-68	19-24	-1.80*	.049
		25-35	-1.51**	.001
		36-49	-1.37**	.003

Çalışmada kullanılan değişkenler arasında anlamlı farklar bulunmaktadır ($p<0,05$). Eğitim durumuna bakıldığında; rekreasyon yapmanızda etkili olan motivasyon/engellerinden sağlık durumumun elverişli olmaması (E2) olgusuna lisans mezunu çalışanların yüksek lisans/doktora mezunlarına göre engel olarak gördükleri, alanların kalabalık olması (E7) ortaokul ve lise mezunu çalışanların lisans mezunlarına göre engel olarak gördükleri, mutluluk ve yaşam kalitesi ölçeğinde etkili olan hayatımdaki her şeyden oldukça memnunum (M12) olgusuna önlisans mezunu çalışanların ortaokul ve lise mezunlarına göre memnun oldukları, çekici göründüğümü düşünmüyorum (M13) olgusuna lisans mezunları kendilerinin çekici göründüklerini, ortaokul ve lise mezunları ise kendilerini çekici bulmadıklarını düşünmektedirler. Yapmak istediklerim ile yaptıklarım

arasında uçurum var (M14) olgusuna ise ortaokul ve lise mezunu çalışanların yüksek lisans/doktora mezunlarına göre yapmak istediklerini gerçekleştiremedikleri saptanmıştır (Çizelge 6, p<0,05).

Alkoç (2019) yaptığı çalışmada demografik özelliklerden eğitim durumu ile rekreasyonel faaliyetler arasında anlamlı benzer sonuçlara ulaşmıştır. Çalışmada eğitim durumlarının artması ile faaliyetlere katılımın artması doğru orantıda arttığı bulgusuna varılmıştır (p<0,05).

Çizelge 6. Katılımcıların eğitim durumları ile motivasyon/engeller, mutluluk ve yaşam kalitesinin ilişkisi (n:222).

	Eğitim Durumu	Eğitim Durumu	Aritmetik Ortalama Farkı (I-J)	p.
(E2) Sağlık durumumun elverişli olmaması	3,00	4,00	1.18	.025
	4,00	3,00	-1.18	.025
(E7) Alanların kalabalık olması.	1,00	4,00	1.23	.016
	3,00	4,00	1.11	.021
	4,00	1,00	-1.23	.016
		3,00	-1.11	.021
(M12) Hayatımdaki her şeyden oldukça memnunum	1,00	4,00	-.94	.015
	4,00	1,00	.94	.015
(M13) Çekici göründüğümü düşünmüyorum	1,00	3,00	-.55	.011
	3,00	1,00	.55	.011
(M14) Yapmak istediklerim ile yaptıklarım arasında uçurum var	1,00	4,00	1.10	.048
	4,00	1,00	-1.10	.048

*(1:Ortaokul ve Lise, 2: Ön lisans, 3: Lisans, 4:Yüksek lisans/Doktora (p<0,05))

Çizelge 7'de meslek kıdem yılının; mutluluk ve yaşam kalitesi ölçeğinde hemen hemen herkese karşı çok sıcak duygular besliyorum (M4) olgusuna 11-15 yıl ile 16 yıl ve üzeri arasında çalışan personellerin 0-5 yıl arasında çalışanlara göre herkese karşı daha olumlu duygular besledikleri, çoğu şeyi eğlenceli buluyorum (M7) olgusuna 6-10 yıl arasında çalışanların 0-5 yıl arasında çalışan personellere oranla daha eğlenceli buldukları, her zaman bağlıyım ve ilgiliyim (M8) olgusuna 6-10 yıl ile 11-15 yıl arasında çalışan personellerin 0-5 yıl arasında çalışanlara göre daha ilgili oldukları, hayat güzeldir (M9) olgusuna ise 11-15 yıl arasında çalışanlar ile 0-5 yıl arasında çalışan personellere oranla daha güzel buldukları ilişkisi tespit edilmiştir (p<0,05). Melekteki kıdem yılı ilerledikçe çalışan personellerin rekreasyon aktivitelerine katılımları sonucunda mutluluk düzeyleri de yükselmekte ve yaşam kaliteleri artmaktadır. Güven (2018) in yapmış olduğu çalışmada,

çalışanların kıdem yılları ile rekreasyonel aktivitelere katılımları arasında anlamlı farklılıklar bulmuştur (p<0,05).

Çizelge 7. Katılımcıların meslek kıdem yılının mutluluk ve yaşam kalitesi ile ilişkisi (n:222)**.**

	(I) Meslekteki çalışma kıdem durumu	(J) Meslekteki çalışma kıdem durumu	Aritmetik Ortalama Farkı (I-J)	p.
(M4) Hemen hemen herkese karşı çok sıcak duygular besliyorum	0-5 Yıl	11-15 Yıl	-.61*	.024
		16 Yıl ve üzeri	-.91*	.002
	11-15 Yıl	0-5 Yıl	.61*	.024
	16 Yıl ve üzeri	0-5 Yıl	.91*	.002
(M7) Çoğu şeyi eğlenceli buluyorum	0-5 Yıl	6-10 Yıl	-.46*	.040
	6-10 Yıl	0-5 Yıl	.46*	.040
(M8) Her zaman bağlıyım ve ilgiliyim	0-5 Yıl	6-10 Yıl	-.43*	.042
		11-15 Yıl	-.67**	.006
	6-10 Yıl	0-5 Yıl	.43*	.042
	11-15 Yıl	0-5 Yıl	.67**	.006
(M9) Hayat güzeldir	0-5 Yıl	16 Yıl ve üzeri	-.68*	.027
	16 Yıl ve üzeri	0-5 Yıl	.68*	.027

4. Sonuçlar

Çalışma sonucunda Düzce T Tipi Kapalı Ceza İnfaz Kurumunda görev yapan çalışanların rekreasyon faaliyetlerinin yaşam kalitesine etkileri ile ilgili bulunan sonuçların değerlendirmesi neticesinde hipotezlerin cevaplarına ve önerilere yer verilmiştir.

H1: Katılımcıların rekreasyonel aktivitelere katılım sıklıkları demografik özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Hipotez doğrulanmıştır. Katılımcıların yaş, eğitim ve meslek kıdem yılı özelliklerine göre rekreasyonel faaliyetlerin etkisinin farklı olduğu bulunmuştur.

H2: Katılımcıların rekreasyonel aktivitelere katılım sıklıkları motivasyon/engellere göre eğitim durumlarında farklılıklar göstermektedir. Hipotez doğrulanmıştır. Çalışanların yapmış olukları rekreasyon faaliyetlerini eğitim durumlarına göre değerlendirdiğimizde üniversite mezunlarının orta okul/lise mezunlarına oranla rekreasyonel faaliyetlerde engellerinin daha az olduğu görülmektedir.

H3: Katılımcıların meslekteki kıdem yıllarına göre rekreasyonel aktivitelere katılım sıklıkları arttıkça mutluluk düzeylerinin de arttığı görülmektedir. Hipotez doğrulanmıştır. Meslekte yıllanmış memurların yeni başlayan memurlara oranla hayata karşı çoğu şeyi

eğlenceli buldukları, herkese karşı sıcak duygular besledikleri ve mutlu oldukları anlaşılmaktadır.

H4: Katılımcılar arkadaşları ve aileleriyle yapılan aktivitelere daha sık katılım sağlamaktadırlar. Hipotez doğrulanmıştır. Yakın çevre ile yapılan aktivitelere sık sık katıldıkları sonucuna ulaşılmıştır.

H5: Katılımcıların rekreasyonel etkinliklere katılımını etkileyen demografik özelliklerden genç yaştaki çalışanlar yaşlı çalışanlara oranla olumlu yönde etkilenmektedir. Hipotez doğrulanmıştır. Çalışanla yapılan rekreasyon faaliyetlerinin genç yaştakilerin orta yaş ve üzerindekilere nazaran daha olumlu yönde etkilediği anlaşılmaktadır.

Ayrıca çalışma çalışmamızda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

Çalışmaya katılan cezaevi çalışanları rekreasyonel etkinliklerde en fazla yakın çevre (arkadaşları ve aileleri ile birlikte zaman geçirmek, pikniğe gitmek vb.) ile yapılan rekreasyonel faaliyetleri yapmaktadır.

Cezaevi çalışanlarının rekreasyonel faaliyetlere katılmak için motivasyonlarının güçlü ve çok olduğu, rekreasyonel faaliyetlere katılım engellerine baktığımızda ise, işten dolayı zaman ayıramadıkları, rekreasyon alanlarının fiziksel özelliklerini ve ekonomik yönden pahalı olmasını engel olarak gördükleri sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada elde edilen en önemli sonuçlardan biri de cezaevi çalışanlarının rekreasyon faaliyetlerine katılımı ile yaşam kalitelerini arttırdığı ve faaliyetlerden mutlu bir şekilde ayrıldıkları sonucudur.

Yaşın ilişkili olduğu ölçeklerde çalışan memurların yapılan rekreasyon faaliyetlerinin genç yaştakileri orta yaş ve üzerindekilere nazaran daha olumlu yönde etkilediği anlaşılmaktadır. Eğitim durumları göz ününe alındığındaysa eğitim seviyesinin artması rekreasyonel faaliyetlere katılım engellerin azalmasına neden olmaktadır. Cezaevinde daha uzun çalışan katılımcılar hayata karşı daha pozitif bir bakış açısına sahiptirler.

Çalışmamız sonucunda kurumda çalışan personelin birbirleri ile uyumlu bir şekilde çalışabilmeleri ve kurum işleyişinin bir uyum içerisinde olabilmesi için etkinliklere katılımda grup aktivitelerin düzenlenmesine ağırlık verilmelidir.

Kurumun içerisinde ve yakınındaki rekreasyon alanlarının herkes için uygun, ulaşılabilir hale getirilmesi ve iş çalışma zamanlarında düzenlemelerin yapılarak personellerin rekreasyon faaliyetlerine yönlendirilmesi sağlanmalıdır.

Yaşam kalitelerinin arttırılması için mesai dışındaki boş zamanlarını aileleri ve arkadaşları ile birlikte yapacağı faaliyetler (yakın çevre ile yapılan aktiviteler, grup aktiviteleri ve doğada gerçekleştirilen aktiviteler) ile etkin ve verimli bir şekilde kullanarak

kişiler üzerinde unutulmaz zevk alabilecekleri ve kişiyi tatmin edici şekillerde katılımları sağlanmalıdır.

Çalışanların mutluluk ve yaşam kalitesi için rekreasyonel faaliyetlerin ne kadar önemli olduğu yapılan çalışma ile anlaşılmıştır. Bu nedenle çalışma ortamlarının rekreasyonel faaliyetlere olanak sağlayacak şekilde tasarlanması oldukça önemlidir.

Kaynaklar

Akduman, G. (2021). International Academic Social Resources Journal: Open access refereed e-journal & indexed. *International Academic Social Resources Journal*, *6*(30), 1505-1516.

Alkoç, F. (2019). 'Sosyo-Demografik değişkenlerin rekreasyon katılımına etkisi: İstanbul (Kadıköy ve Maltepe) örneği' (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.

Altunkasa, F., & Uzun, G. (1997). *Rekreasyonel planlamada arz ve talep* (Yayın No: 6). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

Avcı K., & Pala K. (2004). Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde çalışan araştırma görevlisi ve uzman doktorların yaşam kalitesinin değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi 30*(2), 81-85.

Aydıner Boylu, A. (2007). 'Ailelerin yaşam kalitelerini etkileyen bazı objektif ve sübjektif göstergelerin incelenmesi'. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Çiçek M. (2022). 'Sağlık çalışanlarının rekreasyon alışkanlıklarının değerlendirilmesi üzerine nitel bir çalışma'. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Demirel, M., & Harmamcı, D. (2009). Üniversite öğlencilerinin rekreasyonel etkinliklere katılımlarında engel oluşturabilecek faktörlerin belirlenmesi. *International Journal of Human Sciences*, *6(*1), 838-846.

Diener, E. (1984). Subjective well-being. *Psychological Bulletin 95*, 542– 575.

Edwards, M. B., & Matarrita-Cascante, D. (2011). Rurality in leisure research: A review of four major journals. *Journal of Leisure Research*, *43*(4), 447-474.

Gürbüz, B., & Henderson, H. A. (2014). Leisure activity preferences and constraints: Perspectives from Turkey, *World Leisure Journal*. *56*(4), 300-316.

Güven Y. (2018). 'Çalışanların rekreasyon etkinliklerine katılım sıklıklarının mutluluk ve yaşam kalitesi üzerine olan etkisi'. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Hazar, A. (2003). *Rekreasyon ve animasyon*. Ankara: Detay Yayıncılık.

Hills P., & Argyle M. (2002). Oxford Happiness Questionnaire Oxford University.

Keklik, P. (2023). 'Spor merkezi üyelerinin serbest zaman doyumlarının egzersiz davranış değişim basamakları ve rekreasyon fayda düzeylerine göre incelenmesi'. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Kesin, Ü. (1999). 'Türkiye'deki işyerlerinde rekreasyon uygulaması'. Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kim, H., Woo, E., & Uysal, M. (2015). Tourism experience and quality of life among elderly tourists, *Tourism Management*, *46*, 465-476.

Koçak, F. (2017). Leisure constrains and facilitators: Perspectives from Turkey. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, *3*(10), 32-47.

Long, J., & Hylton, K. (2014). Reviewing research evidence and the case of participation in sport and physical recreation by black and minority ethnic communities. *Leisure Studies*, *33*(4), 379-399.

Müderrisoğlu, H., & Uzun, S. (2009). Abant İzzet Baysal Üniversitesi Orman Fakültesi öğrencilerinin rekreasyonel eğilimleri. *Turkish Journal of Forestry*, *5*(2), 108-121.

Pierskalla, C. D., Lee, M. E., Stein, T. V., Anderson, D. H., & Nickerson, R. (2004). Understanding relationships among recreation opportunities: A meta-analysis of nine studies. *Leisure Sciences*, *26*(2), 163-180.

Serdar, E. (2021). Serbest zaman engelleri ile ilgilerin arasındaki ilişki: Fitness merkezi katılımcıları üzerine bir araştırma. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, *6*(1), 49-61.

Shievers, J. S., & DeLisle, L. J. (1997). The story of leisure; Context, concepts and current controversy. Human Kinetics Publishers.

Shookner, M. (1997). Quality of life in ontario. Araştırma Raporu. Ontario Social Development Council & Social Planning Network of Ontario.

Tezcan N. (2007). 'Rekreasyon Etkinliklerin Çalışanların Performansları Üzerine Etkilerinin İncelenmesi: Kocaeli Trakya Birlik'. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.

Torlak, S. E., & Yavuzçehre, P. S. (2008). Denizli kent yoksullarının yaşam kalitesi üzerine bir inceleme, *Çağdaş Yerel Yönetimler*, *17*(2), 23-44.

Uzun, S., Müderrisoğlu, H., & Akıncı Kesim, G. (2005). Kentsel alanlardaki parklarda kullanıcı memnuniyeti: Düzce İnönü Parkı örneği. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, *1*(2), 111-124.

Uzun, S., & Müderrisoğlu, H. (2010). User satisfaction in rural recreation areas: The example of Bolu Gölcük Forest-Recreation Area. *Turkish Journal of Forestry*, *11*(1), 67-82.

Van Kamp, I., Leidelmeijer, K., Marsman, G., & Hollander, A. De. (2003). Urban environmental quality and human well-being: Towards a conceptual framework and demarcation of concepts; a literatüre study. *Landscape and Urban Planning*, *65*(1), 5-18.

Wang, E., Zhao, L., Zhou, Y., & Little, B. B. (2013). Valuing outdoor recreation activities using a meta-analysis model in China: *An empirical study. Tourism Economics*, *19*(2), 415- 432.

Wish, N. B. (1986). Are we really measuring the qua1ity of life? Well-being has subjective dimensions as well as objective ones. *American Journal of Economics and Sociology*, *45*(1), 94-102.

World Health Organization Quality of Life Group. (1998). Development of the World Health Organization WHOQOL- BREF quality of life assessment. *Psychological Medicine*. *28*(3), 551–558.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 158-171
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1667701

Terk Edilmiş Maden Sahaları İçin Hazırlanan Peyzaj Rehabilitasyon Projelerinin Ticari Kârlılık Analizi Bağlamında İncelenmesi: Çaltepe Açık Mermer Ocağı Örneği, Yeşilova/Burdur

To Investigate the Landscape Rehabilitation Projects Created for Abandoned Mine Sites in the Context of Financial Profitability Analysis: Case Study of Çaltepe Open Marble Quarry, Yeşilova/Burdur/Türkiye

Latif Gürkan KAYA[1], Hüseyin Samet AŞIKKUTLU[1], Yasin AŞIK[1], Serkan PALAS[2], Mesut Alper DEMİRBUGAN [2]

Özet

Bu çalışmada, terk edilmiş nitelikte ki Burdur ili Yeşilova İlçesi Çaltepe köyünde bulunan maden sahası için konsept proje niteliğinde peyzaj rehabilitasyon projesinin oluşturulması ve bu projenin Ticari Kârlılık Analizi bağlamında incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanına ilişkin peyzaj rehabilitasyon projesinin hazırlanmasında konu ile ilgili literatür, alanda çekilen fotoğraflar, Google Earth görüntüleri, Adobe Photoshop CS6, AutoCAD 2021 programları ve ilgili proje kapsamında kullanılan Ticari Kârlılık Analizi'nin açıklanmasında kullanılan literatür çalışmanın materyalini oluşturmaktadır. Bu kapsamda öncelikle alana ilişkin konsept proje niteliğinde peyzaj rehabilitasyon projesi çizilmiş ve ardından bu proje Ticari Kârlılık Analizi ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, çalışma kapsamında Burdur ili Çaltepe köyünde bulunan terk edilmiş maden sahasına yönelik hazırlanan rekreasyonel etkinliklere dayalı konsept proje niteliğindeki peyzaj rehabilitasyon projesinin uygulanması durumunda bulunduğu bölge ve çevresine sağlayacağı faydalar ortaya konulmuştur. Kısaca, benzer nitelikte ki peyzaj rehabilitasyon projesi çalışmalarında ekolojik ve ekonomik unsurların ön değerlendirmesinin yapılmasının gerektiği, ayrıca uygulama esnasında bu konuların dikkate alınmasının önemli bir konu olduğunu ifade etmek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Terk Edilmiş Maden Sahası, Ticari Kârlılık Analizi, Peyzaj Rehabilitasyon, Çaltepe, Burdur

Abstract

In this study, it is aimed to create a landscape rehabilitation project as a concept project for the abandoned mine site located in Çaltepe village of Yeşilova district of Burdur province and to examine this project in the context of Financial Profitability Analysis. In the preparation of the landscape rehabilitation project for the study area, the literature on the subject, photographs taken in the area, Google Earth images, Adobe Photoshop CS6, AutoCAD 2021 programs and the literature used to explain the Financial Profitability Analysis used within the scope of the relevant project constitute the material of the study. In this context, firstly, a landscape rehabilitation project was drawn as a concept project for the area and then this project was evaluated with Financial Profitability Analysis. As a result, the study reveals the benefits that the landscape rehabilitation project, which is a concept project based on recreational activities prepared for the abandoned mine site in Çaltepe village in Burdur province, will provide to the region and its surroundings in case of implementation. In short, it is possible to state that the preliminary evaluation of ecological and economic factors should be made in similar landscape rehabilitation projects, and that it is an important issue to take these issues into account during implementation.

Keywords: Abandoned Mine Site, Financial Profitability Analysis, Landscape Rehabilitation, Çaltepe, Burdur

Geliş Tarihi: 28.03.2025, Düzeltme Tarihi: 15.05.2025, Kabul Tarihi: 24.06.2025
Adres: [1]Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
Adres: [2] Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, Çevre Araştırmaları Dairesi
E-mail: sasikkutlu@mehmetakif.edu.tr

1. Giriş

Nüfusun hızla artması, sanayi ve teknolojinin gelişmesi, ekonomik ihtiyaçların artması gibi nedenler hammaddeye olan talebi artırmış ve doğal kaynak kullanımının her geçen gün artmasına neden olmuştur (Kalaycı ve Uzun, 2016; Köse ve Kul, 2020). Madenler, dünyada doğal kaynakların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Ulusoy ve Ayaşlıgil, 2012). Yeraltı ve yer üstü zengin kaynaklara sahip olan Türkiye'de, madencilik sektörü bu kaynakları ekonomiye kazandırmak için faaliyetlerini genişletmektedir (Kalaycı ve Uzun, 2016). Ancak, madenlerden hammaddelerin çıkarılması, peyzaja önemli ölçüde müdahale edilmesini gerektirmekte (Schön ve ark., 2006), dolayısıyla bu durum doğal kaynaklara ve özellikle madenlerin yakın çevrelerine zararlar verilmesine neden olmaktadır (Kalaycı ve Uzun, 2016). Çevre dostu yöntem ve teknoloji kullanılmayan madencilik faaliyetleri (Ulusoy ve Ayaşlıgil, 2012), topoğrafya, jeolojik yapı, rölyef, su rejimi, iklim, bitki örtüsü, arazi kullanımı, vb. peyzajlar üzerinde zararlı bir etkiye sahiptir (Uzun ve Bollukcu, 2009; Delibalta, 2012). Peyzajın bozulması ve endüstriyel faaliyetlerin çevre üzerindeki geçici veya kalıcı sonuçları önemli çevre sorunlarıdır (Şimşir ve ark., 2007).

Çevresel sorunları azaltmak için, tahrip edilmiş alanların onarılması, doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi hayati önem taşımaktadır (Arslan, 2014). Dünyada birçok ülke, madencilik faaliyetleri tamamlandıktan sonra madencilik faaliyetleri nedeniyle zarar gören arazilerin yeniden düzenlenmesini talep eden ve teşvik eden yasal mevzuata ve politikalara sahiptir (Ulusoy ve Ayaşlıgil, 2012; Kalaycı, 2016). Ancak, Türkiye'deki pek çok madencilik işletmesi, rehabilitasyon ve sürdürülebilirlik ilkelerini ihlal edecek şekilde faaliyetlerini sürdürmekte ve çoğu alanda faaliyet sonlandıktan sonra kendi haline bırakılmaktadır (Cındık ve Acar, 2010).

Madencilik faaliyetleri doğal kaynak değerlerinin sürdürülebilir kullanımı bakımından bir tehdit olarak görülmesinin aksine, maden sahalarının ilginç yüzey formlarına sahip olmaları ve yeraltı galerilerinin insanlar için ilgi çekici görünmeleri sebebiyle bu alanlar madencilik faaliyetleri sonrasında geri kazanılabilir ve bu tür alanlar özellikle rekreasyonel etkinlikler için kullanılabilirler (Kaya ve ark., 2017a; Kaya ve ark., 2017b). Benzer bir ifadeyle; kömür, kaya, demir, altın, vb. diğer mineralleri elde etmek için oluşturulan ve ardından terk edilen maden alanlarının, insan sağlığı ve çevre için tehdit oluşturduğu ancak yeniden geliştirme için potansiyel olarak değerli yerler olduğu söylenebilir (Schneider ve Greenberg, 2023; Grajal-Puche ve ark., 2024).

Tahrip edilen alanların doğaya kazandırılması, peyzaj kalitesinin artırılması ancak onarım ve rehabilitasyon çalışmaları ile gerçekleştirilebilir (Ulusoy ve Ayaşlıgil, 2012). Madencilik sonrası rehabilitasyon ve onarım konusu ulusal (Seçkin ve Yayım, 2006; Turnacıgil, 2008; Ulusoy ve Ayaşlıgil, 2012; Kalaycı ve Uzun, 2016; Demirbugan, 2020; Aras, 2022) ve uluslararası (Festin ve ark., 2019; Kusumaningtyas ve ark., 2021; Worlanyo ve Jiangfeng, 2021; Schneider ve Greenberg, 2023; Grajal-Puche ve ark., 2024) birçok araştırmada incelenmiştir. Tarım, ormancılık, rekreasyon, inşaat, meralar, su ürünleri yetiştiriciliği, yaban hayatı yaşam alanları, eğitim, spor ve eğlence tesisleri, endüstriyel, vb. uygulamalar madencilikten sonra en sık kullanılan arazi kullanımlarından bazılarıdır (Köse ve Kul, 2020).

Madencilik faaliyetleri arazinin özellikle küçük bir bölümünü kaplıyor görünse de (Köse ve Kul, 2020; Obodai ve ark., 2024), karasal ve sucul ortamlar üzerinde genellikle geri döndürülemez zararlı etkilere neden olmaktadır (Jordan, 2004). Madencilik faaliyetleri esnasında ya da sonrasında tahrip edilmiş ve doğal dengesi bozulmuş araziyi çeşitli metotlarda ilk durumuna getirmek pek olası değildir. Yapılan onarım çalışmalarının hedefi, bozulmuş maden sahasını eskiye en yakın duruma getirmeye çalışarak, çevresiyle her açıdan uyumlu olmasını sağlamaya yöneliktir (Topay ve ark., 2007). Özellikle kapatılmış madenleri uygun planlama çalışmalarıyla iyileştirmek ve yeniden kullanılabilir duruma getirerek geri kazanmak mümkündür. Kent merkezine yakın bölgelerde işletme faaliyeti tamamlanmış ocakların, rekreasyonel amaçlara yönelik yeniden düzenlenmesi yaklaşımı arazinin geri kazanımına yönelik tercih edilebilecek en akılcı yöntemlerden biridir. Bilhassa bu alanların, rekreasyonel hedefler için düzenlenmesi, kişilerin fizyolojik, sosyal ve psikolojik durumları üzerinde olumlu yönde etkiler sağlamaktadır (Esringü ve Özer, 2019). Dolayısıyla, madencilik faaliyetleri sonrasında bu alanlar ve yakın çevrelerinin rekreasyonel etkinliklere dayalı peyzaj onarım çalışmaları yapılmalı, planların belirlenmesinde potansiyel kullanıcılara yönelik özellikle ekonomik hedefler değerlendirilmelidir (Kalaycı ve Uzun, 2016). Konu ile ilgili olarak Gaberli (2020) çalışmasında, Birleşik Krallık ve ABD gibi gelişmiş ülkelere ilişkin analizlerden yola çıkarak rekreasyonun ekonomik katkısının birçok gelişmekte olan ülkenin toplam ihracatından fazla olduğunu ve bu bağlamda rekreasyon ekonomisinin gelişmiş ya da gelişmekte olan tüm ülkeler için önemli bir konu olduğunu vurgulamıştır.

Tüm ülkeler için ekonomik anlamda büyüme uğraşısında temel ilke mevcut kaynak ve ekonomik imkanların rasyonel bir şekilde kullanımıdır. Bir yapılabilirlik etüd çalışması ile proje önerisi veya önerilerinin ekonomik bağlamda arzu edilebilirlik seviyesinin

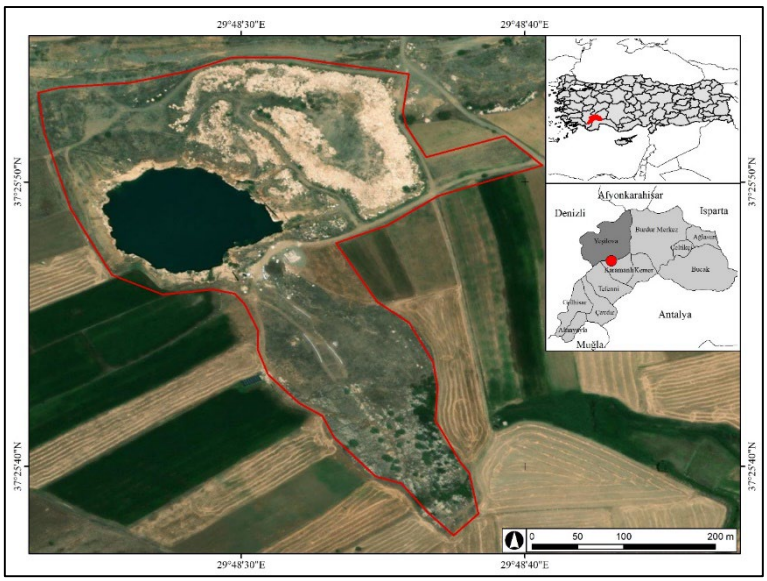
değerlendirilmesi ile yatırım önerilerinin ret veya kabul edilmesine karar vermek mümkündür. Proje değerlendirme, bir yatırımın sebep olacağı olumlu ve olumsuz katkılarının karşılaştırılması, bu yatırımın cazip olup olmadığının araştırılması yaklaşımıdır. Farklı bir şekilde proje değerlendirme kavramını, yatırımın gerekli olduğu bir projenin ekonomik fizibilitesinin belirlenme süreci olarak da tanımlamak mümkündür (Demirbugan, 2004).

Bu çalışmanın amacı, Burdur ili Yeşilova ilçesine bağlı Çaltepe köyünde bulunan terk edilmiş maden ocağının tasarım ve planlanma ilkeleri doğrultusunda rekreasyonel etkinliklere dayalı konsept proje niteliğinde ki peyzaj rehabilitasyon projesinin hazırlanması ve ilgili projenin Ticari Kârlılık Analizi bağlamında incelenmesidir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini Burdur ili Yeşilova ilçesine bağlı Çaltepe köyünde bulunan terk edilmiş açık mermer ocağı oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında konsept proje niteliğinde ki peyzaj rehabilitasyon projesinin hazırlanmasında konu ile ilgili ulusal ve uluslararası literatür, raporlar, örnek çalışmalar, alandan çekilen fotoğraflar, Google Earth görüntüleri, Adobe Photoshop CS6 ve AutoCAD 2021 programları çalışmanın materyalini oluşturmaktadır. Ayrıca proje kapsamında kullanılan Ticari Kârlılık Analizi'nin açıklanmasında konu ile ilgili literatür ve raporlar da çalışmanın hazırlanmasında kullanılan diğer materyallerdir. Şekil 1'de çalışma alanının konumu sunulmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu.

Çalışma alanı, 1,65 ha göl alanı, 3,45 ha rehabilite edilecek alan olmak üzere 5,10 ha toplam rehabilitasyon alanından oluşmaktadır. Çalışma alanına ait alansal dağılım büyüklükleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Çalışma alanına ait alansal dağılım büyüklükleri.

Alan İsimleri	Alan (ha)
Göl Alanı	1,65
Rehabilite Edilecek Alan	3,45
Toplam Rehabilitasyon Alanı	5,10

2.2. Yöntem

Çalışma kapsamında öncelikle, 28.03.2023 ve 12.09.2023 tarihinde proje alanı ziyaret edilmiş ve alanı en uygun tanımlayan fotoğraflar çekilmiştir (Şekil 2). Alana ilişkin projenin hazırlanması için konu ile ilgili literatür, alanda çekilen fotoğraflar, Google Earth görüntüleri ile Adobe Photoshop CS6 ve AutoCAD 2021 programlarından faydalanılmıştır.



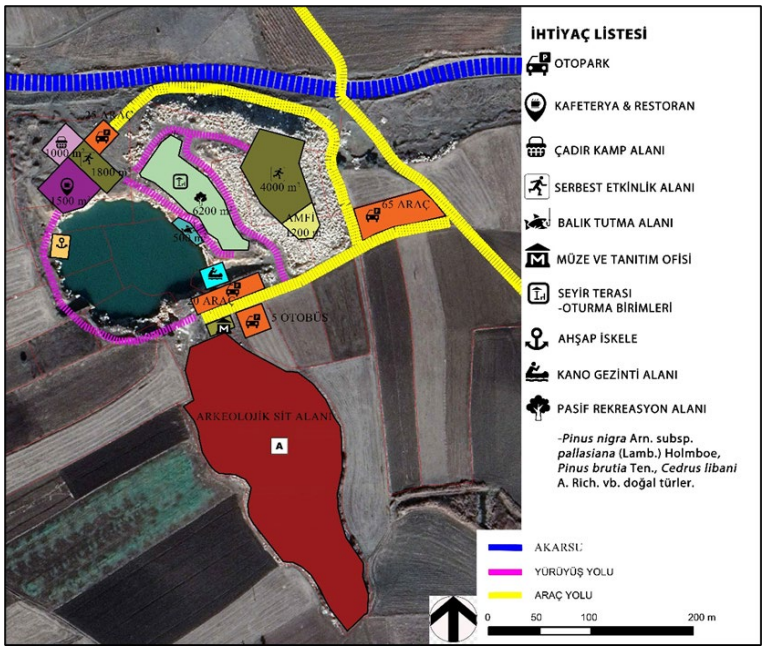
Şekil 2. Çalışma alanına ait fotoğraflar.

Bu aşamadan sonra hazırlanan proje Ticari Kârlılık Analizi bağlamında incelenmiştir. Sarıaslan'a (2014) göre, ekonomik değerleme yaklaşımı, yatırım önerisine bağlanması için kaynağın geliş yerine bakılmaksızın kaynakların sağlayacağı kâr seviyesini belirlemek ve bunun ile ilişkili bir projenin kabul ya da ret edilmesini ya da seçenek olabilecek yatırım önerilerinin karşılaştırılmasını amaçlamaktadır. Bu bağlamda, Ticari Kârlılık Analizi projeyi üstlenen girişimcinin amacı ve niteliğine bağlı olarak bir projenin kâr seviyesini ölçmeye yönelik bir araç olan ekonomik değerleme yaklaşımıdır. Farklı şekilde, bir projenin ya da projelerin kârlılık değerlendirmesi bireysel olarak kişi ve/veya özel kuruluşların menfaat ve amaçları doğrultusunda yapılıyor ise bu değerlendirmeyi Ticari Kârlılık Analizi olarak tanımlamak mümkündür.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanında yapılan, alan analizine göre alanın kuzeyinden bir akarsu geçmektedir. Alanın güneyinde ise arkeolojik sit alanı bulunmaktadır. Alanın 4 tarafı farklı nitelikte tarım alanlarıyla çevrilidir. Alanda yüksek yoğunlukta mermer artıkları bulunmaktadır.

Alan analizinden sonra alana uygun ihtiyaç listeleri belirlenmiş ve leke paftası oluşturulmuştur. İhtiyaç listesini; otopark, kafeterya/restoran, çadır kamp alanı, serbest etkinlik alanı, balık tutma alanı, amfi, müze ve tanıtım ofisi, seyir terası, ahşap iskele, kano gezinti alanı ve pasif rekreasyon alanı oluşturmaktadır. Belirlenen leke paftası ve ihtiyaç listesi için en uygun alanlar ile alan büyüklükleri, olası yol güzergahları Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Leke paftası ve ihtiyaç listesi.

Leke paftasında gösterilen alan kullanımlarının, proje üzerine ölçekli olarak aktarılması ve biçimlendirilmesiyle alana ilişkin konsept proje niteliğinde ki peyzaj rehabilitasyon projesi hazırlanmıştır (Şekil 4). Proje, alanda bulunan mermer atıklarından faydalanılması temeline dayanmaktadır. Alanda rahat ve etkili dolaşım sağlayabilmek amacıyla 3 adet dolaşım aksı belirlenmiştir. İlk aks, alanın kuzeyinden kafeterya ve serbest etkinlik alanına giden araç yoludur. İkinci aks alanın ortasında dolaşımı sağlayan yaya aksıdır. Üçüncü aks ise batıdan geçen kafeterya ve müzeyi birbirine bağlayan yaya aksıdır. Alanda 100 kişilik amfi-tiyatronun yer alması düşünülmüştür. Farklı amaçlı gösteriler, toplantılar, dersler, şenliklerde stantların kurulması vb. etkinlikler için tasarlanmıştır. Alan

kullanıcılarının dinlenme ve yemek ihtiyaçlarını karşılamak için açık ve kapalı mekân olarak kafeterya tasarlanmıştır. Kafeteryanın yönü, gölü ve yeşil alanı görecek şekilde konumlandırılmıştır. Kafeterya önünde manzara yönünü kesmemek için seyrek dallı ağaççık ve çalı grupları kullanılmıştır. Alanda 3 farklı noktada 7'si engelli olmak üzere 117 araç ve 5 otobüs için otopark tasarlanmıştır. İlk otopark doğuda pasif rekreasyon alanı ve müzeyi kullanacak kullanıcılar için düşünülmüştür. İkinci otopark alanın kuzeyinde kafeterya ve çadır kamp alanına hizmet etmesi açısından tasarlanmıştır. Üçüncü otopark, alanın güneyinde müze ve kafeteryada çalışan personellerin ihtiyaçları gözetilerek personel otoparkı olarak tasarlanmıştır. Ayrıca turistik tur gezileri, öğrenci gezileri açısından alanda 5 otobüs için otopark tasarlanmıştır. Gölet içerisinde, dalış sporları için atık mermerlerden yapılan heykellerin kullanılacağı bir dalış alanı tasarlanmıştır. Ayrıca kano ve sal ile gezinti için alanlar da düşünülmüştür. Alana doğal bir görünüm vermek amaçlanmıştır. Alanda bölgenin iklim koşullarına uygun dayanımı yüksek doğal türler kullanılmıştır. Bunlar; *Pinus nigr*a Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Pinus brutia* Ten., *Cedrus libani* A. Rich., vb. türlerdir.



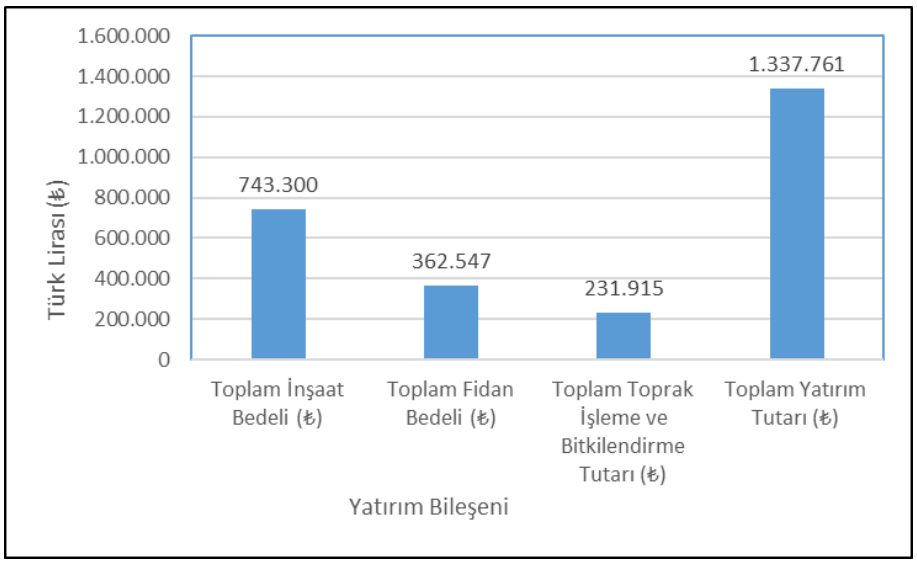
Şekil 4. Konsept proje niteliğinde ki peyzaj rehabilitasyon projesine ait bir görünüm.

Ticari Kârlılık Analizi kapsamında hazırlanan projede ki verilere dayalı olarak fonksiyonların kapladığı alanlar belirlenmiş ve bu veriler Çizelge 2'de sunulmuştur. Çizelge 2'de belirtildiği üzere en fazla yüz ölçüme sahip alan Amfi-Tiyatro alanı (1,41 ha) ve en az yüz ölçüme sahip alanlar Çadır Kampı (0,17 ha) ve Çocuk Oyun Alanı (0,17 ha)'dır.

Çizelge 2. Fonksiyonlar ve kapladığı alanlar.

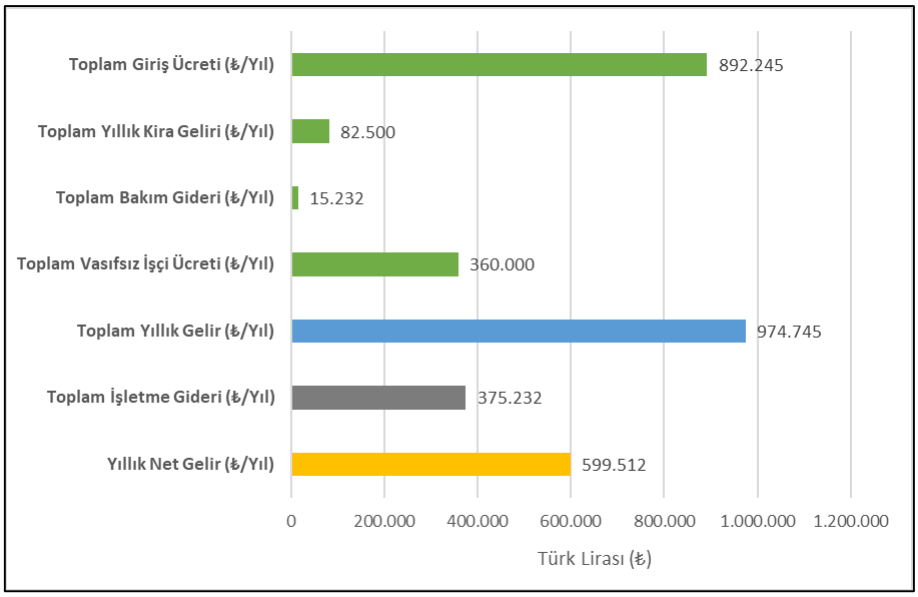
Fonksiyonlar	Alan (ha)
Otopark	0,45
Çadır Kamp	0,17
Serbest Etkinlik ve Balık Tutma Alanı	0,45
Çocuk Oyun Alanı	0,17
Pasif Rekreasyon / Seyir Terası	0,80
Amfi-Tiyatro	1,41
Toplam Alan	3,45

Çalışma alanına ilişkin hazırlanan proje için; Toplam İnşaat Bedeli 743.300 ₺, Toplam Fidan Bedeli 362.547 ₺, Toplam Toprak İşleme ve Bitkilendirme Tutarı 231.915 ₺ olmak üzere toplam yatırım tutarı 1.337.761 ₺'dir. Toplam yatırım tutarının ana harcama bileşenleri dağılımı Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Proje yatırım tutarı ve dağılımı.

Hazırlanan proje kapsamında işletme dönemi boyunca yıllık olarak oluşacak gelir - gider ve dağılımları Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü üzere; Toplam Giriş Ücreti 892.245 ₺, Toplam Yıllık Kira Geliri 82.500 ₺, Toplam Bakım Gideri 15.232 ₺, Toplam Vasıfsız İşçi Ücreti 360.000 ₺, Toplam Yıllık Gelir 974.745 ₺, Toplam İşletme Gideri 375.232 ₺, Yıllık Net Gelir 599.512 ₺'dir.



Şekil 6. Proje gelir - giderleri ve dağılımları.

Çalışma alanına ilişkin hazırlanan proje için bir Ticari Kârlılık Analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde cari fiyatlarla net ticari fayda düzeyi belirlenmiştir (Şekil 7).

Yıllık gelir: 974.745 ₺, yıllık gider: 375.232 ₺ alındığında yıllık net fayda;

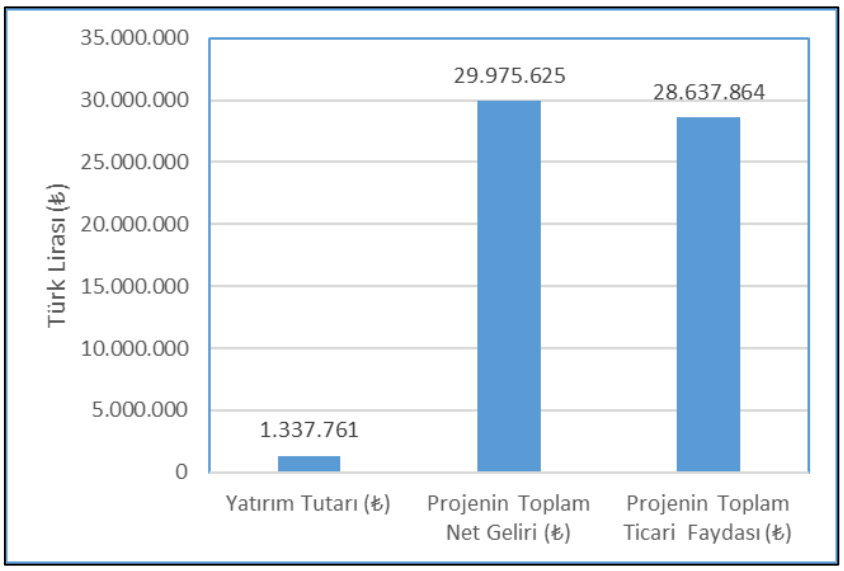
974.745 ₺ - 375.232 ₺ = 599.512 ₺'dir.

Proje ömrü 50 yıl alındığında proje toplam net gelir;

50 yıl * 599.512 ₺/yıl =29.975.625 ₺'dir.

Yatırım tutarı 1.337.761 ₺ alındığında çalışma alanına ilişkin konsept proje niteliğindeki rehabilitasyon projesinin toplam ticari faydası;

29.975.625 ₺ - 1.337.761 ₺ = 28.637.864 ₺'dir.



Şekil 7. Projenin toplam ticari faydası.

Projenin kârlılığı paranın zaman değerini göz önünde bulundurmayan basit kârlılık ölçütleri kullanılarak irdelenmiştir. Proje'nin fayda ve maliyetleri ilişkilendirilerek toplam ticari fayda, Fayda/Maliyet Oranı (F/M), Basit Kârlılık Oranı (BKO) ve Geri Ödeme Süresi (GÖS) ölçütleri belirlenmiştir (Çizelge 3).

F/M;

28.637.864 ₺/1.337.761 ₺ = 21,41'dir.

BKO, yatırımdan beklenen yıllık net kârın ilk yatırım tutarına olan oranını göstermektedir (Sarıaslan, 2014). Peyzaj rehabilitasyon projesi için BKO;

599.512 ₺/yıl / 1.337.761 ₺ = 0,45' dir.

GÖS yönteminde, ilk yatırım maliyetinin yıllar bazında sağlanacak net kâr ile kaç yılda geri ödeneceği hesaplanmaktadır (Sarıaslan, 2014). Peyzaj rehabilitasyon projesi için GÖS;

1.337.761 ₺/599.512 ₺/yıl = 2,23 yıl'dır.

Hazırlanan projenin kârlılık ölçütleri Çizelge 3'de özetlenmiştir.

Çizelge 3. Kârlılık ölçütleri.

Kârlılık Ölçütü	Değer
F/M	21,41
Proje Toplam Ticari Fayda (₺)	28.637.864
BKO	0,45
GÖS (yıl)	2,23

4. Sonuçlar

Burdur ili Yeşilova ilçesi Çaltepe köyündeki terk edilmiş maden sahası kapsamında hazırlanan rekreasyonel etkinliklere dayalı konsept proje niteliğindeki peyzaj rehabilitasyon projesinin uygulanması durumunda bulunduğu bölge ve çevresine sağlayacağı faydalar aşağıda sunulmuştur:

- Projesi sahası içerisinde arkeolojik alan bulunması alana değer katan bir olgudur. Özellikle ilgili alan, proje sahasının farklı ve daha fazla kullanıcı tarafından ziyaret edilmesini sağlayacak bir değerdir. Bu durum bölgenin turizm potansiyelini artıracak bir potansiyele sahip olmakla birlikte ekonomik kalkınmayı desteleyebilecektir.
- Alana ilişkin peyzaj rehabilitasyon projesinin tasarlanması sürecinde rekreasyonel aktiviteler ve fonksiyonlar belirlenirken, saha içerisindeki artık mermerlerin de değerlendirilmesine yönelik yaklaşımlar belirlenmiştir. Mermer artıklarının saha içerisinde kullanımı ile sorunu yerinde çözme yaklaşımı benimsemiş, kullanılmayan mermer artıklarının kazanımı sağlanmıştır. Bu durum öncelikle ekolojik bir fayda sağlamakla birlikte arka planda ekonomik bir fayda da sağlayacaktır.

- Projenin hazırlanmasında sadece yerel halkın rekreasyonel beklentileri dikkate alınmamış, konumsal olarak turizm güzergahı üzerinde bulunması ile farklı şehirlerde yaşayan yerli ve yabancı turistlere sunacağı dinlenme ve eğlenme olanakları neticesinde daha geniş yelpazede rekreasyonel bir alan olabilecektir. Böylece alanın birçok kullanıcı tarafından ziyaret etmesi mümkün olacaktır. Bu durum bölgeye ekonomik fayda sağlayacak bir diğer konudur.
- Alana ilişkin peyzaj rehabilitasyon projesinin uygulanması durumunda sağlayacağı ekonomik fayda Ticari Kârlılık Analizi ile değerlendirilmiş, projenin bulunduğu bölge ve çevresine ekonomik açıdan faydalı olacağı saptanmıştır.

Sonuç olarak, terk edilmiş maden sahalarının kazanımı önemli bir konudur. Bu tür alanlarda yürütülecek peyzaj rehabilitasyon projeleri ekolojik anlamda önemli bir çözümleyici olabilmektedir. Ancak bu projelerin ekonomik açıdan bir fayda sağlayıp sağlamayacağının ortaya konulması da önemli bir husustur. Bu bağlamda terk edilmiş maden sahalarında yapılacak peyzaj rehabilitasyon çalışmalarında ekolojik ve ekonomik unsurların ön değerlendirmesinin yapılması ayrıca uygulama esnasında bu başlıkların dikkate alınmasının önemli olduğunu ifade etmek mümkündür.

Teşekkür

Bu çalışma, Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü 2023 yılı İş Programında yer alan 2023-38-14-01(3) özel kodlu ve “Terkedilmiş Mermer Sahalarında Rehabilitasyona Yönelik Uygulama (Burdur) Projesi” başlıklı proje verileri kullanılarak hazırlanmıştır.

Kaynaklar

Aras, A.E. (2022). 'Maden sahalarının işletme sonrası Agropark olarak değerlendirilme olanaklarının irdelenmesi: Aydın ili Söke ilçesi örneği'. Yüksek Lisans Tezi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

Arslan, F. (2014). Türkiye'de sürdürülebilir doğal kaynak kullanımı arayışlarına bir örnek: Yeşil binalar. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *2*(1), 288-304.

Cındık, Y., ve Acar, C. (2010). Faaliyeti bitmiş taş ocaklarının yeniden rehabilite edilmesi ve doğaya kazandırılması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *11*(1), 11-18.

Delibalta, M.S. (2012). Madencilik ve çevre ilişkilerinin ekonomik boyutu. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Madencilikte Çevre Yönetimi Semineri, Afyonkarahisar.

Demirbugan, M.A. (2004). *Fizibilite etütlerinde ekonomik değerlendirme yöntemleri*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Demirbugan, A. (2020). Madencilikte sürdürülebilir rehabilitasyon yaklaşımı: Lusatia Linyit Havzası Deneyimi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, *3*(2), 68-73.

Esringü, A., ve Özer, S. (2019). Madencilik faaliyetleri ile bozulmuş arazilerin onarımında peyzaj mimarlarının rolü. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *8*(Enar Özel Sayı), 45-53.

Festin, E.S., Tigabu, M., Chileshe, M.N., Syampungani, S., & Odén, P.C. (2019). Progresses in restoration of post-mining landscape in Africa. *Journal of Forestry Research*, *30*(2), 381-396.

Gaberli, Ü. (2020). *Rekreasyon ekonomisi: rekreasyonel faaliyetlerin ekonomik değer ölçümü ve ekonomiye katkısı*. Y. Yağmur ve Ü. Gaberli (ed). Rekreasyon: Tarihsel Gelişim, Teoriler, Farklı Alanlarla İlişkiler ve Güncel Gelişmeler içinde, (sayfa 305-318). Nobel Akademik Yayıncılık.

Grajal-Puche, A., Driver, E.M., & Propper, C.R. (2024). Review: Abandoned mines as a resource or liability for wildlife. *Science of the Total Environment*, *921*, 171017; DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171017

Jordan, G. (2004). *Mining and mining waste: Pressures, impacts and responses in the European Union and Candidate Countries*. G. Jordan and M. D'Alessandro (eds). In Mining, Mining Waste and Related Environmental Issues: Problems and Solutions in Central and Eastern European Candidate Countries, (pp. 12-34). Luxerbourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Kalaycı, M. (2016). ‘Maden ocaklarında peyzaj onarımı ve planlarının hazırlanması: Kastamonu-Devrekani örneği’. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.

Kalaycı, M., ve Uzun, O. (2016). Madencilik sonrası maden alanlarının rekreasyonel amaçlı değerlendirilmesi. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD)*, *2*(2), 232-244.

Kaya, L.G., Yücedağ, C., ve Bingöl, B. (2017a). Ekonomik ömrünü tamamlamış maden ocaklarından rekreasyon amaçlı yararlanma olanakları. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu, Sonuç Raporu, Proje No: 0301–NAP-16. Burdur.

Kaya, L.G., Yücedağ, C., ve Bingöl, B. (2017b). Usage of ineffective mining quarries for recreational purposes: The case study of Burdur city, Turkey. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *8*(2), 184-190.

Köse, M., ve Kul, A. (2020). Terkedilmiş maden sahalarındaki sulak alanlar ve yakın çevrelerinden sürdürülebilir faydalanmanın incelenmesi: İstanbul örneği. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, *21*(3), 243-253.

Kusumaningtyas, V.A., Murniati, A., Budiman, S., Hardian, A., Ruhaniyah, H., Melina, M., Juliawaty L.D., & Syah, Y. M. (2021). *Utilization of Tephrosia vogelii in post-mining land reclamation*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, *882*(1), 012067, Bandung, Indonesia.

Obodai, J. Bhagwat, S., & Mohan, G. (2024). Gold mining's environmental footprints, drivers, and future predictions in Ghana. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *33*(2024), 101103.

Sarıaslan, H. (2014). *Yatırım projelerinin hazırlanması ve değerlendirilmesi, planlama-analiz-fizibilite*. Siyasal Kitabevi.

Schneider, D., & Greenberg, M.R. (2023). Remediating and reusing abandoned mining sites in U.S. metropolitan areas: Raising visibility and value. *Sustainability*, *15*(9), 7080; DOI: 10.3390/su15097080

Schön, B., Bejvl, W., & Hamminger, F. (2006). Der alte Obermicheldorfer Klak-Steinbruch – ein Muster an “Selbst-Renaturierung”. Öko-L 28/1, 14-23, Avusturya.

Seçkin, B., ve Yayım, Ş.D. (2006). Taş ve maden ocağı alanlarının rehabilitasyonu olanakları (İstanbul ağaçlı yöresi açık maden alanı örneği). *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *56*(2), 1-9.

Şimşir, F., Pamukçu, Ç., ve Özfırat, M.K. (2007). Madencilikte rekültivasyon ve doğa onarımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, *9*(2), 39-49.

Topay, M., Sertkaya Aydın, Ş., ve Koçan, N. (2007). Taş ocaklarının peyzaja etkileri ve yeniden kullanımlarına yönelik çözüm önerileri: Bartın ili örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *A*(2), 134-144.

Turnacıgil, A. (2008). 'Yeniköy Ağaçlı civarındaki maden ocaklarının rehabilitasyonu'. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ulusoy, Y., ve Ayaşlıgil, T. (2012). Açık maden ocaklarının rehabilitasyonu ve doğaya yeniden kazandırılmasının "Şile-Avcıkoru" örneğinde irdelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *62*(2), 21-36.

Uzun, O., ve Bollukcu, P. (2009). *Bartın merkez ilçe sınırları içinde yer alan açık ocak işletmelerinin peyzaj onarımı-biyolojik onarım açısından değerlendirilmesi*. Bartın Orman Fakültesi Dergisi: I. Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı, Özel Sayı, II, 481-500, Bartın.

Worlanyo, A.S., & Jiangfeng, L. (2021). Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: A review. *Journal of Environmental Management*, *279*, 111623.

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp. 172-192
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1624349

The Evaluation of Performance Properties of CMC-Based Copolymer Hydrogels Reinforced with Cellulosic Fibers Subjected to Stepwise Chemical and Mechanical Pretreatments: Moderate Alkaline Oxidation Treatment*

Kademeli Kimyasal ve Mekanik Ön İşlemlerden Geçirilmiş Selülozik Liflerle Güçlendirilen CMC Bazlı Kopolimer Hidrojellerin Performans Özelliklerinin Değerlendirilmesi: Ilımlı Alkali Oksidasyon Uygulaması

Asena Damla BÜYÜKÜSTÜN[1], Esat GÜMÜŞKAYA[1], Emir ERİŞİR[2]

Abstract

In this study, mechanical refining and alkaline oxidation pretreatments were applied to cellulose reducing the side effect of it on hydrogel performance. In addition to moderate oxidation with hydrogen peroxide at 80°C, mechanical treatment was performed using PFI or supermasscolloider. The effectiveness of epichlorohydrin and citric acid as crosslinkers for hydrogel formation was investigated separately. The liquid absorption capacity, water uptake and swelling ratios of the produced hydrogels were measured and evaluated. The structural, morphological and thermal properties of the hydrogels were analyzed using FTIR, SEM and DSC. IR spectrum revealed that the interactions with both crosslinkers were effective. Although hydrogels with 10% cellulose ratio and cross-linked with citric acid can absorb liquid up to 50 times the initial mass, the overall performance of the samples produced with epichlorohydrin was found to be superior. SEM images showed that the porosity of the hydrogel decreased and the surface closedness increased in the samples with citric acid. These phenomena were considered as a reduction in diffusion of liquids and absorption capacity.

Keywords: Hydrogel, CMC, alkaline oxidation, supermasscolloider refining, PFI refining

Özet

Bu çalışmada, selülozun hidrojelin performans özelliklerinde yan etkilerini azaltmak için selüloza mekanik rafinasyon ve alkalin oksidasyon ön işlemleri uygulanmıştır. H_2O_2 ile 80°C'de ılımlı oksidasyonun yanında, mekanik işlemler PFI veya supermasscolloider ile gerçekleştirilmiştir. Hidrojel üretiminde çapraz bağlayıcı olarak epiklorohidrin ve sitrik asidin etkinliği ayrı ayrı incelenmiştir. Üretilen hidrojellerin sıvı emme kapasitesi, su alma ve şişme oranları üzerinden değerlendirilmiştir. Hidrojellerin yapısal, morfolojik ve termal özellikleri FTIR, SEM ve DSC ile belirlenmiştir. IR spektraları, çapraz bağlayıcılar ile hidrojel sentezinin başarılı olduğunu göstermiştir. %10 selüloz içeren ve sitrik asit ile çapraz bağlanmış hidrojeller başlangıç kütlesinin 50 katına kadar sıvı absorbe etmesine rağmen, epiklorohidrin ile üretilen örneklerin performansının daha üstün olduğu görülmüştür. SEM görüntüleri, sitrik asit ile sentezlenen örneklerde gözenekliliğin azaldığını ve yüzey kapalılığının arttığını bu durumunda difüzyon ve absorpsiyon kapasitesinde azalmayla sonuçlandığı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojel, CMC, alkali oksidasyon, süpermaskolloider rafinasyonu, PFI rafinasyonu

Received: 24.01.2025, Revised: 12.03.2025, Accepted: 30.04.2025
Address: [1]Karadeniz Technical University, Faculty of Forest, Department of Forest Industry Engineering
[2]Sakarya University of Applied Sciences, Vocational School of Pamukova, Department of Paper Technology
E-mail: emirerisir@subu.edu.tr
*This study is prepared based on MD thesis of Asena Damla BÜYÜKÜSTÜN at Karadeniz Technical University.

1. Introduction

Hydrogels, which are three-dimensional cross-linked polymer, are an important industrial intermediate product attracting attention with their behavior in water or other liquids. They are used in the fields of food, hygiene, cosmetics, pharmaceutical, agricultural, and biomedical products. Compared to their own mass, they have the capacity to hold several hundred times more liquid (Chen et al., 2010). The number of hydrophilic functional groups carried by the polymer backbone is important in this regard (Esposito et al., 1996). An ideal hydrogel is expected to have high gelation resistance and liquid absorption capacity, high biocompatibility, and low environmental impact.

Petroleum-derived (synthetic) polymers are more preferred for hydrogel production. They have significant advantages, such as superior swelling performance in water or various liquids compared to natural polymers, price advantage, product range diversity, and easy availability. However, in today's world of sustainability and environmental impact, researchers are looking for alternatives to synthetic polymers. In general, synthetic polymers also have significant disadvantages in terms of biocompatibility. Nanocellulose (NCC) (Kelly et al., 2013), nanofibrillated cellulose (NFC) (O-chongpian et al., 2021), carboxymethylcellulose (CMC), hydroxyethylcellulose (HEC), methylcellulose (MC), microcrystalline cellulose (MCC), or their derivatives are used for hydrogel production (Fekete et al., 2014).

Due to its superior hydrophilicity, CMC is one of the best natural polymers with properties such as biocompatibility and the ability to hold large amount of liquids. However, CMC does not show sufficient gel resistance due to behaviors such as dispersion and dissolution in liquids (Eldin et al., 2013). In order to overcome the problem of insufficient binding organization, stronger crosslinkers such as glutaraldehyde, epichlorohydrin (ECH) or citric acid (CA) are preferred, or various additives are used to hold the hydrogel together (Nasution et al., 2022). However, it is inevitable that the crosslinking agents used have a negative effect on biodegradability and increase the resistance of the gel. Therefore, studies are being carried out on the synthesis of copolymer hydrogels using additives that reduce the amount of crosslinker. It is known that polymers such as chitosan, alginate, poly-N-isopropylacrylamide, polyacrylamide, poly(vinyl alcohol), polyaniline and cellulose (in the form of fibers or micro/nanoscaled) are used for this purpose (Ren et al., 2016; Wang & Wang, 2016; Li et al., 2017; Godiya et al., 2019; Su et al., 2020; Feng et al., 2021; Uyanga & Daoud, 2021).

Cellulose, which is the raw material of different industries such as the paper industry, textiles, biofuels, food, cosmetics, and pharmaceutical industries, stands out as a suitable starting material for hydrogels thanks to its abundant availability in nature, renewable and biodegradable. However, when natural cellulose (cellulose I) is used directly to make hydrogels, it results in a product with very limited absorption of liquids due to some structural defects such as crystalline domains and complex intracellular and intercellular hydrogen bonding structure. So, it needs to be modified to cellulose-based polymers with different properties before hydrogel production. Nevertheless, there is another issue that should be noted at this point, the studies show that as the amount of cellulose in copolymer hydrogels increases, the liquid absorption capacity of the hydrogel decreases (Esposito et al., 1996).

Using different types of modification, like mechanical, chemical, biological, or thermal, on native cellulose can make it better for making hydrogels (Laine et al., 2004; Cabiac et al., 2011). These methods modify the physical and chemical structure of cellulose, thereby increasing its reactivity with water and other chemicals (Liebert, 2010; Li et al., 2012). Mechanical processes such as beating and refining change internal delamination of the cell wall structure. Also they increase the specific surface area of cellulosic fibers, shorten the fiber size, peel off the S1 layers of the primary wall and secondary wall with limited reactivity, and increase the number of functional groups. However, if its liquid absorbency is to be increased, the studies have shown that the degree of refining should be kept low (Hubbe et al., 2013). On the other hand, alkaline treatments applied under moderate conditions affect the network structure consisting of hydrogen bonds; swelling of the fiber is achieved, the surface morphology of the fiber changes (a more permeable structure is obtained), polymorphic transformations take place (cellulose I to cellulose II transformation), and the degree of polymerization decreases. Furthermore, carboxyl (COOH) groups can be increased in the cellulose chain by oxidation of cellulose in alkaline environment (Knill and Kennedy, 2003). In oxidation of cellulose, hydrogen peroxide is preferred because of the easy use and limited environmental effects. Thanks to the synergistic effects of all these treatments, it is inevitable to increase the reactivity and accessibility of cellulose.

In this study, which focuses on the synthesis of CMC-based copolymer hydrogels, one- and two-step pretreatments were applied to cellulose as an additive in the copolymer hydrogel and the effects of pretreatments to the performance properties of hydrogels were investigated. For this purpose, cellulose was subjected to oxidation with hydrogen peroxide

(H_2O_2) under mild alkaline conditions and mechanical pretreatment with PFI mill and supermasscolloider (SMC). The pretreated cellulose was mixed with CMC and hydrogel synthesis was carried out in a reaction medium using ECH or CA as crosslinker. The physical, chemical, thermal and morphological properties of the obtained hydrogels were investigated.

2. Material and Method

2.1. Material

The characteristics of 100% bleached spruce sulfite wood pulp utilized in this research, supplied by Borregard (Norway), were 924 $ml.g^{-1}$ of Intrinsic Viscosity (ISO 5351:2004); ≤ 1 of Kappa Number (TAPPI T 236 om-13); 93.1 of Brightness (ISO 2470:2009); 95.2% of Alpha Cellulose (TAPPI T203 cm-99); 5.8% of Alkali Solubility S10 (TAPPI T 235 cm-00); 3.3% of Alkali Solubility S18 (TAPPI T 235 cm-00) which are detailed in previous studies (Büyüküstün et al., 2025). The COOH content of the pulp was determined according to the research conducted by Milanovic et al. (2012) as 0.1269 mmol/g. The freeness of the pulps, as measured by SCAN C-15:62 standard, is 12 °SR. The water retention value (WRV) of the pulp was established at 88.4% according to the research by Chen et al. (2010). Sodium carboxymethyl cellulose (CMC-Na) (Mw ~ 700,000), utilized in this investigation, was acquired from Sigma Aldrich (DS: 0.80-0.95). All additional compounds were procured from Merck KGaA or Sigma Aldrich and utilized without any modification.

2.2. Method

2.2.1. Pretreatments for Modification of Cellulosic Fibers

Chemical pretreatments were applied alone or sequentially with mechanical pretreatments in order to increase the reactivity and accessibility of cellulose.

a. Chemical pretreatments

For this purpose, H_2O_2 oxidation in moderately alkaline medium was performed without any mechanical processes before or after the oxidation. In this step, a mini optimization was performed using NaOH (3.0% w) and H_2O_2 (5.0, 10.0 or 15.0% w) for a 10% suspension of cellulose (75.0 g, oven-dry). The prepared suspension was oxidized in a water bath at 80°C for 180 minutes. After oxidation, the mixture was washed on a 150-mesh screen with distilled water until neutralized. The samples on the screen were collected, squeezed well, placed in a sealed bag, and stored in a refrigerator operating at +4°C.

WRV and -COOH content values of the pulps that were oxidized in alkaline medium were determined based on the previously described methods. The WRV values of the pulps oxidized with 5.0% and 15.0% H_2O_2 were the same (112.5%). On the other hand, the pulp oxidized with 10.0% H_2O_2 resulted in a higher WRV compared to these two pulps (113.7%). While the highest results were obtained in terms of -COOH content by applying 10.0% H_2O_2 (0.1344 mmol/g), it was determined that a 0.1120 mmol/g value was reached when the peroxide amount was applied at 5.0% and a 0.1216 mmol/g value was reached when the peroxide amount was increased to 15.0%. According to these results, it is seen that 10.0% H_2O_2 gives the best results; therefore, in the following stages of the study, only these conditions were used for alkaline oxidation.

b. Mechanical Methods

For mechanical refining, the PFI mill and the Masuko supermassocolloider (Model: MKCA6-2J, SMC) were used to refine the fibers to the micro-/nano-scale.

PFI Refining: In many recent studies, the term of beating has been replaced by refining. For this reason, the application carried out within the scope of this study is called refining. It was carried out in a two-roller laboratory-type PFI mill at 4000 rpm at 10.0% pulp concentration in accordance with TAPPI T248 sp-15 standard.

SMC Refining: Cellulose was refined using a SMC with one fixed and one rotating Al_2O_3 stones (80.0 grit coarseness). For refining, the gap between the stones was set to 20 µ and passed between the stones 5 times to obtain the desired dimensions. The rotation speed of the stones was set at 1500 rpm, and the working concentration was kept at 2.0%.

2.2.2. Synthesis of Hydrogels

The first sample group is the control group. No pretreatment was applied to the pulps in this group and hydrogel synthesis was carried out using raw cellulose and CMC. The second sample group is the sample group in which only chemical pretreatments were applied to the cellulose. For these samples, hydrogel synthesis was started after oxidation was completed. No mechanical treatment was applied to this sample group. In the third and last sample group, chemical and mechanical pretreatments were applied to cellulose. Here, the chemical and mechanical pretreatments were switched and their effects on the fibers were

also studied. The process variables for hydrogel synthesis are summarized in Table 1.

Table 1. The variables of process for the preparation of Cellulose/CMC copolymer hydrogels

Type of Variable	**Process Variables**					
Crosslinking agent	ECH				CA	
Cellulose Content in Hydrogel	%10		%30		%50	
CMC Ratio in Hydrogel	%90		%70		%50	
Pretreatment of Cellulose	Never pretreated	Just alkaline oxidation	PFI after alkaline oxidation	Alkaline oxidation after PFI	SMC after alkaline oxidation	Alkaline oxidation after SMC

The coding of the samples is based on the abbreviation of the crosslinking agent type (ECH or CA), of the pre-treatment type (**Control** for raw cellulose, **Soda** for only alkaline oxidation, **Soda PFI** for treatments in the first stage: alkaline oxidation, in the second one: PFI refining, **PFI Soda** for treatments in the first stage: PFI refining, in the second one: alkaline oxidation, **Soda SMC** for treatments in the first stage: alkaline oxidation in the second one: SMC refining and **SMC Soda** for treatments in the first stage: SMC refining in the second one: alkaline oxidation), and of the cellulose content in hydrogel (for examples: **ECH Control 30**, **CA PFI Soda 10**).

2.2.2.1. Hydrogel synthesis with ECH

Hydrogel synthesis with ECH was carried out in two steps. Initially, 195.0 ml of a solution comprising 6.0%wt NaOH, 4.0%wt urea, and 90.0 %wt filtered water was prepared. A homogeneous blend of cellulose (raw or pretreated) and CMC was included into this solution. The concentration of cellulose in the suspension was adjusted as 10.0-90.0%, 30.0-70.0% and 50.0-50.0% by weight ensuring the total mass of the hydrogel remained below 5.0 grams. A mechanical mixer operating at 200 rpm was run for 10 minutes to homogenize the prepared suspension, then it was left to freeze at -20°C for 12 hours. The frozen substance was allowed to thaw and homogenized using IKA Ultraturrax at 10000 rpm for 15 minutes. At the end of this homogenization process, cellulose-CMC solution was obtained.

In the subsequent step, 25.0 ml of ECH and 25.0 ml of ammonium hydroxide (NH_4OH) were added to the solution for the crosslinking reaction. The reaction was carried out at 40°C for 4 hours. After the time, the hydrogel was immersed in ethyl alcohol to conclude the crosslinking procedure. The hydrogel was subsequently rinsed with deionized water using a 150-mesh screen.

2.2.2.2. Hydrogel synthesis using citric acid

Unlike the ECH hydrogel synthesis, this was carried out in a single step. Cellulose (raw or pre-treated) was dispersed in some deionized water with a mechanical mixer running at 200 rpm for 10 min. CMC was added to the pulp suspension and vigorously mixed using an IKA Ultraturrax at 15000 rpm for 15 min. The concentration of cellulose in the suspension was adjusted as 10.0-90.0%, 30.0-70.0% and 50.0-50.0% by weight ensuring the total mass of the hydrogel remained below 5.0 grams. The suspension of cellulose and CMC was diluted with deionized water to a concentration of 2.0%wt, followed by the addition of 5.0%wt citric acid to the total mass. The resulting high viscosity mixture was poured into a beaker and kept at 30°C for 24 hours until the water was removed. To complete the cross-linking reaction, it was kept in a water bath at 80°C for 24 hours. After the time, the hydrogel was immersed in ethyl alcohol to conclude the crosslinking procedure. The hydrogel was subsequently rinsed with deionized water using a 150-mesh screen.

2.2.3. Characterization of Hydrogels

2.2.3.1. Determination of Swelling Properties

Hydrogels are often favored in fields such as biomedicine, hygiene products and diapers because of their superior liquid absorption ability. This ability is often determined by measuring the change in weight after immersion in liquids with different properties. In this study, pH 2, 7 and 10 solutions and the different salt solutions including NaCl, KCl, $MgCl_2$ and NH_4Cl were used to swelling tests. Each salt solution was formulated at a concentration of 0.9%. Each salt (0.9 g) was diluted with water to a final volume of 100 ml. A hydrogel sample with an exact dry weight was fully immersed in a container containing the appropriate solution. The sample was kept in the liquid for 12 hours at room temperature. At the end of the time, excess liquid was removed from the sample. The rates of liquid absorption and swelling of the hydrogels were determined using the following formula:

$$\text{Liquid uptake (\%)} = m_1 - m_0 \quad (1)$$

$$\text{Swelling rate (\%)} = (m_1 - m_0) * 100/m_0 \quad (2)$$

Here, it presents the mass of the hydrogel after immersion (m_1), while the mass of the sample before immersion is expressed by (m_0).

2.2.3.2. Chemical Characterization

Based on the study by Erişir and Gümüşkaya (2024a), samples were prepared prior to FTIR spectroscopy analysis. For this purpose, the hydrogel samples were carefully ground in a Wiley mill. KBr-disks of the milled hydrogels were prepared before measurement. IR measurements of the samples were performed with a Schimadzu IRPrestige-21 instrument supported by a PIKE MIRacle ATR instrument. An operating range ranging from 4000 to 400 cm^{-1} was used in the spectral examination and the spectral resolution was set to 4 cm^{-1}. The measurements were obtained from the hydrogel samples that gave the highest swelling rate in each experimental group.

2.2.3.3. Morphological Characterization

The evaluations were performed on the hydrogel samples that exhibited the maximum swelling rate in each experimental group. The samples were studied using Jeol JSM-6060 and Zeiss Evo LS-10 electron microscopes at magnifications of 250X and 1000X. The operating voltage used for imaging was 5 - 15 kV. To assess the surface characteristics of the hydrogels, the samples were gold coated prior to imaging.

2.2.3.4. Thermal Characterization

The thermal characteristics of hydrogels were established according to the research conducted by Erişir and Gümüşkaya (2024b). Before measurement, the air-dried materials were ground up in a Wiley mill and subsequently fractionated with 40 and 60-mesh sieves. The fraction of the samples retained on the 40-mesh sieve was utilized for thermal analysis. For each measurement, about 5-7 mg of the sample was placed in disposable aluminum crucibles. The thermal transformations of each hydrogel at different temperatures were monitored using a Netzsch DSC 200F3-Maia instrument. Measurements were conducted within a temperature range of 20-500°C, employing a heating rate of 10°C/min and a nitrogen flow rate of 30 ml/min. Each measurement was conducted three times, and the NETZCH Proteus Thermal Analysis software was employed to compute the average of the values obtained. Measurements were taken from the hydrogel samples exhibiting the maximum swelling rate in each experimental group.

3. Results and Discussion

CMC-based hydrogels exhibit problems related to dissolution and dispersion in various liquids. This study examined the impact of cellulose reinforcement on hydrogel performance to reduce the problems arising from low gelation resistance, particularly under pressure. Prior studies indicate that the liquid absorption capacity of the hydrogel increases with the concentration of CMC, which is attributed to the ionic groups of the sodium salt (Esposito et al., 1996). In other words, increasing the cellulose content in the hydrogel decreases its liquid absorption capacity. On the other hand, Lindström and Carlsson (1982) observed that the water absorption capacity of Kraft fibers increased as the pH level shifted from acidic to alkaline. Comparable results were observed for cellulose-reinforced copolymer hydrogels utilizing both ECH and CA as crosslinking agents (Figures 1 and 2). These findings suggest that pH level plays a significant role in the water absorption properties of materials incorporating cellulose fibers.

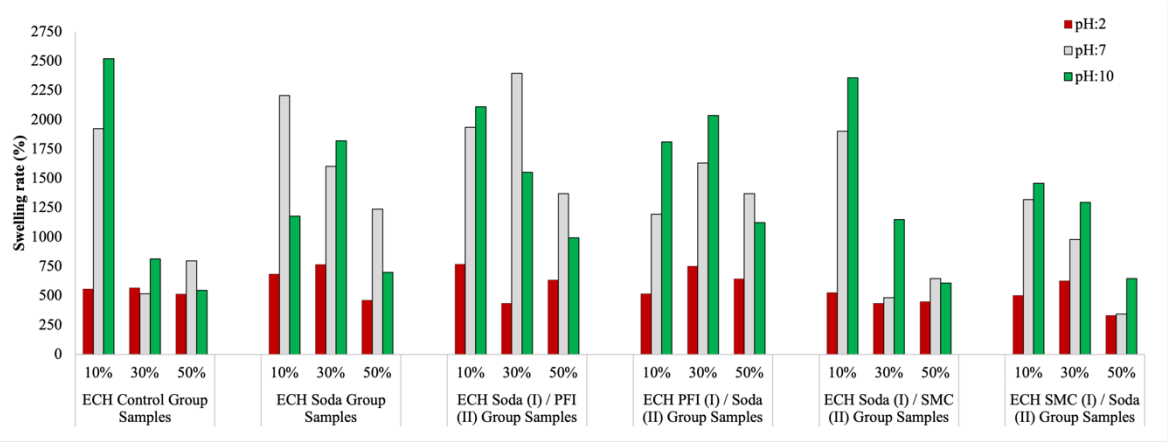


Figure 1. The changes in swelling ratios of CMC copolymer hydrogels reinforced with cellulose using ECH as crosslinker in liquids with different pH values.

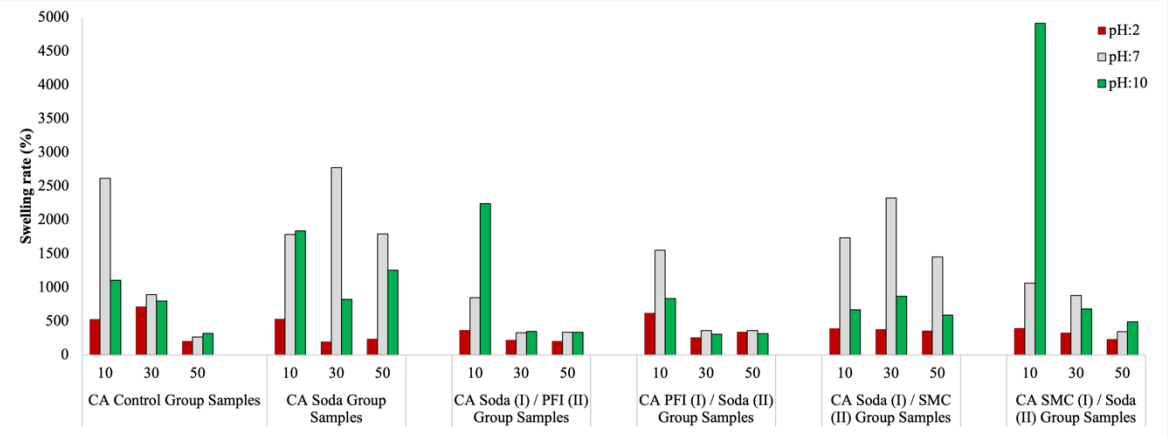


Figure 2. The changes in swelling ratios of CMC copolymer hydrogels reinforced with cellulose using CA as crosslinker in liquids with different pH values.

In certain groups of samples (e.g., ECH Soda 30%, ECH PFI(I)/Soda(II) 30%, CA Soda(I)/SMC(II) 30%), pretreatments positively influenced swelling results. It also indicates that the hydrogel's swelling performance in liquids is less influenced by cellulose reinforcement than in the control group. The incorporation of nanocellulose in the hydrogel adversely affects absorbency performance (Hubbe et al., 2013), while enhancing the mechanical strength of the gel (Spagnol et al., 2012). This phenomenon is attributed to the influence of nanoscale cellulosic particles acting like a binding agent (Karaaslan et al., 2011).

The comparison of copolymer hydrogels crosslinked with ECH in liquids of varying pH values revealed that they typically outperformed those crosslinked with CA. Notably, the most significant finding across all sample groups was identified in the CMC copolymer hydrogel (Citric acid SMC (I)/Soda(II) 10% cellulose reinforced) that was crosslinked with citric acid and reinforced with cellulose, which underwent moderate soda oxidation following mechanical treatment with a supercolloider at pH 10. This sample group demonstrated the capability to absorb up to approximately 50 times its initial mass. A study conducted by Esposito et al. (1996) established that this value may reach up to 400 times per gram of hydrogel.

The diluted solutions containing chloride salts of sodium, potassium, magnesium, and ammonium play a crucial role in the effective management of liquid waste categorized as medical and hazardous in healthcare settings. The effectiveness of the hydrogel employed to inhibit the spread of contamination becomes a critical consideration for public health when such liquids are accidentally released to any surface. The performance analysis of copolymer hydrogels in dilute saline solutions (Figures 3 and 4) indicates that the choice of crosslinker is crucial. The capacity of hydrogels to absorb liquids when using ECH as a crosslinker is notably greater than that of those synthesized with CA.

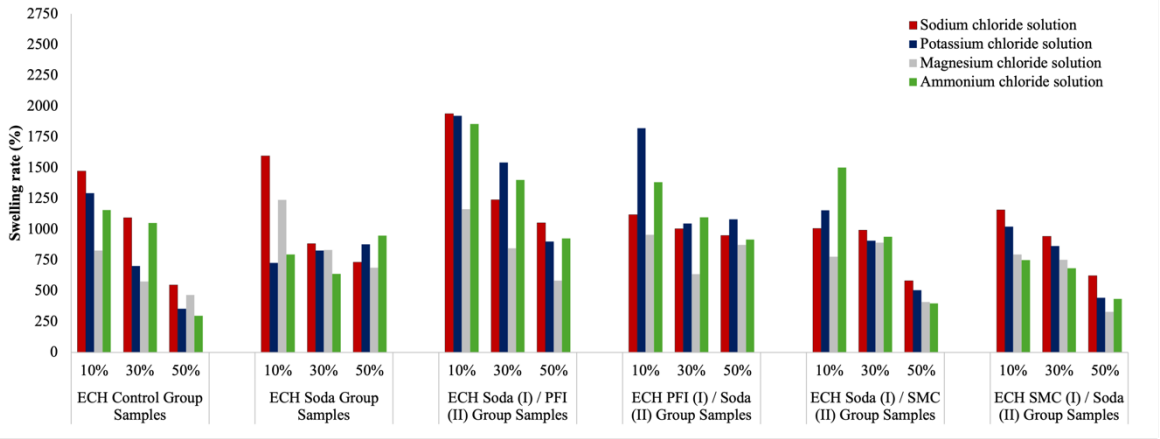


Figure 3. The changes in swelling ratios of CMC copolymer hydrogels reinforced with cellulose using ECH as crosslinker in various saline liquids.

In this study, it is projected that using the technique of mechanical and alkaline oxidation pretreatments to cellulose will result in modifications in the cellulose chain and potentially affect functional groups. This may lead to the formation of carboxylic acids, aldehydes, and ketones, which are expected to enhance the reactivity of the cellulose chain. FT-IR spectroscopy is crucial for identifying these functional groups. The spectrometry results for unreinforced and reinforced copolymer hydrogels are displayed individually in Figures 5 and 6, categorized by the type of crosslinker utilized.

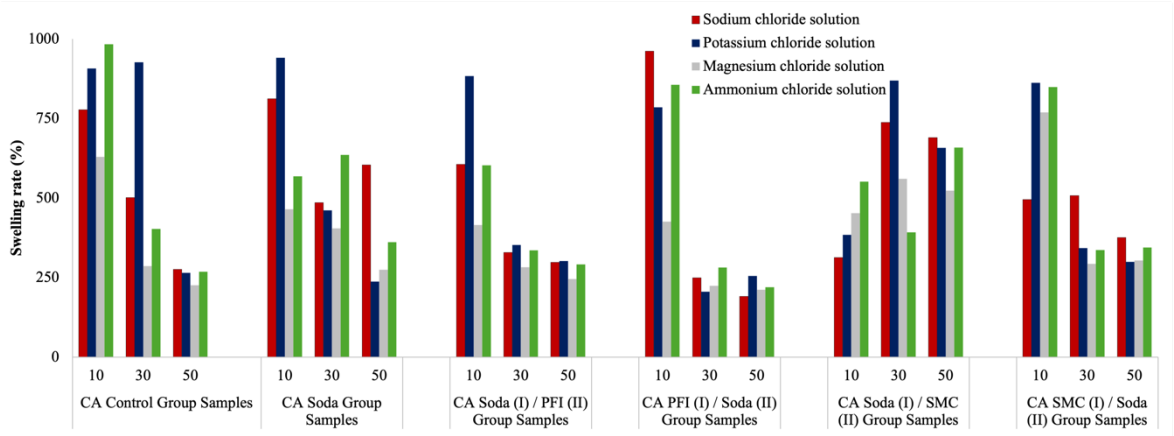


Figure 4. The changes in swelling ratios of CMC copolymer hydrogels reinforced with cellulose using CA as crosslinker in various saline liquids.

During the FTIR spectroscopic analysis, only the samples with the most significant swelling values were chosen from each group, instead of assessing all samples. The FTIR analysis of the copolymer hydrogels provided insights into the crosslinking reaction, hydrogen bonding interactions, and the performance variations among the hydrogels. The peak observed at 1041 cm^{-1} corresponds to the -C-O- functional group and indicates a correlation between the degree of crosslinking and the structural framework of the hydrogel

(Cui et al., 2019; Kundu et al., 2022). The reduction in signal intensity suggests that the polymers within the hydrogel framework have been effectively crosslinked through chemical means (Zhao et al., 2016). The bands noted in the 1020 to 1160 cm^{-1} range are linked to C-OH stretching vibrations on CMC (Wang et al., 2017). The peak with a shoulder around 1320 cm^{-1} is associated with OH groups present in CMC (Qiu and Yu, 2008).

Another observation is the intensity noted in the 3000-3600 cm^{-1} band of the samples, which is attributed to -OH groups (Buhus et al., 2009; Kurtuluş et al., 2024). For both crosslinkers, it is evident that the band intensity in this range, indicative of OH groups, diminished with copolymerization of cellulose and CMC. With the mechanical and chemical treatments applied to cellulose, the intensity of the bands was clearly reduced. Overall, it is observed that the intensity diminishes more consistently across the entire band range as a result of the refining process with SMC.

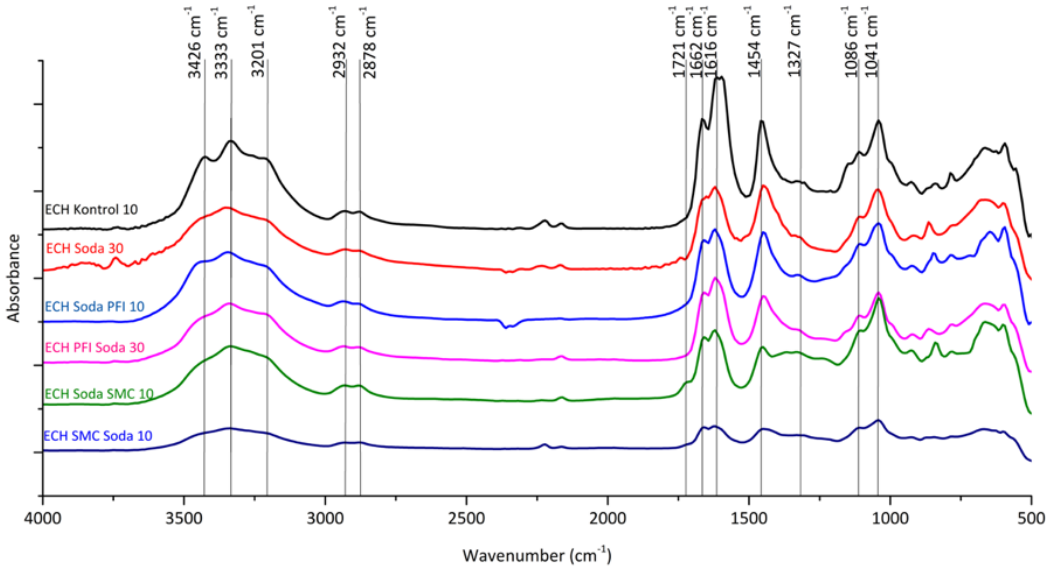


Figure 5. FTIR spectra of hydrogels synthesized through copolymerization with ECH.

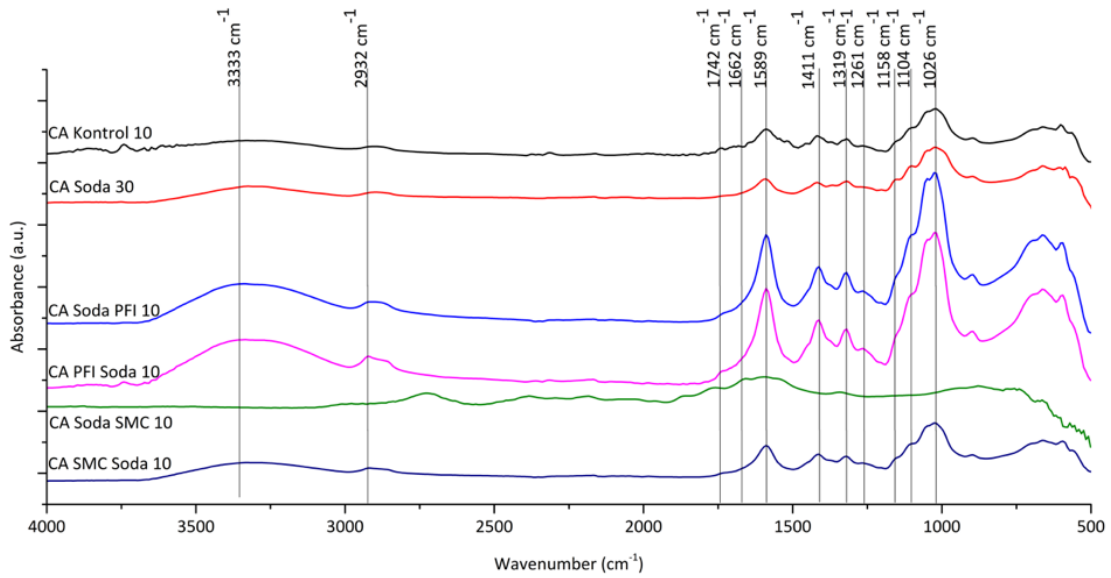


Figure 6. FTIR spectra of hydrogels synthesized through copolymerization with CA.

This phenomenon can be attributed to the physical cutting of the fibers, which are reduced to smaller sizes during the refining process with SMC (Motaung and Mokhotu 2016). Thus, the surface area of the fibers expands, leading to greater exposure of OH^- groups, which enhances bonding and consequently results in a decrease in the intensity of the obtained bands. The characteristic vibrations at approximately 1614, 1596, and 1450 cm^{-1} are ascribed to the COO- groups of CMC (Ma et al., 2007; Seki et al., 2014; Uyanga and Daoud 2021), indicating a correlation between the intensity of these peaks and the increased water absorption of the hydrogel (Barbucci et al., 2000). In the FTIR spectra of hydrogels synthesized via ECH, the band at 1660 cm^{-1} overlaps with the bands near 1614 cm^{-1}. The band observed in the region of 1700-1750 cm^{-1} is ascribed to ester groups (-C=O) (Kumar et al., 2019; Büyüküstün et al., 2025) and is not present in the spectra of cellulose and CMC (Seki et al., 2014).

Figure 7 displays the surface images of the copolymer hydrogels exhibiting the most significant swelling behavior. Upon evaluating the type of crosslinker utilized, it becomes evident that the surface regions of the hydrogels synthesized with CA exhibit a more closed structure. This clarifies how the swelling behavior in liquids differs, depending on the specific type of crosslinker used. Cracks and pores are clearly visible on the surface of the hydrogels produced with ECH. Previous studies have indicated that the capacity of hydrogels to absorb liquids rises as the surface area expands, attributed to the increase in pore quantity (Nasution et al., 2022). This suggests that the duration needed for the same volume of absorbed liquid will be reduced. A film that fully covers the surface is observed on the hydrogels synthesized using the crosslinking properties of CA. As the surface area and

diffusion rate diminishes the liquid can slowly infiltrate from the exterior to the core. It is believed that the absorption of the liquid diminishes once the swelled hydrogel layer is established and fully envelops the surface (Hubbe et al., 2013).

In the images of hydrogel samples with CA examined at 1kx magnification, cellulosic fibers were clearly observable, but in the samples synthesized with ECH, they remained undetectable even at 10kx magnification. Moreover, as a result of the mechanical treatments applied to the samples, the compressed fibers can be observed in the images.

Similarly, SEM images of the CA Soda SMC 10 sample, which attracts attention with its superior liquid absorption capacity, show that the fibers are dispersed with a decrease in length compared to other samples. The effect of SMC, utilized in the production of microfibril cellulose and nanofibril cellulose, is anticipated. The PFI refining process demonstrated a notable decrease in the number of selectable fibers in comparison to the SEM images of the control group and the hydrogels including cellulose that underwent only alkali oxidation pretreatment.

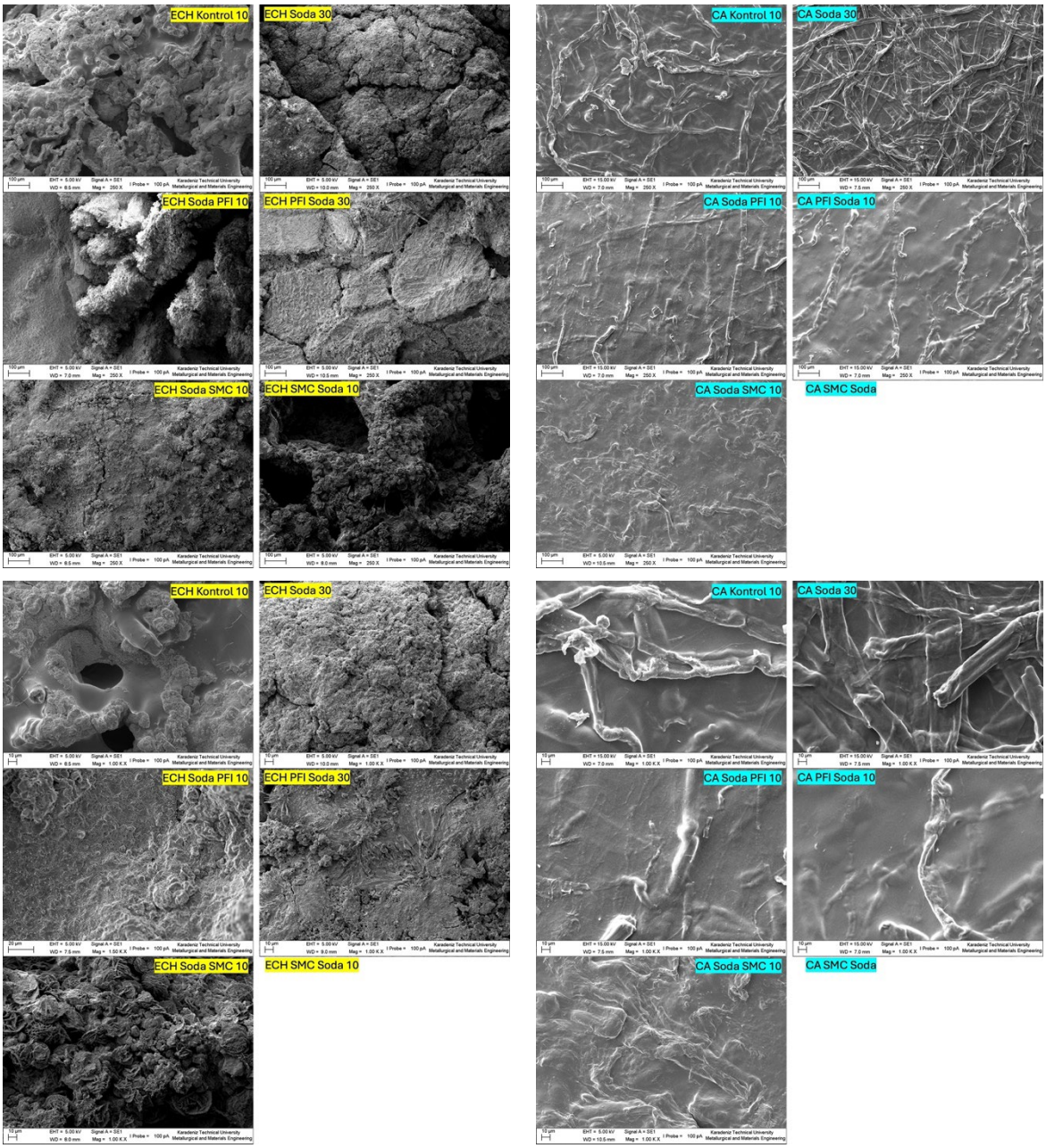


Figure 7. SEM images of hydrogels (250X magnification in the top row, 1000X magnification in the bottom row).

The thermal characteristics of the synthesized hydrogels were analyzed through DSC, and the resulting thermograms are presented in Figure 8. Thermal analysis was performed on the samples demonstrating the highest swelling rate. The energy absorption of the ECH PFI Soda 30 sample was determined to be superior to the other samples. The crystallinity of cellulose exceeds that of CMC crystallinity (He et al., 2009). Earlier studies indicate that crystalline regions function as obstacles in the process of heat transfer (Das et al., 2021). Based on these facts, it is reasonable to conclude that the energy absorption of the ECH PFI Soda 30 sample outperforms the other samples. Conversely, as illustrated in Figure

8, a different scenario was noted in the CA Soda 30 sample, which is one of the hydrogels created through crosslinking with CA.

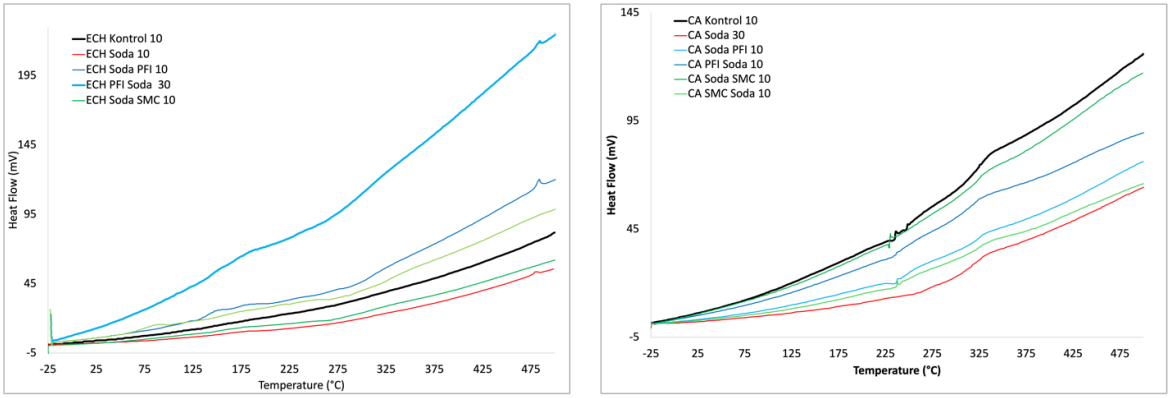


Figure 8. Thermograms from differential scanning calorimetry of hydrogels produced using ECH (left) or CA (right).

CA exhibits a notably lower performance as a crosslinking agent compared to ECH (Nasution et al., 2022). It was known that the crosslinking ratio influences thermal stability and various other properties (Bigi et al., 2001). Furthermore, CA has an adverse impact on the primary chains of cellulose polymers because of its acidic characteristics (Golor et al., 2020). Figure 8 distinctly illustrates that hydrogels begin to deteriorate around 225°C, accompanied by a reduction in energy absorption resulting from these adverse effects. No degradation changes were observed in the samples created under the influence of ECHin crosslinking.

4. Results

This study investigated the effect of cellulose reinforcement on the performance of CMC-based hydrogels to eliminate or reduce the problems caused by low gelation resistance, especially under pressure. Previous research shows that the liquid uptake capacity of the hydrogel increases with CMC concentration and decreases with cellulose concentration.

It was observed that there was a clear relationship between the cellulose content in the hydrogel content and the liquid absorption performance in accordance with previous studies. On the other hand, it was observed that the performance of cellulose as an additive can be slightly increased by the processes applied to cellulose. In summary, the effects of oxidation in alkaline environment without mechanical pretreatment were limited.

The overall performance properties of ECH crosslinked copolymer hydrogels were higher than those of hydrogels crosslinked by CA. In SEM images, hydrogels crosslinked with CA exhibited fewer pores and cracks, which explains the lower performance of the

samples synthesized with this agent, especially the liquid uptake and swelling rate. However, the most remarkable finding among all sample groups was obtained with CMC copolymer hydrogel (CA SMC (I)/Soda (II) 10% cellulose reinforced) crosslinked with CA. In pH 10 liquid, this sample was able to absorb up to 50 times its mass of liquid. This value is comparable to that of superabsorbent (Hubble et al., 2013).

IR spectroscopic investigations provided insight into the cross-linking reaction, hydrogen bonding interactions and performance differences between the hydrogels. The characteristic vibrations in the region around 1614, 1596 and 1450 cm^{-1} are attributed to the COO^- groups of CMC and the decrease in the intensity of these bands is associated with crosslinking. In the SEM images, the changes occurring in the fibers were more clearly observed in the film-like structure of the hydrogels crosslinked by CA. In addition, the number of fibers that can be observed in the SEM images of these samples was significantly reduced in the mechanically treated samples. Also, it was observed from the SEM images that the effect of refining with PFI was less than that of refining with SMC. In the SEM images of ECH cross-linked hydrogels, it was observed that the samples had a sponge-like structure and there was a relationship between this structure, which facilitated the liquid penetration of the hydrogel, and the liquid uptake and swelling performance. The thermal stability of the hydrogels was investigated using DSC and it was observed that there was a relationship between the energy absorption of crosslinking agent samples and cellulose concentration. On the other hand, the effects of citric acid on cellulosic polymers due to its nature were found to have an impact on thermal stability.

Although the effects of chemical and mechanical treatments on cellulose have already been studied in the literature, it is recommended that future studies include crystallographic analyses to better understand the effects of hydrogels on performance parameters.

Acknowledgements

The Authors wish to thanks to The Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) for financial support (Project No: 215O313).

References

Barbucci, R., Magnani, A., & Consumi, M. (2000). Swelling behavior of carboxymethylcellulose hydrogels in relation to cross-linking, pH, and charge density. *Macromolecules, 33*(20), 7475-7480.

Bigi, A., Cojazzi, G., Panzavolta, S., Rubini, K., & Roveri, N. (2001). Mechanical and thermal properties of gelatin films at different degrees of glutaraldehyde crosslinking. *Biomaterials, 22*(8), 763-768.

Buhus, G., Peptu, C., Popa, M. I., & Desbrières, J. (2009). Controlled release of water soluble antibiotics by carboxymethylcellulose- And gelatin-based hydrogels crosslinked with epichlorohydrin. *Cellulose Chemistry and Technology, 43*, 141-151.

Büyüküstün, A. D., Erişir, E., & Gümüşkaya, E. (2025). Swelling capacity in carboxymethylcellulose-cellulose hybrid hydrogels: The effects of oxidation with zinc chloride and refining on cellulose used as reinforcement. *Drewno*, *68*(215), 1-11.

Cabiac, A., Guillon, E., Chambon, F., Pinel, C., Rataboul, F., & Essayem, N. (2011). Cellulose reactivity and glycosidic bond cleavage in aqueous phase by catalytic and non catalytic transformations. *Applied Catalysis A-general, 402*(1-2), 1-10.

Chen, Y., Wang, Y., Wan, J., & Ma, Y. (2010). Crystal and pore structure of wheat straw cellulose fiber during recycling. *Cellulose, 17*(2), 329-338.

Cui, X., Lee, J. J., & Chen, W. N. (2019). Eco-friendly and biodegradable cellulose hydrogels produced from low cost okara: towards non-toxic flexible electronics. *Scientific Reports, 9*(1), 14851.

Das, D., Prakash, P., Rout, P. K., & Bhaladhare, S. (2021). Synthesis and characterization of superabsorbent cellulose-based hydrogel for agriculture application. *Starch – Stärke, 73*(1-2), 1900284.

Eldin, M. S., Omer, A. M., Soliman, E. A., & Hassan, E. A. (2013). Superabsorbent polyacrylamide grafted carboxymethyl cellulose pH sensitive hydrogel: I. Preparation and characterization. *Desalination and Water Treatment, 51*(16-18), 3196-3206.

Erişir, E., & Gümüşkaya, E. (2024a). Acetylation of cellulose in ethyl acetate: characterization and thin film applications. *Journal of Wood Chemistry and Technology, 44*(4), 228-243.

Erişir, E., & Gümüşkaya, E. (2024b). Selüloz asetat üretimi için çevre dostu bir çözücü seçeneği: Etil laktat. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 26*(3), 271-283.

Esposito, F., Del Nobile, M. A., Mensitieri, G., & Nicolais, L. (1996). Water sorption in cellulose-based hydrogels. *Journal of Applied Polymer Science, 60*(13), 2403-2407.

Fekete, T., Borsa, J., Takács, E., & Wojnárovits, L. (2014). Synthesis of cellulose derivative based superabsorbent hydrogels by radiation induced crosslinking. *Cellulose, 21*(6), 4157-4165.

Feng, S., Liu, F., Guo, Y., Ye, M., He, J., Zhou, H., Liu, L., Cai, L., Zhang, Y., & Li, R. (2021). Exploring the role of chitosan in affecting the adhesive, rheological and antimicrobial properties of carboxymethyl cellulose composite hydrogels. *International Journal of Biological Macromolecules, 190*, 554-563.

Godiya, C. B., Cheng, X., Li, D., Chen, Z., & Lu, X. (2019). Carboxymethyl cellulose/polyacrylamide composite hydrogel for cascaded treatment/reuse of heavy metal ions in wastewater. *Journal of Hazardous Materials, 364*, 28-38.

Golor, M. M., Rosma, D., Santoso, S. P., Soetaredjo, F. E., Yuliana, M., Ismadji, S., & Ayucitra, A. (2020). Citric acid-crosslinked cellulosic hydrogel from sugarcane bagasse: Preparation, characterization, and adsorption study. *Journal of Indonesian Chemical Society, 3*(1), 59-67.

He, X., Wu, S., Fu, D., & Ni, J. (2009). Preparation of sodium carboxymethyl cellulose from paper sludge. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 84*(3), 427-434.

Hubbe, M. A., Ayoub, A., Daystar, J. S., Venditti, R. A., & Pawlak, J. J. (2013). Enhanced absorbent products incorporating cellulose and its derivatives: A review. *BioResources, 8*(4), 6276-6388.

Karaaslan, M. A., Tshabalala, M. A., Yellei, D. J., & Buschle-Diller, G. B. (2011). Nanoreinforced biocompatible hydrogels from wood hemicelluloses and cellulose whiskers. *Carbohydrate Polymers, 86*(1), 192-201.

Kelly, J. A., Shukaliak, A. M., Cheung, C. C., Shopsowitz, K. E., Hamad, W. Y., & MacLachlan, M. J. (2013). Responsive photonic hydrogels based on nanocrystalline cellulose. *Angewandte Chemie, 125*(34), 9056-9059.

Knill, C. J., & Kennedy, J. F. (2003). Degradation of cellulose under alkaline conditions. *Carbohydrate Polymers, 51*(3), 281-300.

Kumar, B., Sauraj, & Negi, Y. S. (2019). To investigate the effect of ester-linkage on the properties of polyvinyl alcohol/carboxymethyl cellulose based hydrogel. *Materials Letters, 252*, 308-312.

Kundu, R., Mahada, P., Chhirang, B., & Das, B. (2022). Cellulose hydrogels: Green and sustainable soft biomaterials. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry, 5*, 100252.

Kurtuluş, O. Ç., Ondaral, S., Emin, N., & Kadak, A. E. (2024). Bioaerogels produced from tempo oxidized nano cellulose with chitosan, gelatin, and alginate: general performances for wound dressing application. *Cellulose, 31*, 1673-1689.

Laine, C., Wang, X., Tenkanen, M., & Varhimo, A. (2004). Changes in the fiber wall during refining of bleached pine kraft pulp. *Holzforschung, 58*(3), 233-240.

Li, J., Fang, L., Tait, W. R., Sun, L., Zhao, L., & Qian, L. (2017). Preparation of conductive composite hydrogels from carboxymethyl cellulose and polyaniline with a nontoxic crosslinking agent. *RSC Advances, 7*(86), 54823-54828.

Li, Q., Ma, Z., Yue, Q., Gao, B., Li, W., & Xu, X. (2012). Synthesis, characterization and swelling behavior of superabsorbent wheat straw graft copolymers. *Bioresource Technology, 118*, 204-209.

Liebert, T.F. (2010). Cellulose solvents - Remarkable history, bright future. In: Liebert, T.F., Heinze, T.J., Edgar, K.J. (eds) *Cellulose Solvents: For Analysis, Shaping and Chemical Modification*, 1st ed. AS Publishing, pp. 3-54.

Lindström, T., & Carlsson, G. (1982). The effect of carboxyl groups and their ionic form during drying on the hornification of cellulose fibers [pH, paper properties, tensile strength, swelling]. *Svensk Papperstidning (Sweden), 85*(15), R146-R151.

Ma, J., Xu, Y., Fan, B., & Liang, B. (2007). Preparation and characterization of sodium carboxymethylcellulose/poly(N-isopropylacrylamide)/clay semi-IPN nanocomposite hydrogels. *European Polymer Journal, 43*(5), 2221-2228.

Milanovic, J. Z., Kostić, M. M., & Škundrić, P. (2012). Structure and properties of tempo-oxidized cotton fibers. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 18*(3), 473-481.

Motaung, T. E., & Mokhothu, T. H. (2016). The influence of supermasscolloider on the morphology of sugarcane bagasse and bagasse cellulose. *Fibers and Polymers, 17*(3), 343-348.

Nasution, H., Harahap, H., Dalimunthe, N. F., Ginting, M. H., Jaafar, M., Tan, O. O., Aruan, H. K., & Herfananda, A. L. (2022). Hydrogel and effects of crosslinking agent on cellulose-based hydrogels: A review. *Gels, 8*(9), 568.

O-chongpian, P., Na Takuathung, M., Chittasupho, C., Ruksiriwanich, W., Chaiwarit, T., Baipaywad, P., & Jantrawut, P. (2021). Composite nanocellulose fibers-based

hydrogels loading clindamycin HCl with Ca2+ and citric acid as crosslinking agents for pharmaceutical applications. *Polymers, 13*(23), 4102.

Qiu, H., & Yu, J. (2008). Polyacrylate/(carboxymethylcellulose modified montmorillonite) superabsorbent nanocomposite: Preparation and water absorbency. *Journal of Applied Polymer Science, 107*(1), 118-123.

Ren, H., Gao, Z., Wu, D., Jiang, J., Sun, Y., & Luo, C. (2016). Efficient Pb(II) removal using sodium alginate-carboxymethyl cellulose gel beads: Preparation, characterization, and adsorption mechanism. *Carbohydrate Polymers, 137*, 402-409.

Seki, Y., Altinisik, A., Demircioğlu, B., & Tetik, C. (2014). Carboxymethylcellulose (CMC)–hydroxyethylcellulose (HEC) based hydrogels: Synthesis and characterization. *Cellulose, 21*(3), 1689-1698.

Spagnol, C., Rodrigues, F. H., Pereira, A. G., Fajardo, A. R., Rubira, A. F., & Muniz, E. C. (2012). Superabsorbent hydrogel nanocomposites based on starch-g-poly(sodium acrylate) matrix filled with cellulose nanowhiskers. *Cellulose, 19*(4), 1225-1237.

Su, C., Liu, J., Yang, Z., Jiang, L., Liu, X., & Shao, W. (2020). UV-mediated synthesis of carboxymethyl cellulose/poly-N-isopropylacrylamide composite hydrogels with triple stimuli-responsive swelling performances. *International Journal of Biological Macromolecules, 161*, 1140-1148.

Uyanga, K. A., & Daoud, W. A. (2021). Green and sustainable carboxymethyl cellulose-chitosan composite hydrogels: Effect of crosslinker on microstructure. *Cellulose, 28*(9), 5493-5512.

Wang, L., & Wang, M. (2016). Removal of heavy metal ions by poly(vinyl alcohol) and carboxymethyl cellulose composite hydrogels prepared by a freeze–thaw method. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 4*(5), 2830-2837.

Wang, Z., Ning, A., Xie, P., Gao, G., Xie, L., Li, X., & Song, A. (2017). Synthesis and swelling behaviors of carboxymethyl cellulose-based superabsorbent resin hybridized with graphene oxide. *Carbohydrate Polymers, 157*, 48-56.

Zhao, D., Huang, J., Zhong, Y., Li, K., Zhang, L., & Cai, J. (2016). High-strength and high-toughness double-cross-linked cellulose hydrogels: A new strategy using sequential chemical and physical cross-linking. *Advanced Functional Materials, 26*(34), 6279-6287.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 193-209
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1696443

Yaş Dostu Kriterler Bağlamında Erişilebilir Mekan Analizi: Antalya Havalimanı Örneği*

Accessibility Analysis of a Space within the Framework of Age-Friendly Criteria: The Case of Antalya Airport

Seadet Özgü TURAL[1], Tahsin YILMAZ[1]

Özet

Bu çalışma; Antalya Havalimanı dış hatlar terminali zemin katını, yaş dostu tasarım kriterleri çerçevesinde erişilebilirlik açısından değerlendirmektedir. Yaşlanma olgusu, fiziksel çevrelerin tüm yaş grupları için kapsayıcı ve erişilebilir olması gerekliliğini gündeme getirmiştir. Çalışmada, Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen yaş dostu mekân kriterleri temel alınarak havalimanı terminalleri; mekân dizimi analizi yöntemi ve fraktal boyut kutu sayma yöntemi yardımıyla incelenmiştir. Literatür taraması ve mekânsal değerlendirme yöntemleri kullanılarak yapılan analizler, Antalya Havalimanı'nın bazı alanlarda yaş dostu standartlar bakımından uygunluk göstermediğini ve yönlendirme sistemleri, fiziksel erişim kolaylığı, dinlenme alanları gibi noktaların iyileştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Çalışma, yaş dostu tasarımın kamusal alanlarda uygulanabilirliğine yönelik farkındalık yaratmayı ve mekânsal adaletin sağlanmasına katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yaş dostu, Erişilebilirlik, Mekân dizimi, Fraktal boyut

Abstract

This study evaluates the ground floor of the international terminal at Antalya Airport in terms of accessibility within the framework of age-friendly design criteria. The phenomenon of aging has emphasized the necessity for physical environments to be inclusive and accessible for all age groups. In this study, airport terminals were examined based on the age-friendly space criteria defined by the World Health Organization, utilizing Space Syntax analysis and the box-counting method for calculating fractal dimension. Literature review, and spatial evaluation techniques, the findings revealed that certain areas of Antalya Airport do not fully comply with age-friendly standards. Improvements are needed particularly in wayfinding systems, ease of physical access, and resting areas. The study aims to raise awareness about the applicability of age-friendly design in public spaces and contribute to the promotion of spatial justice.

Keywords: Age-friendly, Accessibility, Space Syntax, Fractal Dimension

Geliş Tarihi: 09.05.2025, Düzeltme Tarihi: 28.05.2025, Kabul Tarihi: 30.05.2025
Adres: [1]Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
E-mail: 202051030001@ogr.akdeniz.edu.tr
*Bu çalışma birinci yazarın, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda yapmış olduğu doktora tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

İlk varoluştan bu yana, dünyanın değişimi ve gelişimi insan odaklı süregelmiştir. Başlarda yaşam mücadelesi hedefiyle şekillenen organizasyonlar ilerleyen süre zarfında, yaşam kültüründe meydana gelen değişimler nedeniyle estetik kaygılar ve konfor ihtiyacı çerçevesinde evrilmiştir. Biyolojik yapısını sürdürebilmek için insan, diğer insanlarla bir arada bulunmak zorundadır. Ancak o toplum içinde olduğu sürece yaşayabilir. Bu nedenle, insan aynı zamanda da toplumsal bir varlıktır (Çüçen, 2003). İnsan sadece yaşayan bir varlık değildir. O aynı zamanda iyi yaşamayı arzulayan bir varlıktır (Akkağıt, 2022).

İnsanı mekân ile etkileşiminde mekânı tanımlayan bir öğe aynı zamanda içinde yaşayan bir organizma olarak ele almak mümkündür (Kahraman, 2014). Mekân tasarımı, bireylerin fiziksel çevreyle olan ilişkisini yönlendiren temel bir disiplindir.

Tasarım yalnızca estetik veya işlevsel bir çerçevede değil, aynı zamanda toplumsal kapsayıcılığı ve yaşam kalitesini artıran bir araç olarak ele alınmaktadır. Özellikle kentleşmenin hızla arttığı günümüzde, bireylerin yaşadığı çevrelerle kurduğu ilişki yalnızca mimari yapılarla değil, bu yapıların çevresel bileşenleriyle de doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, insan-mekân etkileşiminin zamanla dönüşerek mekân-insan odaklı bir yaklaşıma evrilmesi, tasarımcıları tüm yaş gruplarına uygun çözümler üretmeye yönlendirmiştir (Steinfeld ve Maisel, 2012). Bu prensipler yalnızca açık alanlarda değil, kalabalık ve yön bulması zor olan iç mekânlar için de kritik öneme sahiptir.

Havalimanları bireyler için hem fiziksel hem zihinsel açıdan zorlu geçiş mekânlarıdır. Geniş hacimli iç mekânlar, uzun yürüme mesafeleri, karmaşık yönlendirme sistemleri, zaman baskısı ve yetersiz oturma alanları özellikle yaşlı bireylerin erişimini ve konforunu sınırlandırmaktadır. Özellikle Antalya Havalimanı gibi yüksek yolcu yoğunluğuna sahip ve yıl boyunca sürekli kullanılan uluslararası terminallerde, bu zorluklar daha da belirginleşmektedir. Ancak Türkiye'de havalimanlarının yaş dostu tasarım kriterleri bağlamında değerlendirilmesine yönelik çalışmalar sınırlıdır. Var olan araştırmalar ise çoğunlukla; genel yolcu memnuniyeti, mimari planlama ya da operasyonel süreçler üzerinden şekillenmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre yaş dostu tasarım, yaşlı bireylerin fiziksel, sosyal ve ekonomik çevreye aktif katılımını teşvik eden, sağlıklarını ve refahlarını destekleyen bir yaklaşımdır (WHO, 2007). Yaş dostu tasarımlar ayrıca; evrensel tasarım ilkeleri çerçevesinde, tüm bireylerin yaş ve yeti farklılıklarına bakmaksızın çevreden eşit şekilde yararlanabilmesini sağlayan duyarlı sistemlerdir (Australian Government, 2010).

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) 2007 yılında yayımladığı "Global Age-friendly Cities: A Guide" adlı kılavuza göre; açık alanlar ve binalar, ulaşım, konut alanlarının tamamı erişilebilir ve güvenilir olmalıdır. Toplumsal katılımın sağlandığı sosyal faaliyetlerin düzenlenmesi, saygılı davranışların ve sosyal katılımın sağlanması, istihdamın sağlanması, iletişim ve bilgi akışının sağlanması, destek ve sağlık hizmetlerinin verilmesi konuları da kılavuz kapsamındadır. Bu bağlamda, bu çalışma Antalya Havalimanı dış hatlar terminalinin zemin katında yürütülmüştür. Terminalin kullanıcılar açısından yaş dostu olup olmadığı, space syntax (mekân dizimi) yöntemi ve fraktal boyut kutu sayma yöntemi üzerinden analiz edilmiştir. Bu yöntemler, mekânın biçimsel yapısının kullanıcı davranışları üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlar. Özellikle karmaşık yapılı terminallerde, bu tür hesaplamalar kullanıcı deneyimini anlamada ve yaş dostu tasarım kararları üretmede etkili bir temel sağlar (Hillier ve Hanson, 1984; Batty ve Longley, 1994).

Bu çalışmanın amacı, Antalya Havalimanı dış hatlar terminali zemin katının yaş dostu tasarım ilkeleri doğrultusunda değerlendirerek, terminalin bütün kullanıcılar açısından erişilebilirlik, yön bulma kolaylığı ve mekânsal konfor bakımından ne derece yeterli olduğunu analiz etmektir.

2. Materyal ve Yöntem

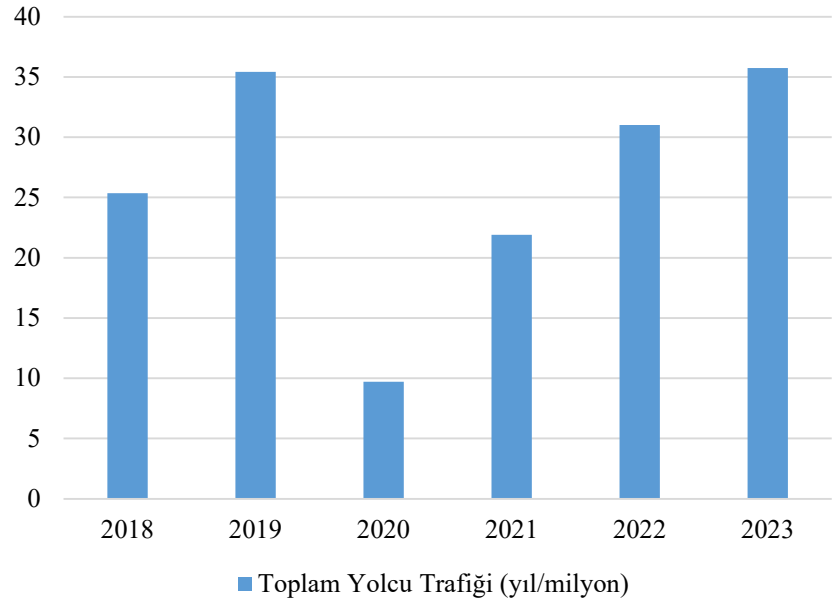
2.1. Materyal

Araştırma, nitel bir yaklaşım benimseyerek, terminalin tasarımını farklı yaş gruplarının algılayış biçimlerini ve erişilebilirlik seviyelerini ele alır. Çalışmanın ana materyalini; Antalya ilinin Muratpaşa ilçesi sınırları içerisinde yer alan, 36° 54′ 01″ kuzey enlemi, 30° 47′ 34″ doğu boylamı koordinatları arasında inşa edilmiş, uluslararası hizmet veren Antalya Havalimanına ait dış hatlar terminalinin zemin katı oluşturmaktadır. Havalimanının şehir merkezine uzaklığı yaklaşık 13 km'dir. Terminale ulaşım özel araç, tramvay, otobüs, taksi ya da servis ile sağlanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Antalya Havalimanı dış hatlar terminali (TAV, 2024).

Bu veriler sonucunda Antalya Havalimanı; Avrupa yolcu trafiği diziminde 13. sırada yer almıştır. Antalya Havalimanı'na ilişkin Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yayınlanan veriler doğrultusunda, 2024 yılının ilk sekiz ayında tüm zamanların ziyaretçi rekorunun kırılmış olduğu görülmektedir (İletişim Başkanlığı, 2025).



Şekil 2. Yolcu trafiği istatistikleri (TAV, 2024; DHMİ, 2024).

Havalimanında güncel olarak hizmet veren işletmeci şirketten ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü'nden sağlanan bilgilerle oluşturulmuş Şekil 2'ye göre; 2019 yılında yolcu trafiğinin 35.000.000 kişiyi aştığı, ancak 2020 yılı itibariyle ülkemizde de etkisini hissettiren Covid-19 pandemisinde yaşanılan tedirginliklerin ve uygulanan kısıtlamaların bir sonucu olarak bu sayının 10.000.000 civarına gerilediği görülmektedir.

Takip eden dönemlerde ise belirgin seviyede yükseliş trendi başlamıştır. Hatta, 2023 yılı sonu itibariyle toplam yolcu trafiği sayısı pandemi öncesi rakamlara ulaşarak yeniden 35.000.000'un üzerine çıkmıştır (Şekil 2).

Salgınlar, savaşlar, küresel ekonomik krizler ve benzeri normal akışın dışında gelişen olumsuz durumlar haricinde, havayolu trafiği yoğunluğunun her yıl artış göstermesi nedeniyle Antalya Havalimanı'nın genişletilmesi ihtiyacı doğmuştur. Yönetici otoritenin ve görevlendirilen paydaşların ortak çalışmaları sonucunda, üç fazdan oluşan bir süreç planlanmıştır. İlk faz 2022-2025, ikinci faz 2028-2029 ve son faz 2038-2039 yılları arasında tamamlanacaktır. Genişletme operasyonları iç hatlar terminali ve dış hatlar terminalinde

gerçekleştirilecektir (TAV, 2022). Bu revizyonun sonucunda 2005 yılında hizmete giren dış hatlar terminalin (terminal 2) büyüklüğü 93,000 m²'den 223,334 m²'ye çıkacaktır.

Antalya Havalimanı'nın çalışma alanı olarak seçilmesinin başlıca nedenleri; yalnızca Türkiye ölçeğinde değil, uluslararası düzeyde de stratejik ve işlevsel bir önem arz etmesi, mevcut genişletme projeleri sayesinde planlama ve tasarım açısından dinamik ve gelişime açık bir yapıda olması ve sahip olduğu yüksek prestij değeriyle, gerçekleştirilecek araştırmanın daha geniş kitlelere ulaşma potansiyelini taşıması şeklinde özetlenebilir.

2.2. Yöntem

Çalışma toplamda beş ana aşamada gerçekleştirilmiştir;

Çalışmanın ilk aşamasında; araştırmanın amacı ve kapsamı netleştirilmiştir. Bu doğrultuda, yerel ve uluslararası düzeyde temsil niteliği taşıyan, her yaş grubundan kullanıcıya hitap eden ve mevcut durumu itibariyle planlama ve tasarım müdahalelerine açık olan Antalya Havalimanı, çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Havalimanının konumu, kapasitesi ve fiziki yapısına ilişkin veriler, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü ile işletmeci kuruluştan temin edilmiştir. Yolcu trafiğiyle ilgili güncel ve pandemi öncesi dönemleri de kapsayan istatistiksel verilere aynı kurumlardan ulaşılmıştır. Terminal binalarına ait mimari planlar ise Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün açık erişimli kaynaklarından sağlanmıştır.

Araştırmanın ikinci aşamasında; çalışma konusu ve materyaline dair detaylı bilgiye ulaşmak amacıyla kapsamlı bir literatür analizi gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, öncelikle güvenilir ve hakemli veri tabanları olan Ulusal Tez Merkezi, TÜBİTAK ULAKBİM, Web of Science ve Scopus üzerinde taramalar yapılmıştır. İncelemelerde, araştırma konusunu destekleyecek şekilde "age", "elderly", "aging", "older people" ve "aging population" gibi yaş ve yaşlanma temalı anahtar kelimelerden yararlanılmıştır. Devamında, çalışmanın temel dayanaklarından biri olan "age-friendly" kavramı üzerine yoğunlaşılmıştır. Çalışma alanıyla ilişkili bilgi edinmek üzere ise "airline", "airport" ve "Antalya Airport" terimleri kullanılarak havacılık sektörü bağlamında taramalar derinleştirilmiştir.

Araştırmanın üçüncü aşamasında; mekânın kullanıcı deneyimlerine etkisini sayısal verilerle değerlendirebilmek amacıyla, seçilen alanın mimari planları üzerinde Space Syntax (mekân dizimi) analiz yönteminin uygulanmasına karar verilmiştir. Bu yöntem sayesinde, Antalya Havalimanı'nın yaş dostu mekân tasarımı ilkeleri doğrultusunda erişilebilirlik, yön

bulma kolaylığı ve kullanıcı odaklılık gibi özellikleri ne ölçüde taşıdığı ölçülmeye çalışılmıştır.

Mekân dizimi yöntemi; yapı içindeki alanlar, yollar ve işlevsel bölümler arasındaki ilişkileri mekânsal bağlamda ortaya koyarak, kullanıcı deneyimini etkileyen mekânsal örgütlenmeyi analiz etmeye imkan tanır. Mekân dizimi analizi yöntemi, 1970'lerde Bill Hillier ve Julienne Hanson tarafından geliştirilmiş olup, insan hareketi ve görüş alanlarının nesnel olarak incelenmesiyle mekânların sosyal yapı ile etkileşimlerini anlamaya yönelik bir yaklaşımdır (Yamu ve ark., 2021).

Mekân dizimi analizi, mekânın sadece fiziksel yapısını değil, aynı zamanda mekân kullanımını ve insanların bu alanla ilişkisini de analiz etmeyi amaçlar. Mekân dizimi analizi; mekânın sosyal, kültürel ve psikolojik etkilerini değerlendirerek, toplumların ve bireylerin ihtiyaçlarına göre mekânların nasıl şekillendirilebileceği hakkında önemli çıkarımlar sağlar (Gehl, 2010).

Mekân konfigürasyonu, mekân organizasyonunun bir adım ötesine geçerek mekânsal bağlantıların analizine odaklanır. Mekânların birbirleriyle nasıl irtibat kurduklarını, bu bağlantıların erişilebilirlik, kullanım yoğunluğu ve sosyal etkileşim üzerindeki tesirleri mekân konfigürasyonunun temel odak noktalarıdır (Hillier ve Hanson, 1984).

Mekân dizimi analizinin en önemli aşamalarından olan “mekânın temsili” kavramı, insanların mekândaki davranışlarına göre mekânların temsiliyeti ve konfigürasyonel ilişkilere göre mekânların temsiliyeti olarak ikiye ayrılmaktadır.

İnsanların mekândaki davranışlarına göre mekânlar; insanların hareket biçimi (çizgisel), alanda bir arada bulunma (dış bükey), bir noktadan her şeyin doğrudan görülebilmesi (izovist) durumlarına göre temsil edilir (UCL Space Syntax, 2024).



Şekil 3. Davranışlara göre mekân temsili (UCL, 2024).

Mekân dizimi yöntemi incelenen mekânda okunabilirlik, yol-yön bulma ve erişilebilirlik üzerine analizler yapabilmemize olanak verdiği için yöntem olarak tercih edilmiştir (Tural, 2024). Mekân dizimi yönteminin analiz aşamaları sırasıyla;

 Antalya Havalimanı dış hatlar terminali zemin katına ait mimari kat planı AutoCAD'de yaya akış eksenleri çizilmiştir ve mekânlar konveks alanlara dönüştürülmüştür. Daha sonra dwg uzantılı çizimler, dxf formatına dönüştürülerek kaydedilmiştir. Mekân dizimi analizinde kullanılan açık erişimli DepthMapX programı hazır hale getirilmiştir.

 Dxf uzantısı ile kaydedilen alanın konveks çizimi DepthMapX programında içe aktarılarak çalıştırılmıştır. Program üzerinde açılan konveks harita, grid komutu ile daha küçük parçalara bölünmüştür ve alanlar taranmıştır.

 Son olarak taraması yapılmış olan kat planlarının; bağlantısallık (connectivity), derinlik (visibility step depth), bütünleşme (integration) ve yerel entegrasyon (local integration) analizleri yapılarak bu aşama tamamlanmıştır.

Çalışmanın dördüncü aşamasında; mekân dizimi analizi yönteminin test edilmesi, çalışmanın yöntem akışının güçlendirilmesi ve çeşitlendirilerek peyzaj araştırmalarına kazandırılmasına adına Fraktal Boyut - Kutu Sayma (Fractal Dimension-Box Counting) metoduyla analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Fraktal terimi özetle; bütüne benzeyen parçalardan oluşan şekil olarak tanımlanmıştır.

Bu nedenle fraktal terimi, şeklin geneline bakıldığından şeklin içinde, benzer yapıların bulunması olayıdır. "Fraktal" terimi, Latince *fractus* (kırılmış, parçalanmış) kelimesinden türetilmiş olup, kendini benzer şekilde tekrar eden, parçaların bütünle yapısal olarak rezonans oluşturduğu geometrik örüntüleri tanımlar (Mandelbrot, 1982; Falconer, 2003).

Bu çalışmada fraktal boyutun hesaplanabilmesi için, kutu sayma yöntemine başvurulmuştur. İlk olarak, analiz yapılacak alan belirlenmiştir. Seçili alanın mekânsal karmaşa boyutunun ölçülmesi için, alana ait mimari planlar farklı birimlerden oluşan ızgaralara bölünmüştür.

Öncelikle plan üzerine 3 birim kenar uzunluğunda karelerden oluşan bir ızgara yerleştirilmiştir. Bu ızgaradaki karelerden, mekânı temsil eden çizgilerle örtüşmüş olanları yani dolu kareler sayılmıştır. Bu sayede, en büyük kutu boyutundaki dolu kutu sayısı N(3) bulunmuştur. Bu işlem sırasıyla, 2 birim kenar uzunluğundaki karelerden oluşan ızgaralara ve 1 birim kenar uzunluğundaki karelerden oluşan ızgaralara uygulanmıştır.

Böylelikle N(2) ve N(1)'de hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerin logaritma olarak karşılıkları bulunmuştur. Toplanan veriler, fraktal boyutun hesaplanabilmesi için logaritmik boyutta bir grafikte görsel olarak yapılandırılmıştır.

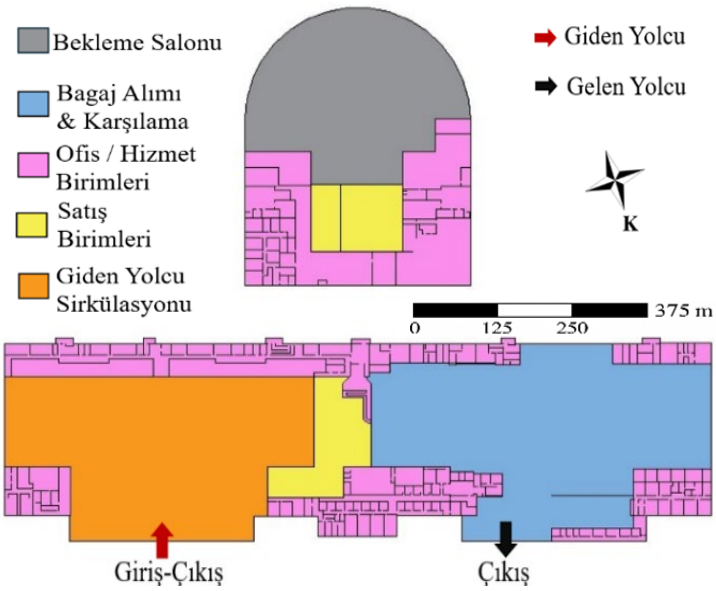
Çalışmanın beşinci ve son aşamasında; mekân dizimi analizinden elde edilen veriler ve fraktal boyut hesaplamalarından alınan sonuçlar değerlendirilmiştir. Ardından çeşitli çözüm önerileri sunulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Mekân Dizimi (Space Syntax)

Terminal 2 binası toplamda 93,000 m²'lik alana sahip olan dört katlı bir yapıdır. Terminal kapasitesi 5 milyon/yıl, terminal oturma alanları 27,920 m², otopark alanı 91,265 m² ve 750 araç, check-in kontuarı 60 adet, pasaport kontrol bankosu 60 adet olarak tespit edilmektedir (Acar, 2022).

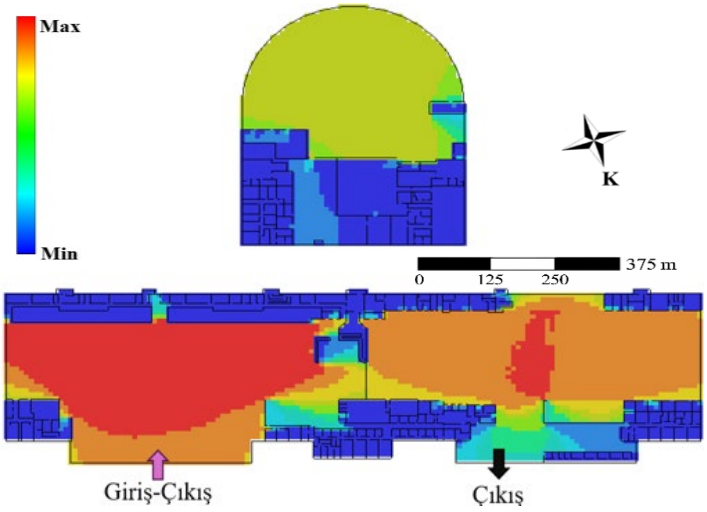
Terminal 2 binasını kullanacak olan gelen yolcuların ve giden yolcuların sirkülasyonları ayrı katlarda çözümlenmiştir. Ancak gelen yolcu çıkış kapısı ve giden yolcu giriş-çıkış kapıları terminal binasının zemin katında bulunmaktadır. Terminal 2 binası zemin katının kuzeydoğu cephesinde giden yolcular için doğrusal olarak dizilmiş check-in kontuarları bulunmaktadır. Asansöre yakın olan kontuarlardan bir tanesi, hareketi kısıtlı yolcular için ayrılmıştır. Mekân dizimi analizinin ilk aşamasında; konveks alanlara dönüştürülen dış hatlar binasının zemin kat planı kullanılmıştır. Söz konusu alanların analizlerini kolaylaştırmak ve analize ait sonuçların doğru yorumlanabilmesine olanak sağlamak adına, mekânsal organizasyonlar fonksiyonları doğrultusunda gruplandırılarak renklendirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Zemin kat mekân organizasyonları.

Konveks alanlara dönüştürülen planlar sırasıyla DepthMapX programı yardımıyla analiz edilmiştir. Bu yöntem yardımıyla her plan için bağlantısallık, adım derinliği, bütünleşme ve yerel bütünleşme değerleri elde edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda mekânsal okunabilirlik ve erişilebilirlik yorumlanmıştır.

Bağlantısallık; mekânların doğrudan erişebildiği komşu mekân sayısını ifade eder. Bağlantısallık analizi sonuçlarına göre; kara tarafı kuzeydoğu cephesinde yer alan "giden yolcu sirkülasyonu" bağlantısallığın en yüksek olduğu mekân olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5. Bağlantısallık analizi.

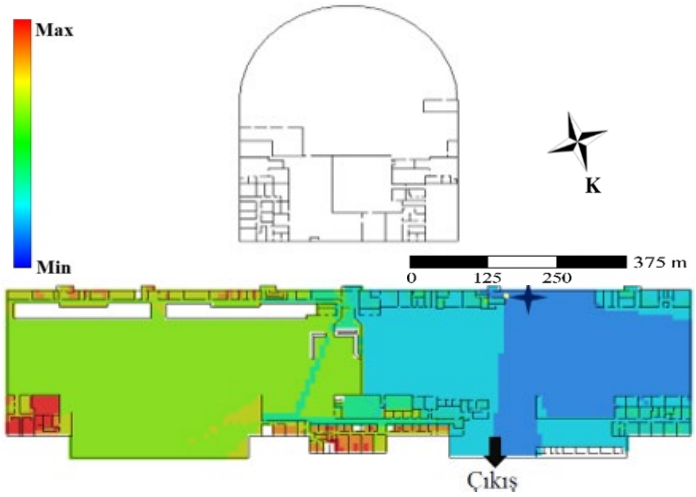
Yine kuzeybatı cephesinde yer alan gelen yolcu "bagaj alımı ve karşılama salonu" merkezinde bağlantısallık değerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Gelen ve giden yolcu sirkülasyonu içerisinde kalan ofis/hizmet birimleri ve satış birimlerini içinde kalan bölümler bağlantısallığın en düşük, hatta minimum değere sahip olduğu mekânlardır (Şekil 5).



Şekil 6. Giden yolcu adım derinliği analizi.

Belirlenen noktadan, ulaşılacak olan en derin mekânlar için değiştirilmesi gereken yön sayısını belirlemek adına yapılan adım derinliği analizine göre; giden yolcu giriş/çıkış kapısı hareket noktası olarak belirlenmiştir ve gelen yolcu ofis/hizmet birimleri mahremiyeti en yüksek olan mekânlar olarak tespit edilmiştir. Geniş sirkülasyon aksları üzerinde olmayan ve köşelerde bulunan odalara denk bu derinlikler izole edilmiş mekânlar olarak tanımlanmıştır (Şekil 6).

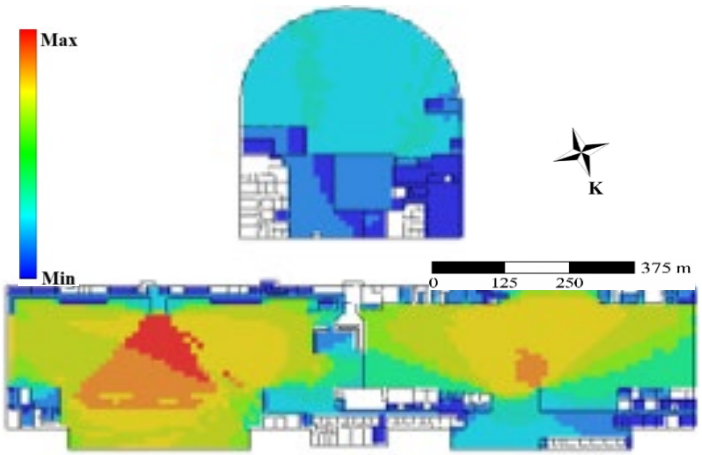
Gelen yolcu adım derinliği analizi için; gelen yolcuların zemin kata asansör ya da yürüyen merdivenle ulaştıkları konum, hareket noktası olarak belirlenmiştir. Bu noktanın; ofis/hizmet birimleri, satış birimleri ve bagaj alımı/karşılama mekânlarının tamamına doğrudan hakim olması nedeniyle renk skalasında mavi ile temsil edilen minimum değere yakın bir derinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Gelen yolcu adım derinliği analizi.

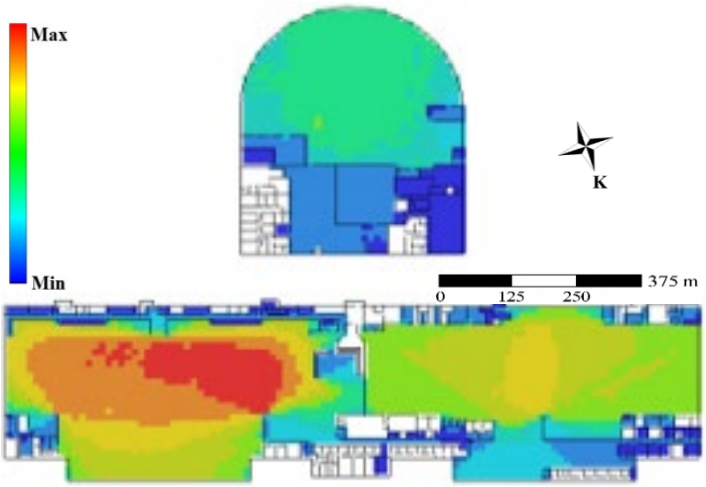
Bütünleşme değeri mekânın genel sistem içerisindeki yerini incelemektedir. Yüksek bir bütünleşme değeri sistemin merkezi bir parçası olduğunu, daha düşük bir bütünleşme değeri ise mekânın daha izole olduğuna işaret etmektedir.

Dış hatlar terminal binası zemin kat bütünleşme ve yerel bütünleşme analizlerine göre; bütünleşme değerinin en yüksek olduğu mekân, giden yolcu sirkülasyonunun içerisinde kalan kontuar bölümüdür. Gelen yolcu bagaj alımı ve karşılama salonunun olduğu mekânın da ortalamanın üzerinde bir bütünleşme değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Bütünleşme analizi.

Yerel bütünleşme analizi için; ortalama bir adım derinliğini ifade eden 3 adımda ya da 3 kez yön değiştirerek ulaşılacak hedefi temsil eden R3 değeri baz alınmıştır. Yerel bütünleşme analizi değeri, bütünleşme değeri analizi ile benzerlikler göstermiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Yerel bütünleşme analizi.

3.2. Fraktal Boyut (Fractal Dimension)

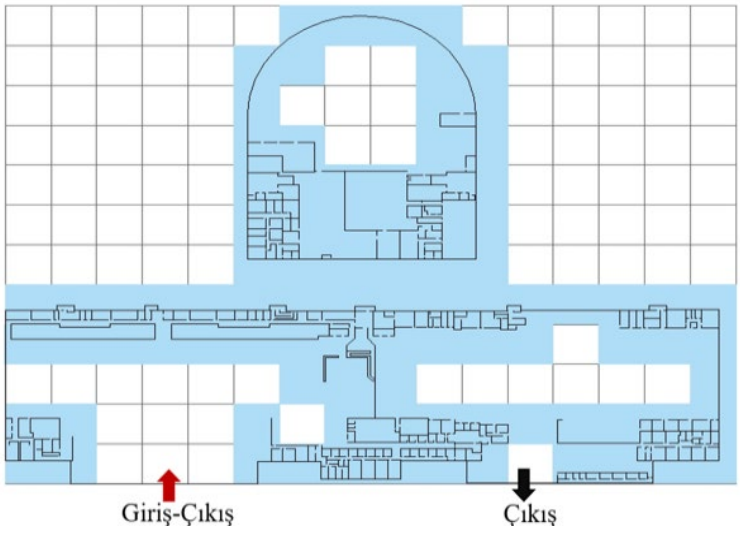
Fraktal geometri, doğanın karmaşıklığını ve çok ölçekli yapısını modellemek için bir çerçeve oluşturur. Bu durum özellikle onun; çevre bilimleri, mimarlık ve sanat gibi farklı alanlarda önemli rol oynamasına olanak sağlar (Lau 2013).

Bir görüntünün fraktal boyutunu belirlemeye yönelik kutu sayma yöntemi muhtemelen herhangi bir disiplinde, karakteristik görsel karmaşıklığı ölçmek için en iyi bilinen

yaklaşımdır. Bu yöntem bilimsel ve matematiksel olarak kapsamlı bir şekilde çalışılmıştır ve uygulanmıştır, zamanla farklı alanlarda kullanılmak üzere çeşitli varyasyonları geliştirilmiştir (Ostwald 2013).

Bu çalışmada fraktal boyutun hesaplanabilmesi amacıyla, kutu sayma yöntemine başvurulmuştur. İlk olarak, alana ait mimari plan seçilmiştir. Seçili alanın mekânsal karmaşa boyutunun ölçülmesi için, alana ait mimari planlar farklı birim büyüklüklerden oluşan ızgaralara bölünmüştür. Sırasıyla 3 birim, 2 birim ve 1 birimlik kareler kullanılmıştır. Bu karelerin, mimari plan ile çakıştırılması sonucunda mekânı temsil eden "dolu" kutular sayılmıştır.

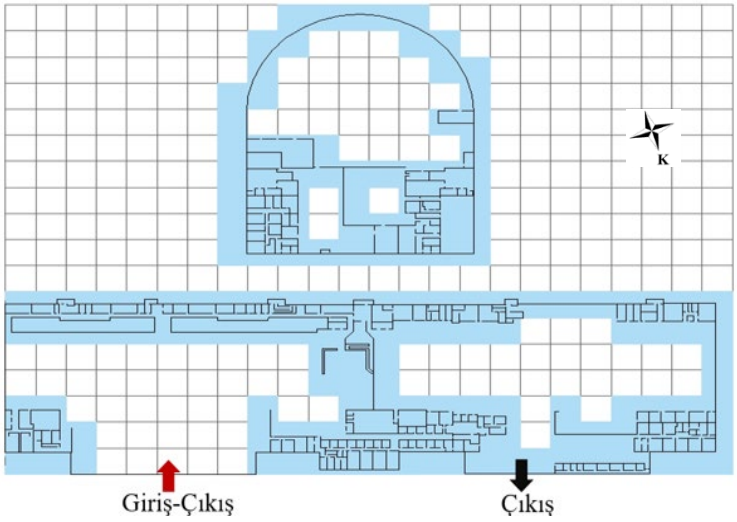
Toplanan veriler, fraktal boyutun hesaplanabilmesi için logaritmik boyutta bir grafikte görsel olarak yapılandırılmıştır. X eksenine log (1/r) yani ızgaraların kenar uzunluklarının ters logaritmaları, Y eksenine ise log (N) yani her kutu boyutundaki dolu kare sayılarının logaritması yerleştirilmiştir. Bunun sonucunda grafik üzerine yerleştiren verilerin kesişim noktalarını birleştiren doğru parçasının eğimi olan "D", fraktal boyut değerine işaret etmektedir.



Şekil 10. 3x3 fraktal boyut analizi.

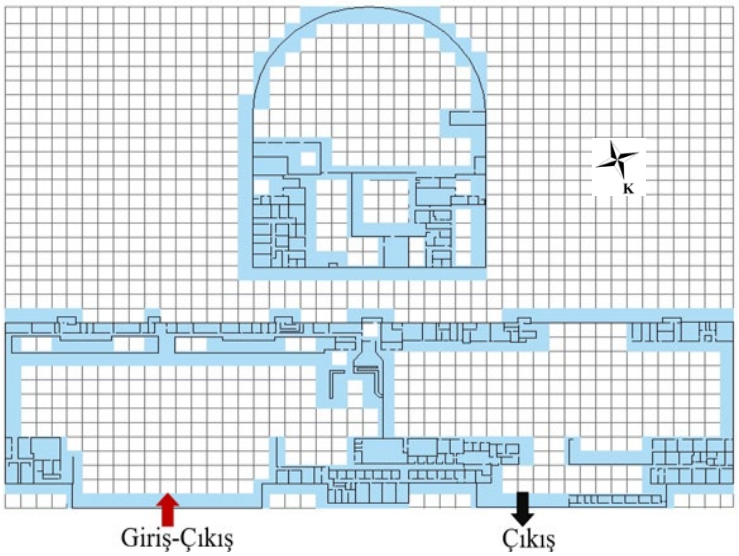
Dış hatlar terminali zemin kat planı ilk olarak 3x3 birimlik karelerden oluşan ızgara ile örtüştürülmüştür. Izgara toplamda 192 adet kareden meydana gelmiştir. Bu karelerden 92 tanesinin, mekânı temsil eden çizgisel imgeler ile örtüştüğü tespit edilmiştir. Bu kutucuklar mavi renk ile temsil edilmiştir (Şekil 10).

Daha sonra, zemin kat planı 2x2 birimlik karelerden oluşan ızgara ile örtüştürülmüştür. Izgara toplamda 432 adet kareden meydana gelmiştir. Bu karelerden 160 tanesinin, mekânı temsil eden çizgisel imgeler ile çakıştığı tespit edilmiştir (Şekil 11).



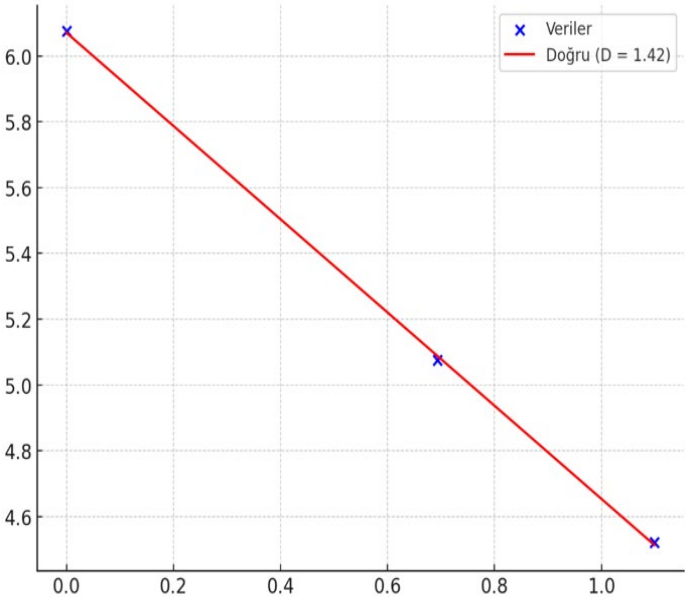
Şekil 11. 2x2 fraktal boyut analizi.

Son aşamada; zemin kat planı 1x1 birimlik karelerden oluşan ızgara ile çakıştırılmıştır. Izgara toplamda 1645 adet kareden meydana gelmiştir. Bu karelerden 435 tanesinin, mekânı temsil eden çizgisel imgeler ile örtüştüğü tespit edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. 1x1 fraktal boyut analizi.

Son aşamada log-log grafiği oluşturulmuştur. Bunun için her ölçek seviyesinde elde edilen kare boyutları ve mekânı temsil eden çizgisel imgeler ile bu karelerin örtüşme oranları hesaplanmıştır. Elde edilen verilerin kesişimlerini birleştiren doğru parçasının eğimi, fraktal boyutu temsil eden D=1,42 değerini vermiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Log-log grafiği

Fraktal boyut değeri eğer 1'e yaklaşıyorsa mekân, düzenli ve basit olarak yorumlanır. Ancak fraktal boyut değeri 2'ye yaklaşıyorsa bu durum, mekânın çok karmaşık, dallanmış ve iç içe geçmiş olduğuna işaret eder. Bundan hareketle elde edilen 1,42'lik değer baz alındığında; dış hatlar terminali zemin katının yarı karmaşık yani orta düzeyde kaotik bir mekân olduğu söylenebilir.

4. Sonuçlar

Bu çalışma; Antalya Havalimanı dış hatlar terminali zemin katının, yaş dostu kriterler bağlamında erişilebilirlik ve okunabilirlik düzeyi değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, terminal binası giden yolcu sirkülasyonunun kontrol noktası sonrasında check-in bankolarına kadar uzanan bölümünün yüksek bağlantısallık değerine sahip olduğuna işaret etmektedir. Bağlantısallık; mekânsal bir birimin doğrudan bağlantıda olduğu birimlerin sayısını vermektedir. Yani bir nevi doğrudan komşuluk ilişkisini gösterir. Bundan hareketle, gelen yolcu sirkülasyonu zemin katta, en çok birimle bağlı mekân olarak dikkat çekmektedir. Giden yolcu sirkülasyonu kadar olmasa da gelen yolcu karşılama ve bagaj alma salonunun da ortalamanın üzerinde bağlantısallık değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Köşe

konumlu birimler, ofis ve hizmet binaları ise erişilebilirlik ve okunabilirlik açısından dezavantajlıdır.

Bu verilerle bağlantılı olarak; bütünleşme ve yerel bütünleşme değerleri de giden yolcu sirkülasyonunda yüksek seviyede ölçülmüştür. Bütünleşme değeri; mekânın merkezilik düzeyine işaret eden bir kavramdır. Bu çıkarımdan hareketle, dış hatlar terminali zemin katının en merkezi noktasının giden yolcu kontuarına ait olduğu görülmektedir. Bağlantısallık değeri yüksek olan mekânın, bütünleşme değeri her zaman yüksek olmayabilir. Aralarındaki ilişki mekânın yapısına bağlı olarak değişir. Hillier ve Hanson'ın (1984) ortaya koyduğu gibi, yüksek entegrasyon değerleri kullanıcı hareketlerinin daha yoğun olduğu bölgeleri işaret eder. Ancak analiz sonuçları, terminalin bazı bölümlerinde yön bulma güçlüğü yaşanabileceğini ve erişilebilirlik açısından iyileştirme yapılması gerektiğini de ortaya koymuştur.

Öte yandan fraktal boyut analizi, terminalin mekânsal karmaşıklığını 1,42 gibi orta düzeyde bir değere işaret edecek şekilde tanımlamıştır. Bu sonuç, Batty ve Longley (1994) tarafından ortaya konulan fraktal analiz çerçevesiyle tutarlıdır. 1'e yakın fraktal değerler sade ve düzenli mekânları, 2'ye yakın değerler ise kaotik ve karmaşık mekânları temsil eder. Bu bağlamda, Antalya Havalimanı dış hatlar terminali zemin katı hem işlevsel çeşitliliği hem de yön bulma açısından dikkatli bir tasarım süreci gerektiren orta düzeyde karmaşık bir yapıya sahiptir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO, 2007) yaş dostu şehirler rehberine göre; açık ve kapalı kamusal alanların tüm yaş grupları için erişilebilir, güvenli ve yön bulmayı kolaylaştırıcı biçimde düzenlenmesi esastır. Bu noktada, terminalin özellikle hareket kabiliyeti kısıtlı bireyler ve yaşlı kullanıcılar için daha fazla yönlendirme elemanı, daha fazla oturma alanı ve sadeleştirilmiş görsel-işitsel bilgi sistemleriyle desteklenmesi önerilmektedir. kamusal alanların tüm yaş grupları için erişilebilir, güvenli ve yön bulmayı kolaylaştırıcı biçimde düzenlenmesi esastır. Bu bağlamda, terminalin özellikle hareket kabiliyeti kısıtlı bireyler ve yaşlı kullanıcılar için daha fazla yönlendirme elemanı, daha fazla oturma alanı ve sadeleştirilmiş görsel-işitsel bilgi sistemleriyle desteklenmesi önerilmektedir.

Bu çalışmada; terminale giriş yapan giden bir yolcunun başlangıç noktasından en uzak mekâna ulaşmak için geçmesi gereken yön değiştirme sayısı belirlenmiştir. Bu analiz sonucunda ofis/hizmet birimlerinin, terminalin en izole ve mahrem bölgesi olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda, gelen yolcunun zemin kata ulaştığı noktadan terminaldeki diğer

mekânlara erişimi kolaylığı da değerlendirilmiştir. Gelen yolcu başlangıç noktasının bagaj alımı, karşılama salonuna doğrudan görsel ve fiziksel hakimiyeti bulunduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak Antalya Havalimanı; karmaşık bir mekân olarak değerlendirilmektedir. Özellikle yaşlı bireyler için kaotik bir alan olması nedeniyle; yaşlı bireylerin bağımsız kullanımı için detaylı düzenlemelerin getirilmesi elzemdir.

Kaynaklar

Acar, M. C. (haz.) (2022). Havaalanı terminal binaları: Airchitecture major airport terminals in Turkey. Republic of Turkey, Ministry of Transport, Directorate General of Civil Aviation, Head of Airports Department, 222 p. https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/yayinlar/had.t-01.pdf. Erişim Tarihi: 18.05.2025.

Akkağıt, Ş. F. (2022). Aristoteles'te insan kavramı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (42), 124-151.

Australian Government Department of Health and Ageing. (2010). Age-friendly communities: A guide for local government. Canberra: Government of Australia.

Batty, M., & Longley, P. (1994). *Fractal cities: A geometry of form and function*. San Diego, CA: Academic Press.

Çüçen, A. K. (2003). İnsan hakları düşüncesinin gelişimi. *Kaygı: Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Felsefe Dergisi*, (2), 27–35.

DHMİ. (2024). 2023 yılı havayolu sektör raporu. Erişim adresi: https://www.dhmi.gov.tr/Lists/HavaYoluSektorRaporlari/Attachments/17/2023%20Y%C4%B1l%C4%B1%20Havayolu%20Sekt%C3%B6r%20Raporu.pdf. Erişim Tarihi: 20.04.2025.

Falconer, K. (2003). *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications* (2nd ed.). John Wiley and Sons, New York and London.

Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press.

Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The social logic of space*. Cambridge: Cambridge University Press.

İletişim Başkanlığı. (2025). Antalya'dan tarihi rekor. Erişim adresi: https://www.iletisim.gov.tr/turkce/yerel_basin/detay/antalyadan-tarihi-rekor. Erişim Tarihi: 20.04.2025.

Kahraman, M. D. (2014). İnsan ihtiyaçları ve mekânsal elverişlilik kavramları perspektifinde yaşanılabilirlik olgusu ve mekânsal kalite. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlaması Dergisi*, *24*(2), 74–84.

Lau, K. K. (2013). *Fractals and chaos: The Mandelbrot set and beyond*. Springer.

Mandelbrot, B. B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. W.H. Freeman. 468 p.

Ostwald, M. J. (2013). The fractal analysis of architecture: Calibrating the box-counting method using scaling coefficient and grid disposition variables. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *40*(4), 644–663. https://doi.org/10.1068/b39120

Steinfeld, E., & Maisel, J. (2012). *Universal design: Creating inclusive environments*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

TAV. (2024). Terminal verileri. Erişim adresi: https://www.antalya-airport.aero/b2b-tr/ayt-gorulmesi-gereken-yer/terminal-verileri. Erişim Tarihi: 20.04.2025.

TAV. (2022). Antalya Havalimanı Genişletme Projesi – Paydaş Katılım Planı. Erişim adresi:https://www.antalyaairport.aero/files/genisleme/Antalya_Havalimani_Genisletme_Projesi_Paydas_Katilim_Plani_TR.pdf. Erişim Tarihi: 20.04.2025.

Tural, S. Ö. (2024). Yaş Dostu Mekân Tasarımlarında Mekân Dizimi "Space Syntax" Yönteminin Kullanım Olanakları. *Senex: Yaşlılık Çalışmaları Dergisi*, *8*(1), 31-38.

UCL. (2024). Software and manuals. Erişim adresi: https://www.spacesyntax.online/software-and-manuals/. Erişim Tarihi: 20.04.2025.

WHO (World Health Organization). (2007). Global age-friendly cities: A guide. Geneva: World Health Organization. https://www.who.int/ageing/publications/Global_age_friendly_cities_Guide_English.pdf. Erişim Tarihi: 20.04.2025.

Yamu, C., van Nes, A., & Garau, C. (2021). Bill Hillier's legacy: Space syntax—A synopsis of basic concepts, measures, and empirical application. *Sustainability*, *13*(6), 3394. https://doi.org/10.3390/su13063394

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 210-236
Kategori: Derleme Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1691976

Yönetimden Yönetişime Geçiş: Çevre ve Doğal Kaynaklar Odaklı Kavramsal Bir İnceleme

From Management to Governance: A Conceptual Review with a Focus on Environment and Natural Resources

İlke Hilal ŞENSÖZ[1], İdris DURUSOY[2]

Özet

Bu derleme çalışması, yönetim anlayışındaki dönüşümleri ve çevresel yönetişim olgusunu incelemektedir. Yönetim, insanlık tarihi kadar eski bir olgu olup, Sanayi Devrimi ile bilimsel bir disiplin haline gelmiştir. Klasik yönetim yaklaşımı, verimlilik ve hiyerarşiye odaklanırken; neoklasik yaklaşım, insan davranışlarını merkeze almıştır. Modern yaklaşım, sistem, durumsallık, amaçlara göre yönetim ve stratejik yönetimi içerirken; post modern yaklaşım, toplam kalite yönetimi, yalın yönetim ve değişim mühendisliği gibi yenilikçi perspektifler sunmuştur.

Geleneksel merkeziyetçi yönetim anlayışının yeterli olmaması, sivil toplum ve özel sektör gibi aktörlerin yönetim sürecine dâhil edilmesini gerektirmiştir. Bu bağlamda, merkeziyetçi yönetimden; katılımcılık, şeffaflık, hesap verebilirlik, etkinlik, tutarlılık, eşitlik ve adalet, hukukun üstünlüğü ilkelerine dayalı yönetişime geçiş yaşanmıştır. Türkiye'de yönetişim anlayışı, 1980'lerden itibaren Avrupa Birliği, IMF ve Dünya Bankası gibi uluslararası kuruluşlarla yürütülen ilişkilerle şekillenmiştir.

Çevresel yönetişim, çevre ve doğal kaynak meselelerinin sınır aşan etkileri nedeniyle uluslararası süreçlerle küresel bir çerçeve kazanmıştır. Çevresel yönetişim olgusu, çevre sorunlarıyla mücadelede küresel iş birliği, ademi merkeziyetçilik, pazar odaklı ve ölçekler arası yaklaşımlarla ele alınmaktadır. Ancak, çevresel yönetişimin etkinliği, politik irade ve ekonomik çıkarlarla sınırlıdır. Sonuç olarak, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için yönetişim ilkelerinin (katılım, şeffaflık, hesap verebilirlik) güçlendirilmesi ve sistemik dönüşümlerin gerekliliği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yönetim, yönetişim, çevresel yönetişim, doğal kaynaklar.

Abstract

This review study examines the transformations in management approaches and the concept of environmental governance. Management has existed since the dawn of human history, but it emerged as a scientific discipline during the Industrial Revolution. While classical management emphasized efficiency and hierarchy, the neoclassical approach focused on human behavior. The modern approach introduced systems theory, contingency theory, management by objectives, and strategic management. The postmodern approach provided innovative perspectives, including total quality management, lean management, and reengineering. The inadequacy of traditional centralized management has imposed the inclusion of various actors, such as civil society and the private sector, in the management process. Consequently, there has been a transition from centralized management to a model based on principles such as participation, transparency, accountability, effectiveness, consistency, equality, justice, and the rule of law. In Turkey, the concept of governance has been shaped since the 1980s through relationships with international institutions, including the EU, IMF, and the World Bank. Environmental governance has developed a global framework in response to the transboundary impacts of environmental and natural resource issues. It encompasses global cooperation, decentralization, market-based strategies, and multi-scalar approaches to address environmental challenges. However, its effectiveness is often limited by political will and economic interests. In conclusion, this study underscores the necessity of reinforcing governance principles and implementing systemic transformations to achieve sustainable development goals.

Keywords: Management, governance, environmental governance, natural resources.

Geliş Tarihi: 05.05.2025, Düzeltme Tarihi: 20.05.2025, Kabul Tarihi: 19.06.2025
Adres:[1] Kanlıca Orman İşletme Müdürlüğü, Kartal Orman İşletme Şefliği, İstanbul.
Adres: [2] Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü.
E-mail: ilke80@hotmail.com

1. Giriş

Hızla artan nüfus, teknolojik gelişmeler, değişen ve çeşitlenen insan ihtiyaçları gibi unsurların etkisi ile değişen dünyada, bilimin pek çok alanında olduğu gibi yönetim alanında da paradigma değişimi meydana gelmiştir. Özellikle iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, denizlerde meydana gelen kirlilik, sera gazı emisyonlarındaki artış gibi küresel çevre sorunlarına ulusal ölçekte çözüm üretmenin mümkün olamayacağı görüşünden yola çıkarak çevresel sorunlara uluslararası ölçekte, iş birliğine dayalı, katılımcı, çok paydaşlı çözüm arayışı olarak ifade edilebilecek çevresel yönetişim kavramı öne çıkmaya başlamıştır.

Bu derleme çalışmasıyla, öncelikle yönetim kavramı irdelenerek tarihsel süreç içerisinde yönetim alanında meydana gelen değişimler incelenecektir. Ardından yönetimden yönetişime geçiş süreci ile yönetişime dair kavramsal çerçeve sunulmaya çalışılacaktır. Son olarak ise çevresel yönetişim olgusu irdelenerek tarihsel süreç içerisinde çevresel yönetişim anlayışındaki gelişmeler ele alınacaktır.

Bu çalışmanın, çevresel sorunlara dikkat çekilerek çevreyle ilgili kurumsal ve yasal düzenleme süreçleri ile politika belgelerinin hazırlanma süreçlerine, uluslararası sorunlara kollektif çözüm arayışları kapsamında yapılacak akademik çalışmalara katkı sunması beklenmektedir.

2. Yönetim kavramı

Yönetimi en basit haliyle ifade etmek gerekirse, "kimi işleri başkalarıyla birlikte ve başkaları aracılığıyla etkin ve verimli bir şekilde yerine getirme sürecidir" (Robbins vd., 2016). Bir başka tanımlamada, yönetim kavramı, "bir grup insanı belirlenmiş amaçlara doğru yöneltme, aralarındaki iş birliği ile koordinasyonu sağlama çabalarının bütününü içeren bir süreç" şeklinde ifade edilmektedir. Başkaları vasıtasıyla iş görme ve önceden belirlenen hedeflere ulaşmanın söz konusu olduğu her durum yönetimin süreç olma bağlamında değerlendirilebilir (Şimşek ve Çelik, 2019). Yönetimin bir süreç olarak kabul görmüş daha geliştirilmiş bir tanımı "işletmenin (örgütün) elindeki kaynaklarını planlayarak, organize ederek, yürüterek ve kontrol ederek, diğer insanlar aracılığı ile, etkili ve verimli bir şekilde kullanılması ve amaçlarını gerçekleştirmesi süreci" şeklinde yapılanıdır (Ülgen ve Mirze, 2018). Yönetim, karar alma, uygulama, alınan kararla ulaşılması hedeflenen amaçların uygulama sonuçları ile karşılaştırması ve karşılaştırma sonucunda uyumsuzluk durumunun tespiti halinde bu uyumsuzluğu gidermeye yönelik düzeltici eylemlerde bulunma aşamalarının bütününü içermektedir (Türker, 2020).

Yönetim, yaşantımız üzerinde etki gösteren önemli bir olgudur. İnsanın olduğu her yerde yönetimin varlığından söz edilebilir. Bu durum ise tarihsel yönden yönetimin insanlık kadar eski bir olgu olduğunu işaret etmektedir (Akman, 2020). İnsanlık tarihi kadar eski olan yönetim bilimi iki ayrı dönemde ele alınarak incelenebilir. Sanayi Devrimi'nin başlangıcına kadar olan dönem "Bilimsel Yönetim Öncesi Dönem veya Geleneksel Yönetim Dönemi" olarak nitelendirilir (Bolat ve ark., 2018). Bilimsel yönetim öncesi dönemde sezgiye dayalı sanatsal bir yetenek olarak uygulama alanı bulan yönetimin bir bilim alanı olarak kabul görüp incelenmeye başlaması ise yakın zamana rastlamaktadır. Bu nedenledir ki yönetimden sanatların en eskisi bilimlerin en yenisi şeklinde söz edilmektedir.

18. Yüzyılın sonlarında İngiltere'de başlayarak tüm dünyaya yayılan Sanayi Devrimiyle makineleşmenin artması küçük işletmelerin yerini büyük fabrikaların almasına ve üretim tekniklerinin farklılaşmasına, bu durum da yönetsel anlamda anlayış değişikliğine neden olmuştur (Koçel, 2005). Yönetim anlayışındaki hızlı değişim, işletmelerin çevrelerindeki değişim ve dönüşümlerden kaynaklanmaktadır. Özellikle iletişim ve bilgi işleme teknolojilerindeki gelişmeler tüm yönetim uygulamalarını etkilemiştir. Bu değişim ve gelişmelerin yönetim alanındaki etkileri yönetim literatüründe belli dönemlere ayrılarak değerlendirilmektedir.

Yönetim uygulamaları her ne kadar tarihsel olarak çok eski zamanlara dayansa da yönetimin bir bilim alanı olarak kabul edilip incelenmeye başladığı dönem, yönetim literatüründe, bilimsel yönetim dönemi olarak ifade edilmektedir. Bilimsel yönetim dönemi de kendi içinde klasik yaklaşım, neoklasik yaklaşım, modern yaklaşım ve post modern yaklaşım olarak sınıflandırılmaktadır (Dalay, 2001). Çalışmanın bu aşamasında bilimsel döneme ait yönetim yaklaşımlarına genel bir bakış sunulacaktır.

2.1. Klasik yönetim yaklaşımı

Yönetim ve yönetici kavramının örgütsel bir yapıyı işaret etmesi ve denetim-yönetim anlamıyla kullanılması 20. Yüzyılın başlarını işaret etmektedir. Bu dönemde yönetim kavramına katkılarından dolayı, yönetim alanındaki üç büyük bilim insanı olarak anılan Frederick Winslow Taylor, Henry Fayol ve Max Weber'in yönetim olgusuna yönelik görüşleri büyük oranda benimsenmiş ve yaygınlaşmıştır (Akman, 2020). Yönetimin bir bilim olarak ele alınıp incelenmeye başladığı bu dönem Klasik Yönetim Yaklaşımı Süreci olarak bilinmektedir.

Klasik Yönetim Yaklaşımı, bilimi temel alan, uyum ve iş birliğine dayalı, maksimum üretimin, çalışanların verimliliğinin ve refah düzeyinin en üst düzeyde olmasının

hedeflendiği bir yönetim yaklaşımıdır. Taylor'a göre, yönetimin temel hedefi, tüm çalışanların tek tek bireysel maksimum refahını sağlamak suretiyle işverenin maksimum refahını sağlamaktır. Taylor'un bilimsel yönetim anlayışı 4 temel ilke üzerine inşa edilmiştir. Bunlar; doğru bir bilim geliştirilmesi, çalışanların bilimsel olarak seçilmesi, işçinin bilimsel eğitimi ve geliştirilmesi, yönetim ve çalışanlar arasında iş birliğinin sağlanmasıdır (Taylor, 2020).

Klasik yönetim yaklaşımının bir diğer bilim insanı olan Henry Fayol, bir kuruluşta meydana gelen işletme faaliyetlerini; teknik işler, ticari işler, mali işler, güvenlik işleri, muhasebe işleri ve yönetim işleri olarak altı bölüme ayırmıştır. Bu işlerin her biri bir bütünün parçaları olarak değerlendirilmektedir ve bu parçalardan birinin eksikliği sistemin işleyişini imkânsız hale getirir. Öyleyse yönetim, "bir kuruluşta meydana gelen tüm sınai işlerin gerektirdiği işlemler bütünün bir parçası olarak değerlendirilebilir". Fayol'a göre yönetimin başarıya ulaşması, önceden belirlenmiş ilkeler bütününün uygulanmasıyla mümkündür. Öyle ki, 1916'da Fransa'da yayımladığı "genel ve endüstriyel yönetim" adlı eserinde yönetimin ilkelerinin uygulanmasının önemine "ilkelerin verdiği aydınlık, deniz fenerlerininki gibi, ancak limanın yolunu bilenlere kılavuzluk eder. Gerçekleştirilmesi için gereken araçlar olmaksızın hiçbir ilke işe yaramayacaktır" ifadeleri ile dikkat çekmiştir (Fayol, 2016). Burada esasen vurgu yapılmak istenen şey, başarılı bir yönetim için, yönetim ilkelerinin belirlenmesiyle beraber bu ilkelerin uygulanmasını içeren bir yöntem geliştirilmesi gerektiğidir. Fayol'un yönetime dair geliştirdiği, "iş bölümü, otorite, disiplin, kumanda birliği, yürütme birliği, genel çıkarların özel çıkarlara tercihi, iş bedelinin ödenmesi, merkeziyet, hiyerarşi zinciri, düzen, hakkaniyet, memurlarda istikrar, teşebbüs fikri ve memurlar birliği" olmak üzere 14 temel ilke (Fayol, 2016) bugünkü yönetim anlayışına da ışık tutması bakımından önemlidir.

Klasik yönetim anlayışına ışık tutan bir diğer bilim insanı olan Max Weber'in bürokrasi yaklaşımı ise hiyerarşik yapılanma ve komuta zincirine dayalı, yönetim sisteminin kurallar ve yönetmelikler ile tanımlandığı, iş bölümü ve uzmanlaşmayı hedefleyen, yöneticilerin astları ile olan ilişkilerinin kişisel değil profesyonel olması koşulunu gerektiren, iş atamalarında liyakatin dikkate alınmasının başlıca unsur olduğu bir yönetim anlayışı önermektedir (Seker, 2014).

2.2. Neoklasik (davranışsal) yönetim yaklaşımı

Neoklasik yaklaşım, klasik yaklaşımın eksik bıraktığı kısım olan insan unsurunu inceleme konusu yapmış, insanın organizasyon yapısı içerisindeki davranışlarını inceleyerek

organizasyonun yapısı ile insan davranışları arasındaki ilişkileri ortaya koymaya çalışmıştır. Dolayısı ile, bir organizasyon içerisinde iş gören insan unsurunu anlamak, insanın yeteneklerinden olabildiğince yararlanabilmek, organizasyon yapısı ile insan davranışları arasındaki ilişkileri gözden geçirmek, organizasyon içerisinde oluşan sosyal grupları ve bu sosyal grupların özelliklerini ortaya koymak neoklasik yaklaşımın ana fikrini oluşturmaktadır (Koçel, 2005).

Neoklasik yönetim yaklaşımı ilk olarak, 1924 yılında, "Hawthorne Araştırmaları" olarak bilinen, gözlemlere dayalı deneysel bir çalışma ile başlamıştır. Çalışma ortamındaki çeşitli değişikliklerin çalışan davranışları ve verimlilikleri üzerine etkisi incelendiği çalışmalarda, esasen verimliliği artırmanın en iyi yolun insan ilişkilerinin iyileştirilmesinden geçtiği ortaya konulmuştur (Mayo, 1930).

Neoklasik yönetim yaklaşımına ışık tutan Douglas McGregor'un 1957'de yayımlanan "İşletmenin İnsani Yönü" çalışması, X ve Y kuramı olmak üzere iki ayrı yönetim modeli sunmuştur. X kuramı, çalışanların tembel ve sorumluluktan kaçan bireyler olduğunu varsayarak, onların yönlendirilmesi için ikna edilmeleri, ödüllendirilmeleri, cezalandırılmaları, kontrol edilmeleri yönetimin görevi sayılmaktadır. McGregor, bu geleneksel yaklaşımın yanlış olduğunu, bireysel davranışların insanın doğasından değil yönetim felsefesinden kaynaklandığını tespit etmiştir. Y kuramı ise çalışanların potansiyeline odaklanır. Bu modele göre yönetimin görevi, bireylerin motivasyonunu ve gelişimini destekleyerek örgütsel hedeflere yönlendirmektir. Yöneticiler, çalışanların yeteneklerini ortaya çıkarmak için fırsatlar yaratmalı ve engelleri kaldırmalıdır (Mcgregor, 1960).

1957'de Chris Argyris tarafından kaleme alınan "Kişilik ve Örgüt" adli kitapta tanımlanan kişilik (P) ve örgüt (O) kuramının ana temalarından biri, bireysel farklılıkları incelemek ve bireysel farklılıkların gelişebileceği yeni iş dünyaları önermek olmuştur (Argyris, 1973). Yüksek vasıflı işlerde çalışan olgun kişilikli çalışanların eğilimleri çalışma hayatını olumlu yönde etkileyecek şekilde gelişirken düşük vasıflı işlerde çalışan olgun olmayan kişilik yapısındaki çalışanların eğilimleri çalışma hayatını olumsuz yönde etkileyecek şekilde gelişmektedir (Argyris, 1959). Bu yaklaşıma göre çalışanların kişiliklerinin çözümlenerek örgütsel uyumunun ortaya konması organizasyonun başarısı açısından oldukça önemlidir.

Neoklasik yaklaşımına ışık tutan bir diğer bilim insanı olan Abraham Maslow'un 1943 yılında yayımlanan "İnsan Motivasyonu Kuramı" adlı çalışmasında insana dair fizyolojik, güvenlik, sevgi, saygı ve kendini gerçekleştirme ihtiyacı şeklinde sınıflandırılan temel

ihtiyaçların dayandığı çeşitli koşullara ulaşma veya bu koşulları sürdürme arzusu ve bazı daha entelektüel arzular kişilerin davranışlarını motive etmektedir. Bu temel ihtiyaçlar, bir üstünlük hiyerarşisi içinde düzenlenerek birbirleriyle ilişki içindedir. Hiyerarşinin en üst basamağını tatmin edilmeyi bekleyen ihtiyaçlar oluşturmaktadır (Green, 2000). Maslow'un insan motivasyonu kuramı her bir çalışanın tatmin edilmeyi bekleyen ihtiyaçlarının hiyerarşisinin haritalandırılarak buna göre motive edici araçlar geliştirilmesini öngörmektedir.

Yukarıda kısaca değinilen neoklasik yönetim yaklaşımının gelişimine ışık tutan her bir çalışmanın ortak yönü, organizasyon içerisinde insan unsurunun önemini öne çıkarmaktır. Bu bakış açısına göre, yönetimin en önemli unsurlarından biri olan örgüt yapısının anlaşılmasının yolu insan davranışlarının anlaşılmasından geçmektedir. Bu nedenledir ki neoklasik yaklaşım aynı zamanda davranışsal yaklaşım olarak da anılmaktadır.

2.3. Modern yaklaşım

Modern Yaklaşım, sistem yaklaşımı (veya kuramı), istisnalarla yönetim, amaçlara göre yönetim, durumsallık yaklaşımı ve stratejik yönetim yaklaşımı olarak sınıflandırılmaktadır (Dalay, 2001). Sistem yaklaşımı, yönetsel olayları ve yönetim birimlerini birbiri ile ilişkilendirerek, bu ilişkilerin niteliğini ve birimler arası gelişmelerin birbirini etkileme durumlarını incelemeyi, ayrıca yönetimi farklı olaylarla ve çevresel koşullarla ilişkilendirerek değerlendirmeyi amaçlayan bir yaklaşım içermektedir. Sistem yaklaşımı, salt yeni bir disiplin olmaktan ziyade belirli olayların, durumların ve gelişmelerin mercek altına alınmasında kullanılan bir düşünce biçimini yansıtmaktadır. Bu kurama göre yönetim organizasyonu çeşitli parçalar, süreçler ve amaçlardan meydana gelen bir bütün olarak değerlendirilmektedir (Koçel, 2005). Sistem kuramı, özellikle, alışılagelmiş şematik düzende öngörülemeyen problemlerin aydınlatılmasını sağlaması açısından oldukça önemlidir (Bertalanffy, 1950).

İstisnalarla yönetim, aktif ve pasif istisnalarla yönetim şeklinde sınıflandırılmaktadır. Aktif istisnalarla yönetim, liderin kurallardan ve standartlardan sapmaları önlemek amacıyla bu tür sapmaları aktif biçimde gözlemlemesi ve gerektiğinde düzeltici önlemler alması şeklinde gerçekleşir. Pasif istisnalarla yönetim ise yalnızca hatalar tespit edildikten sonra veya standartlara uyulmadığı taktirde müdahale edilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Rowold, 2005).

Amaçlara göre yönetim, bir yönetici ile astının birlikte oturup, belirli bir zaman dilimi içinde gerçekleştirilmesi gereken açık ve net hedefleri ortaklaşa belirlediği ve bu hedeflerden

doğrudan astın sorumlu tutulduğu bir sistemi ifade etmektedir. Amaçlara göre yönetim, planların ve hedeflerin bir kademeden diğerine aktarılması sürecine diyalog unsuru eklemektedir. Üst yönetici, astıyla yaptığı görüşmeye belirli hedefler ve başarı ölçütleri ile gelir. Ast da aynı şekilde kendince uygun olduğunu veya işin yapılmasına daha iyi katkı sağlayacağını düşündüğü hedefler ve ölçütler öne sürer. Amaçlarla yönetim kavramı ilk olarak 1954 yılında Peter Drucker tarafından kullanılmış olmakla beraber yönetim yaklaşımı olarak Douglas McGregor, George Odiorne ve John Humble gibi birçok yönetim kuramcıları tarafından geliştirilmiştir (Thomson, 1998).

Durumsallık yaklaşımı, kuruluşların, işgörenlerin, örgütlerin ve şartların farklılık gösterdiğini ve bunun da farklı yönetimler gerektirdiğini vurgular. Durumsallık yaklaşımını en iyi şekilde ifade eden cümle kalıbı "Eğer…o zaman…" şeklinde olanıdır (Robbins vd., 2016). Yani en iyi yönetim şeklinin farklı durumlar için farklılık gösterebileceği düşüncesinden hareketle kabul görmüş tek bir evrensel yönetim şekline bağlı kalmadan yönetim yaklaşımının belirlenmesi gerektiği düşüncesini temel almaktadır.

Durumsallık yaklaşımı, bir işi yapmanın en iyi yoluna odaklanan klasik ve neoklasik yaklaşımları dışlamamakla beraber, bu yaklaşımlara dair prensip ve varsayımların ancak belirli durumlarda başarılı sonuç vereceğini savunmaktadır (Bolat ve ark., 2018).

Bir diğer modern yönetim yaklaşımı olan stratejik yönetim ise, "örgütün uzun dönemde performansını ortaya koyabilecek yönetsel kararlar ve faaliyetler seti" (Sezer, 2021) olarak ifade edilmektedir. Bir başka ifade ile stratejik yönetim "genel amaçları sahada uygulanacak eylem planına dönüştüren, çevrenin ve rakiplerin de göz önüne alındığı bir ortamda işletmenin başarıya ulaşmasına yönelik kararlar bütünü" olarak tanımlanmaktadır. Stratejik yönetim yaklaşımı, işletmenin yerelden küresele çevresel koşullarının değerlendirilmesini, fırsatlar ve imkanlarla tehditler ve tehlikelerin farkına varmayı, işletmenin sahip olduğu güçlü ve zayıf yönlerin ortaya konularak stratejik hedeflerin belirlenmesini sağlamaktadır (Eren ve Özdemirci, 2018). Böylece büyük resim üzerinden uzun vadeli düşünme imkânı sunulmaktadır.

Stratejik yönetim, değişen çevresel koşullara karşı örgütün hızlı bir şekilde uyarlanmasını ve böylece örgütün devamlılığının sağlanarak stratejik hedeflere ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu yaklaşım, örgütün en üst yönetiminin sorumluluğunda olup, üst yönetimin değerleri, çevre ve elde bulunan kaynaklar olmak üzere birbiri ile ilişki içinde olan ve süreklilik arz eden üç bileşenin değişen şartlara göre ayarlanmasını gerektirmektedir (Sezer, 2021).

2.4. Postmodern yaklaşım

Postmodern yaklaşım, toplam kalite yönetimi, yalın yönetim ve değişim mühendisliği olarak sınıflandırılmaktadır (Dalay, 2001). Toplam Kalite Yönetimi, en yalın haliyle müşteri gereksinimlerinin en üst seviyede sağlanması amacıyla kurulması gereken bir yönetim sistemi olarak tanımlanabilir (Mergen, 1993).

İlk olarak Deming, Juran ve Feigenbaum tarafından öne çıkarılan toplam kalite yönetimi anlayışı; müşteri odaklılık, ekip çalışması, yapılabilecek hatalara karşı önleyici yaklaşım, istatistik ve analizden yararlanma, çalışanların eğitimi ve sürekli gelişimi, üst yönetimin liderliği, tedarikçilerle iş birliği olmak üzere birbirini tamamlayan ilkelerden oluşmaktadır (Bolat ve ark., 2018).

Toyota, zanaatkarlar döneminin akıl ile el becerisinin birleşme felsefesini alıp Fordist sistemin iş standardizasyonu ve montaj hattı ile birleştiren, bununla birlikte ekip çalışmasını sisteme dahil eden yeni bir yönetim yaklaşımı olan yalın yönetimin benimsenmesine öncülük etmiştir (Krafcik, 1988).

Yalın yönetim düşüncesi israfın panzehri olarak tanımlanmaktadır ve yalın yönetim yaklaşımına dair müşteri değeri, değer akışı, akış, çekme ve mükemmellik olmak üzere beş ilkeden söz edilmektedir (Womack ve Jones, 2003).

Bir diğer postmodern yönetim yaklaşımı olan değişim mühendisliği, kurumsal bir yapının tamamen yeniden yapılanma sürecine dahil edilmesini ifade etmektedir. Yeniden yapılanma süreci genellikle alt kademelerde gerçekleşmekte olup yöneticilerden yeniden yapılanma sürecine liderlik etmeleri beklenmektedir (Bansal, 1996).

Yönetimin başarılı bir şekilde yeniden tasarlanması için harekete geçirme, etkinleştirme, tanımlama, ölçme, iletişim kurma süreçlerinin değişiminin sağlanması gerekir (Flarey, 1995).

Özetle değerlendirmek gerekirse, modern yönetim anlayışı, merkezi yönetim, hiyerarşi, kuralcılık, bilimsellik, nesnellik, dikey örgütlü yapı ile karakterize edilirken, postmodern yönetim anlayışı yerinden yönetimi, yatay örgütleri, sonuçlara odaklı yönetimi, durumsal yaklaşımları ve buna uygun özel örgütlenmeleri öngörmektedir (Yıldırım, 2010). Yani post modern yönetim anlayışı kuralcılığın durumsallığa ve işlevselliğe, nesnelliğin öznelliğe, hiyerarşinin yatay örgütlü yapıya, merkeziyetçiliğin yerelliğe dönüştüğü bir süreci ifade etmektedir.

3. Yönetişim kavramı ve yönetişime geçiş süreci

Yönetişim etimolojik olarak Yunanca "kubernan" yani pilotluk etmek, yönlendirmek, kılavuzluk etmek anlamı taşımakla birlikte ilk olarak orta çağ döneminde Platon tarafından bir yönetim sisteminin ne şekilde tasarlanacağı ile ilgili olarak kullanılmıştır. Aynı anlamıyla Orta çağ Latincesinde "gubernare"ye dönüşen bu kavram hükümet etme ile eş anlamlı olarak kullanılmıştır. Ancak 1980'lerde bu terim hükümetten farklı olarak ve sivil toplum örgütlerini de kapsayacak şekilde ele alınmaya başlanmıştır (Kjaer, 2004).

İkinci dünya savaşı sonrası hızla gelişen teknoloji ve endüstrileşme ile hızla artan nüfus, toplumların kaynak arayışlarının artması ve nihayetinde de doğal kaynaklar üzerinde ciddi anlamda baskı oluşturulması sonucunu doğurmuştur. Böylece, gelecek nesillerin doğal kaynaklardan karşılanması gereken ihtiyaçlarının tehlikeye atılmadan bugünün ihtiyaçlarının karşılanabilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu anlayış 1987 yılında Birleşmiş Milletler tarafından yayımlanan ve "Ortak Geleceğimiz" olarak anılan Brundtlant Raporunun temelini oluşturmaktadır.

Birleşmiş Milletler tarafından yayımlanan Brundtlant Raporu'nda, temel ihtiyaçların karşılanmasının, çoğunluğun yoksul olduğu ülkeler için yalnızca yeni bir ekonomik büyüme çağını değil, aynı zamanda yoksulların bu büyümeyi sürdürmek için gereken kaynaklardan adil pay almalarının güvence altına alınması gerektiği belirtilmiştir. Aynı zamanda, bu eşitlik anlayışının, karar alma süreçlerinde etkili vatandaş katılımını güvence altına alan siyasi sistemler ve uluslararası karar alma süreçlerinde daha fazla demokrasi ile destekleneceği belirtilmiştir (WCED, 1987).

Brundtlant Raporu'nda sürdürülebilir kalkınmanın sabit bir uyum hali değil, kaynakların sömürülmesinin, yatırımların yönünün, teknolojik gelişimin yöneliminin ve kurumsal değişimin gelecekteki ve mevcut ihtiyaçlarla tutarlı hale getirildiği bir değişim süreci olduğu ifadelerine yer verilmişti (WCED, 1987). Buradan anlaşılacağı üzere Ortak Geleceğimiz raporu sürdürülebilir kalkınmanın yanı sıra hakkaniyet, adalet, etkin katılım, kurumsal değişim gibi kavramları da öne çıkaran, esasen yeni bir yönetim anlayışının da temelini oluşturmuştur. Bu yeni yönetim anlayışı, ilk olarak 1989 yılında Dünya Bankası tarafından öne çıkarılan, devlet, özel sektör ve sivil toplum örgütlerinin iş birliği içinde rol aldığı "yönetişim" kavramıyla literatüre dâhil olmuştur.

1987 yılında yayımlanan ortak geleceğimiz raporunun ardından 1992 yılında Birleşmiş Milletler tarafından Rio De Janeiro'da gerçekleştirilen "Yeryüzü Zirvesi", bir başka deyişle "Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı" sonucunda oluşturulan Gündem 21

eylem planında Birleşmiş Milletler kapsamındaki örgütlere, ekonomik gelişme kurumlarına, sivil toplum örgütlerine ve yerel yönetimler üzerinde etkili olabilecek kişi ve kuruluşlara sorumluluklar yüklenmiştir. Gündem 21'in güncel sorunların çözümü ve geleceğe yönelik tehditlerden korunma ile ilgili stratejisi küresel ortaklık kavramı üzerine inşa edilmiştir. Böylece klasik yönetim anlayışı yerini katılımcılığa ve ortaklıklara dayalı yönetişim anlayışına bırakmıştır (Aydınlı, 2004).

Yolsuzluk, kötü yönetim, kayırma, kaynakların yanlış kullanılması 1990'lı yıllarda "yönetişim" kavramını gündeme getirmiş ve hem siyasetin hem de yönetimin önüne önemli bir seçenek çıkarılmıştır. Geleneksel yerel yönetim yeni aktörlerin katılımıyla çok daha karmaşık bir yönetim yapısına dönüşmüştür (Çukurçayır ve Eroğlu, 2012). Böylece devletin yanında sivil toplumun ve özel sektörün etkin olduğu, katılımcı, çok paydaşlı, kendi içinde denetim mekanizmaları işleyen yeni bir yaklaşım benimsenmeye başlanmıştır. Yönetişim süreci, tek yönlü ve tepeden aşağı, hiyerarşik, merkeziyetçi yönetim düşüncesinden farklı olarak işbirlikçi, katılımcı, ortak aklın hâkim olduğu bir süreci ifade etmektedir.

Dünyadaki gelişmelere paralel olarak Türkiye'de de yönetsel anlamdaki bu dönüşümü etkileyen birtakım gelişmeler yaşanmıştır. Örneğin İkinci Dünya Savaşının hemen ardından tek partili sistemden çok partili sisteme geçilerek temsil ilkesinin gerektirdiği kurumların tesisi yönetimin işlevselleşmesi bakımından önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Hatta süreç içerisinde temsili demokrasinin eksiklikleri önemli ölçüde tartışılmaya başlamış ve böylece devlet-yurttaş ilişkilerinin yeniden düzenlenmesi ile yönetimde reform talepleri öne çıkmaya başlamıştır. Bununla birlikte gayrı resmi katılım mekanizmaları da baş göstermeye başlamıştır (Göymen, 2010). Türkiye'de yönetişime geçiş sürecini hızlandıran bir diğer gelişme ise, tarımda makineleşme ile verimin artması, hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin yaşanması sonucu çeşitli ölçeklerde merkezlerin oluşması, bu merkezlerde temsili demokrasinin gerektirdiği organların tesis edilerek seçimle görev alan yetkililerin yer aldığı yerel yönetim sisteminin kurulması olarak ifade edilmektedir. Ayrıca, 1995 yılında Avrupa Birliği ile imzalanan Gümrük Birliği Anlaşması, toplumun ve kurumların çoğulculaşması ve dış dünya ile çeşitli boyutlarda ilişkiler kurulması sonucu sivil toplumun büyüyerek devletle birlikte sorumluluklara ortak olan fonksiyonel bir yapı kazanması, özellikle medya aracılığı ile iletişim ağlarının güçlenmesi yönetişime geçiş sürecini hızlandıran önemli gelişmeler olarak karşımıza çıkmaktadır (Göymen, 2010).

Türkiye'de yönetişime geçiş sürecini etkileyen en önemli gelişmelerden bir tanesi de Avrupa Birliği'ne adaylık süreci olarak değerlendirilmektedir (Göymen, 2010). Aralık 1999'da gerçekleştirilen Helsinki Zirvesi'nde Türkiye'nin AB üyeliğine adaylığı ilan

edilerek Türkiye için katılım öncesi strateji açıklanmıştır. AB katılım öncesi stratejisinin üç ayağından birisi AB Komisyonu ve Konseyi tarafından hazırlanan "katılım ortaklığı belgesi"dir. Bir diğeri ise, mali unsurların yayınlandığı çerçeve yönetmeliğinin yayınlanmasıdır. Son olarak 24 Mart 2001 tarihinde "AB müktesebatının üstlenilmesine ilişkin Türkiye Ulusal Programı"nın yayınlanması da katılım öncesi stratejinin üçüncü ayağını oluşturmaktadır. Katılım öncesi stratejinin bu üç ayağının tamamlanmasıyla birlikte Türkiye resmen AB aday ülkesi konumuna gelmiştir (Bozkır, 2002). Böylece AB uyum süreciyle birlikte pek çok alanda dönüşüm süreci başlamıştır.

Türkiye'de 2000'li yıllardan itibaren yönetişim mekanizmaları daha sistemli bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır. Bunlar arasında, şeffaflık ve hesap verebilirlik bağlamında bilgi edinme, dilekçe ve şikâyet hakları ve mali saydamlıkla ilgili mevzuat düzenlemeleri, Kamu Denetçiliği Kurumu ve Kamu Görevlileri Etik Kurulu oluşturulması, katılımcılık ve ademi merkeziyetçilik bağlamında yerel yönetimlere ilişkin düzenlemeler, bağımsız üst kurulların oluşturulması sayılabilir.

Yönetişime yönelik eleştiriler, devletin rolünü azaltarak neoliberal politikaların yayılmasına ve uluslararası sermaye çevrelerinin politika süreçlerine etki etmesinin yolunu açmasına odaklanmaktadır. Bu eleştirilere göre yönetişim, devleti bir şirket gibi yapılandırmakta, kamu politikalarını piyasa mantığına indirgemekte ve kamu yararını geri plana itmektedir. Türkiye'de bu eleştiriler, 1990'lardan sonra IMF, Dünya Bankası ve OECD gibi kurumlarla yürütülen ilişkiler ve bağımsız kurullar, düzenleyici otoriteler ve dış destekli reformlarla, yönetişimin küresel sermayeye entegrasyon aracı olduğunu vurgulamaktadır (Bayramoğlu, 2018).

3.1. Yönetişim kavramının kullanım biçimleri

Yönetişim kavramı, bir tarafın diğer tarafı yönettiği bir ilişkiden, karşılıklı etkileşimlerin öne çıktığı bir ilişkiler bütününe doğru dönüşümü ifade eder. Böylece yönetişim; toplumların, faaliyetlerini yönetmek amacıyla kullandıkları politik, ekonomik ve yönetsel iradeyi oluşturmaktadır. Yurttaşların, grupların ve toplulukların; ortaklaşa karar alma ve uygulamada, çıkarlarını dile getirmede, yükümlülüklerini karşılamada ve çatışma noktalarının çözümünde kullandıkları mekanizmaları, süreçleri ve kurumları kapsamaktadır. Bu anlamda yönetişim, toplumsal aktörler arasındaki ve toplumsal aktörlerle kamu yönetimi arasındaki karşılıklı etkileşimin niteliğine işaret etmekte ve "birlikte yönetim" anlamını içermektedir (Argüden ve Toksöz, 2008).

Yönetişimin kalitesinin ölçülmesi ise kararların ne şekilde alındığı, gücün ne şekilde

kullanıldığı ve toplumun karar alma sürecine nasıl dahil edildiği ile gerçekleştirilebilmektedir (Özer, 2006). Bu bağlamda ölçme aracı olarak şeffaflık, katılım, hesap verebilirlik gibi yönetişimin ilkelerinden faydalanılmaktadır. Değerlendirmenin sonuçları yönetişimin iyi veya kötü olduğuna dair bilgiler içermektedir.

Yönetişim kavramı, hükümet kavramıyla ilişkilidir. Yönetişim hükümet kavramında bir değişimi yansıtarak, yeni bir hükmetme sürecine, düzenli hüküm durumunda bir değişime veya toplumun idaresinde bir yöntem değişikliğine işaret etmektedir. Yönetişim kavramının altı farklı kullanımından söz edilebilir (Rhodes, 1997):

- Asgari devlet: Devlet müdahalesinin azaltılması ve piyasa mekanizmasının kullanılması bağlamında devletin küçültülmesi odaklı bir kullanım söz konusudur. Özelleştirme ve kamu hizmetlerinde yapılan kesintilerle devletin boyutu küçülmektedir.
- Kurumsal yönetim (corporate governance): Bu kavram yoğun rekabet altında faaliyet gösteren özel sektör şirket yönetimlerinin kurumsallaşmasıyla ilgilidir. Bu tarz yönetim ilkelerinin kamu yönetimine yansıtılması anlamında kullanılmaktadır.
- Yeni kamu yönetimi: Hizmet üretimi için bürokrasinin yerine girişimcilik önerilmekte, sivil toplumun geliştirilmesine ağırlık verilmektedir. Girişimci hükümetlerin çoğu, hizmetler arası rekabeti teşvik eden birimler olarak rol almaktadır. Kontrol hükümet dışı aktörler olan vatandaşlara bırakılır ve sivil toplumun güçlendirilmesi önerilir. Kurumların girdilere değil sonuçlara odaklanmasını, müşterilere seçenekler sunulmasını, sorunların ortaya çıkmadan önleyici tedbirler uygulanmasını öngörür. Katılımcı yönetimin benimsenmesini ve yetki kullanımında ademimerkeziyetçiliği savunmaktadır. Toplumsal sorunların çözümü için kamu, özel sektör ve sivil toplum olmak üzere tüm sektörleri harekete geçiren bir katalizör görevi üstlenmektedir.
- İyi yönetişim: Bir ulusun işlerini yönetmek için siyasi gücün kullanımı anlamına gelmektedir. Etkin bir kamu hizmeti, bağımsız bir yargı sistemi ve sözleşmeleri uygulamak için yasal çerçeve, kamu fonlarının hesap verebilir yönetimi, temsili bir makama karşı sorumlu bağımsız bir kamu denetçisi, devletin tüm kademelerinde hukuka ve insan haklarına saygı, çoğulcu bir kurumsal yapı ve özgür basın unsurlarını içermektedir.
- Sosyal ağlar sistemi: Sosyal ağlar yaklaşımı, tek bir egemen otorite olmadığını ve merkezi bir aktör tarafından yönetilmenin sınırlarını vurgulamaktadır. Merkezi

yönetimin görevi sosyopolitik etkileşimleri mümkün kılmak, sorunlarla başa çıkmak için çok sayıda ve çeşitli düzenlemeleri teşvik etmek, hizmetleri çeşitli aktörler arasında dağıtmak şeklinde sıralanabilir. Kamu-özel sektör ortaklıkları ve kooperatif yönetimleri sosyal ağlar sisteminin belirgin örneklerindendir.

- Kendi kendini düzenleyen ağlar: Bu kullanım hizmetlerin hükümet ile özel ve gönüllü sektörlerin herhangi birisi tarafından sağlandığını belirtmektedir. Örgütler arası bağlar hizmet sunumunun belirleyici bir özelliğidir. Bu anlayışa göre, hükümet iradesini diğer aktörler üzerinde uygulamak için yeterli güce sahip değildir. Diğer sosyal kurumlar büyük ölçüde özerktir ve büyük ölçüde kendi kendilerini denetlerler.

Yönetişim, demokratik bir yönetim sisteminin kurulması adına ilkeler bütününden teşekkül olmuş yeni bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir (Argüden & Toksöz, 2008). Yönetişimin ana gayesi, yolsuzluğun azaltılması, azınlıkların görüşlerinin dikkate alınması ve karar alma süreçlerinde toplumdaki en savunmasız kesimlerin seslerinin duyulması şeklinde sıralanabilir. Aynı zamanda toplumun mevcut ve gelecekteki ihtiyaçlarına karşı duyarlı olmayı da teşvik etmektedir (UNESCAP, 2009).

İyi yönetişim kavramı, ilk kez 1996 tarihinde Türkiye ev sahipliğinde gerçekleştirilen Habitat II Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Konferansında dilimize kazandırılmıştır (Argüden ve Toksöz, 2008). Habitat II konferansında uluslararası ortaklık, iş birliği, yapabilir kılma ve katılım, sürdürülebilirlik, eşitlik gibi kavramlar öne çıkarılarak, merkezi devlet otoritesinin yanında, yerel yönetimlere, sivil toplum örgütlerinin ve özel sektörün önemine vurgu yapılmıştır (TOKİ, 1999). Böylece yönetişim kavramı Türkiye'de de konuşulup tartışılmaya başlanmıştır.

Kötü yönetişim ise, iyi yönetişimin tam tersi olarak, katılım, şeffaflık, hesap verebilirlik, etkenlik, tutarlılık, adalet ve hukukun üstünlüğü gibi ilkelere bağlı kalınmadığı, yolsuzluğun, haksızlığın, adaletsizliğin, tek merkezliliğin var olduğu durumu ifade etmektedir.

3.2. Yönetişim ilkeleri

Yönetişim düzeyinin ölçülmesi amacıyla dünya genelinde anket katılımcılarının, sivil toplum kuruluşlarının, ticari bilgi sağlayıcılarının ve kamu sektörü kuruluşlarının yönetişimle ilgili algılarını yansıtan 31 farklı veri kaynağından elde edilen yüzlerce değişkene dayanılarak, ifade özgürlüğü ve hesap verebilirlik, siyasal istikrar ve şiddetin önlenmesi, hükümetin etkinliği, düzenleyici kalite, hukukun üstünlüğü, yolsuzluğun önlenmesi olmak üzere altı yönetişim ilkesi belirlenmiştir (Kaufmann ve ark., 2011). Böylece yönetişim ilkelerine dair kavramsal çerçeve belirlenmiş olup katılımcılık, şeffaflık,

hukukun üstünlüğü, eşitlik, hesap verebilirlik ve etkinlik gibi temel ilkeler bu sınırlar doğrultusunda kavramın vazgeçilmez ilkeleri olmuştur (Koçak ve Öztepe, 2012).

Yönetişimde, halkın yönetilenden paydaşa dönüştüğü katılımcılık, kamu kararlarının hazırlanması, alınması ve uygulanmasında etkilenen tüm tarafların sürece dahil olması olarak tanımlanır (Gündoğan, 2013). Katılımcılık yönetişimin her aşamasında (karar alma, uygulama, denetleme) gerekli olup, ifade özgürlüğü ve organize olmuş sivil toplumun mevcudiyetine bağlıdır (Kahraman ve ark., 2012). Halk, doğrudan veya temsilcileriyle dolaylı katılım sağlayarak kamusal politikaları şekillendirebilir. Bu süreç tek seferlik eylemler (belediye toplantıları) veya sürekli istişarelerle (halk oturumları) gerçekleştirilebilir (Quick ve Bryson, 2016). "Gücün yeniden dağıtılması" şeklinde de tanımlanan katılımcılık, yoksulların kaynak paylaşımı, politika belirleme ve program yönetimine katılmasını sağlayarak toplumsal reform aracı işlevi görür (Arnstein, 1969).

Şeffaflık, bireylerin yönetişimin aktörlerinin kaynak kullanımına ilişkin doğru bilgiye erişebilmesidir (Koçak ve Öztepe, 2012). Şeffaflık gizlilik gerektirmeyen tüm karar, uygulama ve sonuçların kamuya açık olmasını kapsar (Eroğlu, 2013). Şeffaflık, kurumun finansal veya diğer tüm bilgilerinin zamanında, doğru, anlaşılabilir, eksiksiz ve düşük maliyetle ulaşılabilir bir biçimde kamuya duyurulmasıdır (Çevik, 2018). Şeffaflığın ana gerekçesi, vatandaşların bilinçli karar verebilmesidir. Yönetişim için vatandaşların en geniş bilgi ve argüman yelpazesine erişmeleri gerekir (Kosack ve Fung, 2014).

Hesap verebilirlik, kurumların ürettikleri ürün ve hizmetleri, belirli bir süre içinde, belirlenen standartlara uygun şekilde, toplumun tüm kesimlerine sunma sorumluluğudur (Kahraman ve ark., 2012). Kamu yönetiminin etkinliği hem iç (kurum içi) hem de dış hesap verebilirlik (yasama, yargı, kamu) gerektirir (Eroğlu, 2013). Özel sektörde hesap verebilirlik, pay sahiplerine karşı hesap verme yükümlülüğünü ifade etmektedir (Çevik, 2018). Ancak özel sektörde de çevresel ve sosyal sorumluluklar nedeniyle şirketler hesap vermeye başlamıştır (Mulgan, 2003). 1970'lerden itibaren reformist baskılar, hükümetleri daha şeffaf olmaya zorlamış; ombudsmanlık, yolsuzlukla mücadele kurumları ve medya denetimi gibi hesap mekanizmaları ortaya çıkmıştır (Mulgan, 2003).

Etkinlik, kurumların belirlenen hedeflere ulaşma derecesini ifade etmektedir (Yükçü ve Atağan, 2009). Etkinlik, kaynakların en iyi şekilde kullanılmasını sağlayacak sonuçlar üretmesine karşılık gelmektedir (Acar, 2007). Etkinliğin amacı kaynak israfının önlenerek en az maliyetle ve en kısa sürede faaliyetlerin gerçekleştirilmesidir (Dilaveroğlu, 2020). Etkinlik, kamuda politika oluşturma ve uygulama kalitesinin göstergesidir (Kaufmann ve ark., 2011).

Eşitlik ve adalet ilkesi, tüm paydaşlara objektif ve hakkaniyetli davranarak çıkar çatışmalarının önlenmesini sağlar. Adalet tüm çalışanlara adil politikalar uygulanması, çalışanlar arasında ayrım yapılmamasını da içerir (Çevik, 2018). Tüm paydaşlar için geçerli olan bir yasal çerçeve, bireyleri, devlet ve devlet dışı aktörlerin güçlerini kötüye kullanmalarını önler (Temiz, 2016). Adaletsizlik genellikle siyasi eşitsizlikten kaynaklanır. Kanunlar ve politikalar; dışlanan, örgütlenemeyen veya çok zayıf gruplara hitap etmeyecektir (Fung, 2006).

Hukukun üstünlüğü ilkesi, tüm birey ve kurumların hukukun çizdiği çerçeveye tabi olmasıdır. Ulusal düzeyde hukukun üstünlüğü, vatandaşların ve onları yönetenlerin, uluslararası düzeyde ise devletlerin ve uluslararası örgütlerin hukuka uymak zorunda olduğu anlamına gelir (RWI, 2015). Hukukun üstünlüğü, demokratik yönetimin temeli olup, evrensel hukuk kurallarına uyumu, yasalar önünde eşitliği ve keyfiliğin önlenmesini sağlar (Çevik, 2007).

4. Çevresel yönetişim

İnsanın doğal çevre üzerindeki etkileri; ormanlar, bozkırlar, çayırlar, makilik alanlar gibi bitkiler üzerindeki etkiler, göller, akarsular gibi tatlı su kaynakları ile denizler üzerindeki etkiler, atmosfer üzerindeki etkiler, kara, hava ve denizlerde yaşayan her türden hayvanlar üzerindeki etkiler şeklinde alt bölümlere ayrılarak değerlendirilebilir. Tüm bu alt bölümler doğal çevrenin bir parçasıdır ve öncelikle resmin bütününü görmek ve anlamak önemlidir. Bu nedenle resmin bütününü temsil eden çevresel yönetişim konusu irdelenecektir.

4.1. Çevresel yönetişime kavramsal bakış

Çevresel yönetişim kavramı, aktörlerin çevreye yönelik davranışlarını şekillendiren ve kısıtlayan geniş yelpazedeki politik, ekonomik ve sosyal yapıları ve süreçleri belirtmek için kullanılmaktadır. Dolayısıyla çevresel yönetişim, insanın doğal çevre üzerindeki etkilerinin düzenlendiği çoklu kanalları ifade eder. Çevresel yönetişim, kural oluşturmayı, kurumsal yapılanmayı, izlemeyi ve uygulamayı gerektirir. Aynı zamanda geniş bir paydaş yelpazesinin katılımını içeren bir süreçte, çevreye yönelik kabul edilebilir davranışlara ilişkin normlar, beklentiler ve sosyal anlayıştan oluşan yumuşak bir altyapı anlamına da gelir (Levy ve Newell, 2005).

Çevresel yönetişim, çevreyle ilgili kararların nasıl alındığını ve bu kararlar sonucunda ortaya çıkan politika ve süreçlerin çevresel ve toplumsal olarak sürdürülebilir sonuçlara yol

açıp açmadığını gösterir. Çevresel yönetişim analizleri; yönetişimin kurumsal, yapısal ve süreçsel unsurlarının kapasitesine, işleyişine ve/veya performansına odaklanır (Bennett ve Satterfield, 2018) .

Çevresel yönetişim, küreselleşme, merkezi olmayan (ademimerkeziyetçi) çevresel yönetişim, pazar ve birey odaklı araçlar ile ölçekler arası yönetişim olmak üzere başlıca dört tema etrafında şekillenmektedir. Bu temalar, çevresel ve doğal kaynak krizlerini çözmek için yenilikçi yollar geliştirilmesi yönünde baskılar yaratmakta ve mevcut yönetişim biçimlerini zorlamaktadır. Aynı zamanda, çevre sorunlarıyla ciddiyetle ilgilenme çabalarında var olan olanakların sembolü olup, eksiklikleri çevresel aktörlerin kötüleşen çevresel sorunlarla başa çıkma kapasitesi konusunda endişe yaratmaktadır (Lemos ve Agrawal, 2006) olarak belirtilmektedir.

- Küreselleşme: Son zamanlarda, kıtalararası ekonomik, sosyal ve siyasi uyum sürecini tanımlamak için kullanılan geniş bir kavramdır. Dünya çapındaki bu entegrasyon, kişilerin uluslararası düzeyde iletişim kurmasına, seyahat etmesine ve yatırım yapmasına olanak sağlamakta, şirketlerin ürünlerini geniş çapta pazarlamasına, sermaye, insan ve maddi kaynakları daha verimli bir şekilde elde etmesine, ileri teknolojiyi paylaşmasına ve ölçek ekonomisinden yararlanmasına yardımcı olmaktadır (Wells ve ark., 2001).

  Küreselleşme, ekonomik, siyasal/güvenlik, teknolojik/iletişimsel, çevresel/demografik ve kültürel olmak üzere pek çok boyutta (Bayar, 2008) ele alınması gereken kapsamlı bir kavramdır.

  Uluslararası çevresel yönetişim mekanizmaları; bilimsel, teknolojik ve sıradan bilginin bütünleştirilmesi ve bilgilerin hızlı bir şekilde iletilmesi; işlevsel performansta yeterli yedekleme ve esnekliğin sağlanması; birden fazla aktörün katılımının sağlanması; uluslararası rejimler ile devlet dışı aktörler arasındaki ilişkinin ekonomik ve çevresel değişimlere yanıt verme açısından temel olduğunu kabul etmesi; yasal düzenlemelerin ötesine geçen işbirliği yöntemlerinin belirlenmesi; ortak sorunları çözmek için işbirliği ve sinerjiyi geliştirmek amacıyla ölçekler arası çalışılması; sosyal öğrenmeyi ve uzlaşma arayışını teşvik etmesi (Lemos ve Agrawal, 2006)açılarından avantaj sağlamaktadır.

  Gelişen küresel yönetişim söylemi 1970'lerin ve 1980'lerin uluslararası rejimler yaklaşımının devamı niteliğindedir. Küresel çevresel iş birliği ve yönetişimi küresel çevre sorunları ile mücadelede hayati önem taşımaktadır (Ford ve ark., 2005).

- Merkezi olmayan çevresel yönetişim: Ademimerkeziyetçilik bir takım kamusal

hizmetlerin merkezi yönetim haricinde, başka kamu kuruluşları tarafından yürütülmesi olarak tanımlanmaktadır (KB, 2014).

Kamu yönetimi uzmanları tarafından yerelleşmenin yetki devri ve yetki aktarımı olmak üzere iki şekilde gerçekleşebileceğine vurgu yapılmaktadır. Yetki devri ile yerelleşme, merkezî hükümetin bazı görev ve iş yüklerinin merkeze bağlı bölgesel ya da yerel ofislere aktarıldığı bir kurum içi yeniden düzenleme sürecini ifade etmektedir. Bu durumda, politika içeriği üzerindeki asıl yetki merkezde kalmaktadır. Ancak sahadaki ofislere ve görevlilere, bu politikaların nasıl uygulanacağına dair bir miktar takdir yetkisi verilmektedir. Yetki aktarımı ise, yerel yönetim birimlerine (bölge, eyalet, il ya da belediye düzeyinde) çok daha kapsamlı bir karar alma yetkisinin ve sorumluluğunun devredilmesini içermektedir. Bu yerel organların tüzel kişiliği, federal sistemlerde genellikle anayasal olarak, üniter sistemlerde ise yerel yönetim yasası gibi yasal düzenlemelerle tanınır. Bu sistemde, yerel yönetimler merkezî devletten daha bağımsız şekilde hareket edebilmektedirler (Hutchcroft, 2002).

Bir devlet sistemi ne kadar ademimerkeziyetçi ise, yasama, yürütme ve yargı arasındaki güç ilişkileri ne kadar dengeli ise, seçim sistemi ne kadar orantılı ise ve son olarak referandum aracı ne kadar kullanılabilir ise, yeni toplumsal hareketler için erişim noktalarının sayısı da o kadar fazla olacaktır (Van Der Heijden, 2006).

Ademimerkeziyetçilik, hiyerarşik, bürokratik bir yukarıdan aşağıya yönetim mekanizmasından, şeffaflığın yüksek olduğu ve yönetilenlere karşı hesap verebilirliğin kamu görevlilerinin davranışları üzerinde bağlayıcı bir kısıtlama olarak işlev gördüğü, katılım ve iş birliği ile karakterize edilen iç içe geçmiş özyönetimler sistemine doğru yönetimi yeniden oluşturmayı amaçlamaktadır (Faguet, 2011).

Çevresel yönetişimin ademimerkezileştirilmesinin sağladığı faydalar; ulus-altı birimler arasındaki rekabet nedeniyle daha fazla verimliliğin sağlanması; karar alma sürecinin yönetişimden etkilenenlere yaklaştırılmasını, böylece daha yüksek katılımın ve hesap verebilirliğin teşvik edilmesi ve son olarak, karar vericilerin doğal kaynaklar hakkında zamana ve yere özgü daha kesin bilgilerden yararlanmasına yardımcı olması şeklinde sıralanabilir (Lemos ve Agrawal, 2006).

- Pazar ve birey odaklı araçlar: 1970'lerden bu yana devletin çevresel yönetişimin başlıca aktörü olarak gerilemesi, piyasa ve gönüllü teşviklere dayalı mekanizmaları da ön plana çıkarmıştır. Pazar ve birey odaklı araçlar, hiyerarşik olarak örgütlenmiş, düzenleyici kontrol ve hatta tamamen katılımcı yapılara dayanmak yerine, belirli

çevresel stratejilerle ilişkili maliyet ve faydaların dikkatli bir şekilde hesaplanması ve birleştirilmesi yoluyla bireysel teşvikleri çevresel açıdan olumlu sonuçlar lehine harekete geçirmeyi amaçlamaktadır. Pazar ve birey odaklı araçlar çok geniş bir yelpazeye sahip olmakla beraber sertifikasyon, eko-etiketleme, gönüllü anlaşmalar bunlardan birkaçıdır (Lemos ve Agrawal, 2006).

- Ölçekler arası yönetişim, mekânsal alanlar ve yetki alanları arasındaki gibi farklı ölçekler arasındaki etkileşimler olarak ifade edilmektedir (Cash ve ark., 2006).

  Teorik olarak ölçekler arası yönetişim, kaynaklardan (yaban hayatı, açık alan, rekreasyon, tarım, su vb.) elde edilen sosyal faydaların, daha büyük ekosistemin bütünlüğünden ödün vermeden bölgesel olarak dağıtılmasını sağlar. Bu yönetişim rejimleri idari, sosyal veya politik sınırların kurumsal parçalanmasına karşı koymayı amaçlamaktadır. Dahası, iç içe geçmiş yönetişime kamu-özel ağlarının dahil edilmesi, yönetişimde farklı çıkarların temsilini artırmaktadır (Lemos ve Agrawal, 2006). Ölçekler arası kaynak yönetimi ağları yalnızca daha dayanıklı bir yönetişim oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda daha katılımcı ve etkili bir yönetişim de yaratabilir (Markelova ve Mwangi, 2012).

4.2. Çevresel yönetişime tarihsel bakış

Sosyoekonomik yapıları ve gelişmişlik düzeyleri birbirinden farklı pek çok ülke 5-16 Haziran 1972 tarihleri arasında İsveç'in başkenti Stockholm'de ilk kez çevre konusunda bir araya gelmiş ve bu konferansın çıktısı olarak Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Bildirisi kabul edilmiştir (DB, 2023).

Sürdürülebilir kalkınma kavramı ise ilk kez, 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nca hazırlanan Brundtland Raporu'nda "Bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma" olarak tanımlanmıştır (DB, 2023).

1987 yılında Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan Brundtland Raporu'nun ardından sürdürülebilir kalkınmanın siyasi bir söylem olarak ortaya çıkmasıyla birlikte hükümetler devlet dışı aktörlerle daha fazla yetki paylaşmaya başlamıştır. Sürdürülebilir kalkınma çevresel, sosyal ve ekonomik konuların bütünsel olarak ele alınması gerektiğini kabul eden bir anlayış içermektedir. Bu fikir, ulusal hükümetlere çevresel yönetişim için daha geniş kapsamlı ve yasal olmayan stratejiler uygulamaya davet eden BM 1992 Rio Dünya Zirvesi'nin temelini oluşturmuştur. Rio Dünya Zirvesi'nin ana uygulama anlaşması olan Gündem 21, sürdürülebilirliğin yönetilmesinde işletmeler, yerel yönetimler ve

topluluklar gibi devlet dışı aktörlere de yeni roller öngörmüştür. Ekonomilerin daha çevre dostu çizgilerde reform edilebileceği fikrine dayanan bu yaklaşım, tüketiciler ve işletmeler gibi toplumsal aktörleri, genellikle yeni pazarlar ve teknolojik yenilikler yaratarak çevre korumayı teşvik etme konusunda güçlendirmek için hükümet müdahalesini içermektedir. Çevreyi korumanın daha az düzenleyici ve hatta düzenleyici olmayan yolları (çevre vergilendirmesi ve emisyon ticareti gibi) ekonomistler tarafından aktif olarak teşvik edilmiştir (Benson ve Jordan, 2017). Rio Bildirisi ile aynı zamanda Orman İlkeleri de kabul edilmiş, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve BM Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi İmzaya açılmıştır. 1994 yılında imzaya açılan BM Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi de yine Rio Konferansı'nda alınan kararlara paralel olarak hazırlanmıştır (DB, 2023).

Kalkınma konusunda önemli bir politika aracı olarak bilinen ve 2000 yılında 147 ülke ve hükümet başkanlarının da dahil olduğu 189 ulusun temsilcileri ile gerçekleştirilen zirvede alınan kararlarla hazırlanan Binyıl Bildirgesine dayanan Binyıl Kalkınma Hedefleri; insani kalkınmaya yönelik olarak aşırı yoksulluk ve açlığın ortadan kaldırılması, tüm bireyler için temel eğitim, toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlanması ve kadının durumunun güçlendirilmesi, çocuk ölümleri, anne sağlığının iyileştirilmesi, HIV/AIDS, sıtma ve diğer salgın hastalıklarla mücadele, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve kalkınma için küresel ortaklık konularını içermektedir. Binyıl Kalkınma Hedefleri kapsamında yapılacak olan çalışmaların belirlenen göstergeler rehberliğinde taraf olan bütün ülkelerce 2015 yılına kadar tamamlanması hedeflenmiştir (DPT ve UN, 2010).

26 Ağustos-4 Eylül 2002 tarihleri arasında Johannesburg'ta düzenlenen Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesinde (Rio+10), çevre konusunda ortak hedeflerin ve gündemlerin benimsenmesi sürecinde, çevrenin korunmasıyla sosyal ve ekonomik gelişmenin bağlantılı bir şekilde yürütülerek sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması konusu değerlendirilmiştir (Ağca, 2002).

1992 yılında Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde gerçekleştirilen Rio Dünya Zirvesinden itibaren ülkelerin son 20 yılda sürdürülebilir kalkınmaya yönelik başarılarını ve eksikliklerini tartışmalarına ve gelecekte insan refahını tehdit edecek zorluklara ilişkin alternatifleri ortaya koymalarına olanak sağlamak amacıyla 20-22 Haziran 2012 tarihleri arasında yine Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio+20) düzenlenmiştir. Rio+20'de daha yaşanabilir bir gezegene ulaşmak için yapılan tartışmalar sonucunda verilen kararlar ve taahhütler sonucu hazırlanan belge "İstediğimiz Gelecek" olarak adlandırılmıştır (DB, 2023).

Bu belge sürdürülebilir kalkınma konusundaki politik kararlılığı ortaya koymanın

yanında, Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin tamamlanacağı 2015 yılı sonrası için Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile sürdürülebilir kalkınma konusunda üst düzeyli bir politik panelinin oluşturulması konularında kararları da içermektedir. Belge, aynı zamanda yeşil ekonomi gibi sürdürülebilir kalkınmaya hizmet edecek araçların devreye alınması, uluslararası düzeyde sürdürülebilir kalkınmanın kurumsal yapısının güçlendirilmesi ile istihdam, enerji, kentler, gıda, su, denizler ve afetler konularında yol gösterici ilkeleri ve uygulama çerçevesini de belirlemektedir (UN, 2012).

Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, ABD'nin New York eyaletinde, 2015 yılında, çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik kalkınma hedeflerinin devamı niteliğinde, yoksulluğun ortadan kaldırılması, dünyanın korunması, adaletsizlik ve eşitsizlikle mücadele edilmesi amacıyla 2030 yılında tamamlanması planlanan bir yol haritası olarak Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini (SKH) kabul etmiştir (UN, 2024). SKH'leri 17 başlık altında toplanmış evrensel hedeflerden oluşmaktadır. Bu hedeflerden çevresel sürdürülebilirlikle doğrudan ilişkili olanlar; 6. Maddede gösterilen "temiz hava ve sanitasyon", 11. Maddede gösterilen "sürdürülebilir şehirler ve topluluklar", 13. Maddede gösterilen "iklim eylemi", 14. Maddede gösterilen "sudaki yaşam" ve 15. Maddede gösterilen "karasal yaşam" başlıkları altında sıralanmaktadır. Bu hedeflerden "karasal yaşam" başlıklı 15. Madde biyolojik çeşitliliğin korunması, iklim değişikliği ile mücadele, kuraklaşma sorunlarının önüne geçilmesi gibi konuların yanında, ormansızlaşmanın önüne geçilmesi, herhangi bir sebepten dolayı bozulmuş orman alanlarının iyileştirilmesi, yeniden orman tesisi, sürdürülebilir orman yönetiminin sağlanmasına yönelik tedbirlerin alınması gibi ormancılık alanı ile ilgili konuları da içermektedir (UN DESA, 2019).

5. Sonuçlar

Tarihsel süreç içerisinde toplumsal ihtiyaçların farklılaşması, sosyoekonomik değişimler, bilim ve teknolojide yaşanan gelişmeler gibi pek çok unsurun etkisiyle yönetim anlayışında değişimler meydana gelmiştir. Mevcudiyeti M.Ö. 4000'li yıllara değin uzanan, sanatların en eskisi bilimlerin en yenisi olarak nitelenen yönetim kavramı, bir bilim olarak ele alınmaya başladığı 20. yy.'ın başlarından itibaren pek çok kez paradigma değişimlerinin etkisinde evrilmiştir. Başlangıçta insanı makinanın bir parçası olarak gören yönetim anlayışı zaman içerisinde yerini insan kaynağını yönetimin en önemli unsurlarından biri olarak ele alan bir anlayışa dönüşmüştür.

Yönetim yaklaşımları, zaman içerisinde her ne kadar çeşitli şekillerde değişime uğramış olsa da karar alma ve uygulama süreçlerinde merkeziyetçi ve hiyerarşik yapı mevcudiyetini korumaya devam etmiştir.

1980'li yıllardan itibaren merkezi otoritenin karar alma ve uygulama süreçlerinde tek başına yeterli olamayacağı anlayışından yola çıkılarak toplumun kamu, sivil toplum ve özel sektör gibi farklı kesimlerinin yönetim süreçlerine dahil edildiği yeni bir anlayış benimsenmeye başlamıştır. Bu anlayış en genel haliyle birlikte yönetmek anlamı taşıyan "yönetişim" kavramı ile yönetim literatürüne dahil olmuştur. Yönetişim ile katılım, eşitlik, adalet, şeffaflık, hesap verebilirlik gibi birtakım ilkeler temelinde demokratik bir yönetim süreci oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu ilkeler aynı zamanda yönetişim derecelendirmesinde birer gösterge niteliğindedir.

Toplumu oluşturan bireylerin ormanlar, su kaynakları, atmosfer gibi doğal çevre üzerindeki olumsuz etkileri, bu etkilerin çevresel faktörler üzerinde yarattığı geri dönüşü oldukça zor olan tahribatlar, doğal kaynakların gelecek nesillere aktarımı konusunda yaşanan endişeler, kısacası çevresel sorunlara çözüm arayışları dikkatleri çevresel yönetişim konusuna çevirmiştir.

Çevresel yönetişim, bireylerin doğal çevre üzerindeki etkilerinin düzenlendiği siyasi, ekonomik ve sosyal yapılar ve süreçleri ifade etmesinin yanında çevre ile ilgili karar alma süreçlerinde kamu, özel sektör ve sivil toplum iş birliğini esas alan katılımcı bir yaklaşım sunmaktadır. Çevresel yönetişim, doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanımı, toplumun her kesiminin doğal kaynaklardan eşit pay alması, çevresel adaletin sağlanması, iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı benzeri olumsuz çevresel etkilerin tersine çevrilmesi gibi amaçlar içermektedir. Çevresel yönetişim ekonomik kalkınma ile sürdürülebilir doğal kaynak kullanımı arasında koruma-kullanma dengesini sağlayabilmek adına adeta bir terazi görevi üstlenmektedir.

Çevresel yönetişim ile çevre ve doğal kaynak meselelerinin çözümü için bütüncül, kapsayıcı ve sürdürülebilir çözümler üretebilecek önemli bir çerçeve sunulmuştur. Bu meseleler için sadece merkezi hükümetlerce değil, yerel yönetimler, özel sektör ve STÖ'ler gibi farklı aktörlerin katılımıyla etkili çevre politikaları oluşturulmaya ve uygulamaya çalışılmıştır. İklim değişikliği gibi sınır aşan meseleler için, uluslararası iş birlikleri kurulmuş, Kyoto Protokolü ve Paris İklim anlaşması gibi anlaşmalar ve koordinasyonlar sağlanmıştır. Çevre ve doğal kaynak alanında karar alma süreçlerinde halkın katılımı, şeffaflık ve hesap verebilirlik konuları, uluslararası sözleşmelere konu edilmiştir. İklim

değişikliğiyle ilgili küresel ölçekte bilimsel bilgiler ortaya konulmuş, raporlar BM ve ülkelerce politika oluşturmada referans alınmaya başlanmıştır.

Yönetişimin, politika geliştirme ve uygulama, şeffaflık ve hesap verebilirlik, bilgi paylaşımı, katılımcılık, uluslararası iş birliği, koordinasyon gibi önemli katkı ve rollerine karşın, çevre ve doğal kaynaklara ilişkin meselelerin çoğu çözümlenememiştir. Zira yönetişimin çevre ve doğal kaynak meselelerini çözme kapasitesi, politik irade, ekonomik çıkarlar ve uluslararası iş birliğindeki sınırlılıklar nedeniyle çoğu zaman sınırlı kaldığı ifade edilmektedir. Çevresel yönetişim mekanizmalarının bazı meselelerin artış hızını azalttığı, küresel olarak olmasa da bazı bölgesel iyileşmelerin olduğu, çevre ve doğal kaynak alanındaki farkındalığı artırdığı söylenebilir.

Çevresel yönetişimin sağlanamaması veya yönetişim düzeyinin düşük olması pek çok sosyoekonomik sorunu da beraberinde getirecektir. Bu etkiler, çevresel tahribatın artması, iklim değişikliğinin hızlanması, biyolojik çeşitliliğin azalarak bazı türlerin neslinin tükenmesi, çevresel bozulmanın halk sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin artması, doğal kaynakların azalarak zamanla hammadde ihtiyacının karşılanamayacak düzeye inmesi şeklinde sıralanabilir.

Bu bağlamda, yönetişim mekanizması içerisindeki kurumsal yapıların ve uluslararası iş birliklerinin güçlendirilmesi, kurumlararası yetki ve sorumluluk karmaşalarının giderilmesi, sivil toplumun, özellikle de yerel halkların yönetişim süreçlerine katılımının desteklenmesi, katılım mekanizmalarının genişletilmesi, çevresel sorumlulukların ve faydaların adil paylaşımı için gerekli yasal düzenlemelerin gözden geçirilerek uygulamadaki aksaklıkların giderilmesine yönelik önlemler alınması, kamuya açıklama ve hesap verme süreç ve yöntemlerinin iyileştirilmesi çevresel yönetişimin sağlanması veya güçlendirilmesi amacıyla atılması gereken adımlar olarak ifade edilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde ilk yazarın ikinci yazar danışmanlığında yapmakta olduğu doktora tezi kapsamında üretilmiştir. Tez çalışması 2240264 numaralı TÜBİTAK Hızlı Destek Projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

Acar, Ş. B. (2007). *İyi Uygulama Örnekleri Çerçevesinde Kamu Yönetiminde Mali Saydamlık ve Kamuoyu Denetiminin Etkinleştirilmesi, Devlet Bütçe Uzmanlığı, Araştırma Raporu*.

Ağca, B. (2002). *Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi*. https://www.mfa.gov.tr/dunya-surdurulebilir-kalkinma-zirvesi_johannesburg_-26-agustos---4-eylul-2002_.tr.mfa

Akman, Y. (2020). Yönetsel İlkeler. İçinde M. Özdemir (Ed.), *Yönetme Sanatı* (1. bs, ss. 58-70). Anı Yayıncılık.

Argüden, Y., & Toksöz, F. (2008). *İyi Yönetişim El Kitabı* (F. Toksöz, Ed.; 1. bs). TESEV Yayınları.

Argyris, C. (1959). *The Individual and Organization: An Empirical Test*. *4*, 145-167. https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2390675

Argyris, C. (1973). *Personality and Organization Theory Revisited, Administrative Science Quarterly*. *18*, 141-167. https://doi.org/doi.org/10.2307/2392060

Arnstein, S. R. (1969). A Ladder of Citizen Participation. *Journal of The American Planning Association*, *35*(1), 216-224. https://doi.org/10.1080/01944366908977225

Aydınlı, H. İ. (2004). *Sosyo-ekonomik Dönüşüm Süresinde Belediyeler* (1. bs). Nobel yayın.

Bansal, P. C. (1996). *Review Work: Reengineering Management: The Mandate for New Leadership James Champy*.

Bayar, F. (2008). Küreselleşme Kavramı ve Küreselleşme Sürecinde Türkiye. *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, 25-34.

Bayramoğlu, S. (2018). *Yönetişim Zihniyeti: Türkiye'de Üst Kurullar ve Siyasal İktidarın Dönüşümü* (4. bs). İletişim yayınları.

Bennett, N. J., & Satterfield, T. (2018). Environmental governance: A practical framework to guide design, evaluation, and analysis. *Conservation Letters*, *11*(6), e12600. https://doi.org/10.1111/CONL.12600;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION

Benson, D., & Jordan, A. (2017). Environmental Governance. *International Encyclopedia of Geography*, 1-9. https://doi.org/10.1002/9781118786352.WBIEG0631

Bertalanffy, L. Von. (1950). *An Outline of General System Theory*. *1*, 134-165. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1093/bjps/i.2.134

Bolat, T., Seymen, O. A., Bolat, O. İ., & Erdem, B. (2018). *Yönetim ve Organizasyon* (7. bs). Detay Yayıncılık.

Bozkır, V. (2002). Türkiye ve Avrupa Birliği'ne Tam Üyelik Süreci. *Dışişleri Bakanlığı Yayınları*.

Cash, D. W., Adger, W. N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P., Pritchard, L., & Young, O. (2006). Scale and Cross-s,Scale Dynamics: Governance and Information in a Multilevel World. *Ecology and Society*, *11*, 1-12.

Çevik, H. H. (2007). *Türkiye'de Kamu Yönetimi Sorunları* (3. bs). Seçkin Yayıncılık.

Çevik, T. Ç. (2018). Kurumsal Yönetişim Açısından Kurumsal Güven Yaklaşımı. İçinde V. Ekin & T. Ç. Çevik (Ed.), *Yönetişimde Yeni Yaklaşımlar* (ss. 165-172). Kriter yayınevi.

Çukurçayır, M. A., & Eroğlu, H. T. (2012). Yönetişim Yaklaşımı ve Türkiye'de Kent Konseyleri. İçinde Genç F. N. (Ed.), *Yönetişim ve Yönetim Ekseninde Kamu Yönetimi* (ss. 215-244). Ekin yayınevi.

Dalay, İ. (2001). *Yönetim ve Organizasyon: İlkeler, Teoriler ve Stratejiler* (1. bs). Sakarya Üniversitesi.

DB. (2023). *Çevre, İklim Değişikliği ve Suya Dair Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri*. https://www.mfa.gov.tr/surdurulebilir-kalkinma.tr.mfa.

Dilaveroğlu, A. (2020). Yönetişim İlkeleri ve Yerel Yönetimler Mevzuatına Yansımalar. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *19*(37), 45-63.

DPT, & UN. (2010). *Binyıl Kalkınma Hedefleri Raporu,Türkiye 2010*.

Eren, E., & Özdemirci, A. (2018). *Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası* (10. bs). Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Eroğlu, H. T. (2013). Kamu Yönetiminde Hiyerarşi, Ağ, Piyasa ve Aktörler Düzleminde Yönetişim. İçinde M. A. Çukurçayır & H. T. Eroğlu (Ed.), *Yönetişim* (ss. 141-168). Çizgi kitabevi.

Faguet, J.-P. (2011). Decentralization and governance. *Elsevier*.

Fayol, H. (2016). *Genel ve Endüstriyel Yönetim* (B. Akın, Ed.; M. A. Çolakoğlu, Çev.; 5. bs). Adres Yayınları.

Flarey, D. L. (1995). Reengineering Management. *The Journal of Nursing Administration*, *25*, 12-13.

Ford, L. H., Edited, L. D. L. (David L., & Newell, P. (Peter J. (2005). *The business of global environmental governance*. 360.

Fung, A. (2006). *Varieties of Participation in Complex Governance*. *66*, 66-75.

Göymen, K. (2010). *Türkiye'de Yerel Yönetişim ve Yerel Kalkınma* (1. bs). Boyut Yayın Grubu.

Green, C. D. (2000). Classics In The History of Psychology. *York University*, 1-14.

Gündoğan, E. (2013). Yönetişim: Kavram, Kuram ve Boyutlar. İçinde M. A. Çukurçayır & H. T. Eroğlu (Ed.), *Yönetişim* (ss. 15-56). Çizgi kitabevi.

Hutchcroft, P. D. (2002). Centralization and Decentralization in Administration and Politics: Assessing Territorial Dimensions of Authority and Power. İçinde *Governance* (ss. 23-53). John Wiley and Sons.

Kahraman, Y., Vurgun, L., & Öztop, S. (2012). Yönetişim ve Yönetim Ekseninde Kamu Yönetimi. İçinde F. N. Genç (Ed.), *Yönetişim ve Yönetim Ekseninde Kamu Yönetimi* (ss. 111-136). Ekin yayınevi.

Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2011). The worldwide governance indicators: Methodology and analytical issues. *Hague Journal on the Rule of Law*, *3*(2), 220-246. https://doi.org/10.1017/S1876404511200046

KB. (2014). *Onuncu Kalkınma Planı Yerel Yönetimler Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Onuncu-Kalkinma-Plani-Yerel-Yonetimler-Ozel-Ihtisas-Komisyonu-Raporu.pdf

Kjaer, A. M. (2004). *Governance, Key Concepts* (1. bs). Polity press.

Koçak, S. Y., & Öztepe, M. C. (2012). Yönetişim Yaklaşımı Açısından Kamu Yönetimi Etiği. İçinde Genç F. N. (Ed.), *Yönetişim ve Yönetim Ekseninde Kamu Yönetimi* (ss. 87-110). Ekin yayıncılık.

Koçel, T. (2005). *İşletme Yöneticiliği* (10. bs). Arıkan Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.

Kosack, S., & Fung, A. (2014). *Does Transparency Improve Governance? 17*, 65-87.

Krafcik, J. F. (1988). *Triumph Of The Lean Production System*. 41-52.

Lemos, M. C., & Agrawal, A. (2006). Environmental Governance. *Annu. Rev. Environ. Resour*, *31*, 297-325. https://doi.org/10.1146/annurev.energy.31.042605.135621

Levy, D. L., & Newell, P. J. (2005). The Business of Global Environmental Governance. *Massachusetts Institute Of Tecnology*, 1-345.

Markelova, H., & Mwangi, E. (2012). The Wealth Of The Commons, A Worl Beyond Market&State, Multilevel Governance and Cross-Scale Coordination for Natural Resource Management: Lessons from Current Research. İçinde D. Bollier & S. Helfrich (Ed.), *https://wealthofthecommons.org/essay/multilevel-governance-and-cross-scale-coordination-natural-resource-management-lessons-current*. Levellers.

Mayo, E. (1930). The Human Effect of Mechanization. *The American Economic Review*, *20*(1), 156-176.

Mcgregor, D. (1960). *The Human Side of Enterprise* (C. 2, Sayı 1). TATA McGRAW-HILL.

Mergen, E. (1993). Toplam Kalite Yönetimi. *Eskişehir Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1-2.

Mulgan, R. G. (2003). *Holding power to account : accountability in modern democracies*. Palgrave Macmillan.

Özer, M. A. (2006). Yönetişim Üzerine Notlar. *Sayıştay Dergisi*, *63*, 59-89.

Quick, K. S., & Bryson, J. (2016). *Theories of Public Participation In Governance*. 1-12.

Rhodes, R. A. W. (1997). *Understanding Governance : Policy, Networks, Governance, Reflexivity, and Accountability* (İ. Durusoy, Çev.). Open University Press.

Robbins, S. P., Decenzo, D. A., & Coulter, M. (2016). Yöneticiler ve Yönetim (M. Çetin, Çev.). İçinde A. Öğüt & C. Erbil (Ed.), *Yönetimin Esasları* (8. bs, ss. 2-28). Nobel.

Rowold, J. (2005). Multifactor Leadership Questionnaire Psychometric Properties of the German Translation by Jens Rowold. *Mind Garden*.

RWI. (2015). Hukukun Üstünlüğü (Türkiye Barolar Birliği Yayınları, Çev.). İçinde M. Toprak (Ed.), *Türkiye Barolar Birliği Yayınları*. Ayrıntı Basımevi.

Seker, S. E. (2014). Max Weber ve Bürokrasi. *YBS Ansiklopedi*, *1*, 1-30.

Sezer, Ö. (2021). *Kamu ve Özel Sektör Yönetimi İçin Yönetim Sözlüğü* (M. A. Özer, Ed.; 2. bs, ss. 435-435). Lykeion.

Şimşek, M. Ş., & Çelik, A. (2019). *Yönetim ve Organizasyon* (21. bs). Eğitim Yayınevi.

Taylor, F. W. (2020). *Bilimsel Yonetimin ilkeleri* (H. B. Akın, Çev.; 5. bs, C. 5). Çizgi Kitabevi.

Temiz, H. E. (2016). Sosyal Politika Bağlamında Küresel Yönetişim. *Toplum ve Demokrasi Dergisi*, *6*(13), 201-217.

Thomson, T. M. (1998). *Management by Objectives* (2. bs, C. 20). The Pfeiffer Library.

TOKİ. (1999). Habitat Gündemi ve İstanbul Deklarasyonu. *Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşmeleri Konferansı Habitat II*, 1-82.

Türker, M. F. (2020). Ormancılık İşletme Ekonomisi. İçinde *1. Baskı* (3. bs). Ormancılık ve Tabiatı Koruma Vakfı.

UN. (2012). *The Future We Want*. 1-49.

UN. (2024). *Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları*. https://www.globalcompactturkiye.org/surdurulebilir-kalkinma-amaclari

UN DESA. (2019, Temmuz 12). *United Nations Sustainable Development Goals*. https://sdgs.un.org/goals.

UNESCAP. (2009). *What Is Good Governance*. 1-3.

Ülgen, H., & Mirze, S. K. (2018). *İşletmelerde Stratejik Yönetim* (C. 9).

Van Der Heijden, H.-A. (2006). Globalization, Environmental Movements, And International Political Opportunity Structures. *JSTOR*, *19*, 28-45.

WCED. (1987). *Brundtland Raporu*.

Wells, G. J., Shuey, R., & Kiely, R. (2001). *Globalization* (1. bs). Nova Publishers.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking. İçinde *Simon & Schuster* (2. bs, C. 48, Sayı 11). Free Press.

Yıldırım, M. (2010). Modernizm, Postmodernizm ve Kamu Yönetimi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, *7*, 703-720.

Yükçü, S., & Atağan, G. (2009). Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, *23*, 1-13.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 237-264
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1592266

Kent Akustiği ve Ekolojik Çözümler; Bingöl Kent Merkezi Örneği

Urban Acoustics and Ecological Approaches; The Case of Bingöl City Center

Hüccet VURAL[1], Fatoş ÖZTEKİN[1], Ayşenur AKBANA[1]

Özet

Bu araştırmada; Bingöl kent merkezinde gürültü ölçümleri yaparak kentin akustik karakterinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Gürültü kirliliği ile ilgili günümüzde risk oluşturan ve gelecekte risk oluşturma ihtimali bulunan alanlar ve bu alanlarda alınması gereken biyolojik ve teknik önlemler belirlenmiştir. Gürültü ölçümleri bütün kenti temsil edecek şekilde ve dört alan kullanım sınıfından (trafik, eğitim alanı, yeşil alan ve konut bölgesi) toplam 40 farklı noktada yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde ortalama değerler bakımından alan kullanım sınıfları içerisinde en yüksek gürültü ortalaması okul bahçelerinde (69,07 dB(A)), en düşük gürültü ortalaması ise konut/yerleşim bölgelerinde (55,1 dB(A)) ölçülmüştür. Ortalama gürültü değerleri trafik alan sınıfında 62,1 dB(A), yeşil alan sınıfında ise 59,59 dB(A) olarak gerçekleşmiştir. Alan kullanım sınıflarından bağımsız olarak 40 noktada yapılan ölçüm sonucunda kent gürültüsünün 48,98 ile 98,13 dB(A) arasında değiştiği ve ortalama kent gürültüsünün 61,47 dB(A) olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucunda ana kent merkezinde ve Uydukent bölgesinde gürültü bakımından riskli alanlar belirlenmiş ve bu alanlara yönelik çeşitli önlemler ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gürültü kirliliği, Gürültü haritası, Gürültü bariyeri

Abstract

In this study, it was aimed to determine the acoustic character of the city by making noise measurements in Bingöl city center. Areas that pose a risk today and are likely to pose a risk in the future regarding noise pollution, and the biological and technical measures that should be taken in these areas were determined. Noise measurements were made at a total of 40 different points representing the whole city and from four land use classes (traffic, education area, green area and residential area). In terms of average values, the highest noise average was measured in school gardens (69.07 dB(A)) and the lowest noise average was measured in residential areas (55.1 dB(A)). The average noise values were 62.1 dB(A) in the traffic area class and 59.59 dB(A) in the green area class. As a result of the measurements made at 40 points independent of the land use classes, it was determined that the urban noise varied between 48.98 and 98.13 dB(A) and the average urban noise was 61.47 dB(A). As a result of the research, noise-risk areas in the main city center and the Uydukent city area were identified and various measures and recommendations were presented for these areas.

Keywords: Noise pollution, Noise map, Ecological barrier

1. Giriş

Günümüz insanının yüz yüze kaldığı sorunların başında gürültü kirliliği gelmektedir. Gürültü kirliliği Dünya Sağlık Örgütü tarafından hava kirliliği (gaz emisyonu) ile su kirliliğinden sonra gelen en tehlikeli üçüncü küresel çevre kirliliği sorunu olarak ifade edilmektedir (Khilman, 2004; Casas ve ark., 2014; Fiedler ve Zannin, 2015; Yang ve ark., 2020). Üstelik bu sorun kentlerde yaşayan nüfusun artışına paralel olarak trafikteki araç

Geliş Tarihi: 27.11.2024, Düzeltme Tarihi: 20.02.2025, Kabul Tarihi: 28.02.2025
Adres: [1]Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
E-mail: hvural@bingol.edu.tr

sayısının ve endüstri kuruluşlarının sayısının artması ile birlikte giderek büyüyen bir sorundur (Zannin ve ark., 2006).

Halk sağlığı sorunu olarak değerlendirilen gürültünün insanlar üzerinde etkisini fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans üzerine etkisi olmak üzere dört grupta incelemek mümkündür (Halaçlar ve ark., 2015; Aksu, 2023). Duyma engelleri fiziksel etkilere; solunum hızının artışı, kan basıncının yükselmesi, kalp ritminin düzensizleşmesi ve ülser gibi etkiler fizyolojik etkilere; davranış bozuklukları, sinirlilik, huzursuzluk ve stres gibi etkiler psikolojik etkilere, vücut hareketliliğinin düşmesi, kas yorgunluğu, iş performansının düşmesi, okuduğunu anlamama veya yanlış anlama gibi etkiler ise performans etkilerine örnek olarak verilebilir (Barth, 1987; Job, 1996; Stansfeld, 2000; Marius ve ark., 2005). Bunların dışında yüksek gürültü değerleri bireyde, stres ve uyku bozuklukları (Basner ve ark., 2014; Sygna ve ark., 2014), öğrenme bozukluğu (Lercher ve ark., 2003; Xie ve ark., 2011; WHO 2018), kardiovasküler hastalıklar (Gottesman ve ark., 2017; Cai ve ark., 2018; Van Kempen ve ark., 2018; Begou ve ark., 2020), metabolik sendrom (Recio ve ark., 2016, Yu ve ark., 2020), hipertansiyon, iskemik kalp hastalığı, kalp krizi (Vienneau ark., 2015, Roswall ve ark., 2017; Pitchika ve ark., 2017), diyabet riski (Roswall ve ark., 2018), obezite (Foraster ve ark., 2018) ve stres (Licitra ve ark., 2016) gibi sağlık sorunlarına da neden olabilmektedir.

Gürültünün insanlar üzerinde yukarıda açıklanan farklı pek çok etkisi bulunmasına karşılık hangi seslerin gürültü, hangi seslerin doğal ses olduğuna dair belirlenmiş objektif ölçütler bulunmamaktır (Hatipoğlu ve Akın, 2022). Bu bakımdan öncelikle gürültünün tanımının yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Genel bir tanımlama olarak gürültü, insanlarda sağlık ve huzur bakımından geçici veya sürekli olarak zarar meydana getiren seslerdir. Başka bir tanıma göre gürültü "*Hoşa gitmeyen, rahatsız edici duygular uyandıran bir akustik olgu veya arzu edilmeyen sesler topluluğu*" olarak tanımlanmıştır (Çepel, 2006). Bu tanımlamalar gürültünün kişiden kişiye göre değişen bir olgu olduğunu göstermektedir. Meydana gelen ses benzer ortamlarda bulunan iki kişiden biri için normal karşılanırken diğeri için rahatsız edici olarak görülüp gürültü olarak değerlendirilebilmektir (Hatipoğlu ve Akın, 2022). Gürültüyü ortaya çıkaran temel unsur sestir. Sesin şiddetine ve frekansına bağlı olarak gürültü rahatsız edici olmaktadır (Torun ve Bingül, 2014). En bilinen gürültü kaynakları karayolu, demiryolu ve deniz yolu taşıtlarından gelen sesler, endüstri kuruluşlarının (fabrikalar, sanayi tesisleri, vb.) çıkardığı sesler ve sosyal donatı araçlarından (eğlence yerleri, asansör, klima, hidrafor, jeneratör, atış poligonları, spor alanları, vb.) kaynaklanan seslerdir (Çepel, 2006). Ancak Dünya Sağlık Örgütüne göre bu kaynaklar

içerisinde trafik kaynaklı gürültü insan sağlığını etkileyen en önemli gürültü kaynağı olarak görülmektedir. Dünyada ve Türkiye'deki büyük kentlerde motorlu taşıtların artması ile birlikte gürültünün de arttığına dair çalışmalar bulunmakta ve şehir yoğunluğu ile gürültü kirliliği arasında doğrusal bir ilişki olduğu öne sürülmektedir (Bayramoğlu ve ark., 2014).

Gürültünün fiziksel ses şiddetinin ölçülmesinde genel olarak desibel [dB(A)] simgesi kullanılmaktadır. Desibel, fiziksel bir büyüklük olmayıp, hesaplamalarda kolaylık sağlayan oransal ve logaritmik bir değerdir. Barner (1983) şiddetine göre gürültüyü dört basamakta ele almaktadır. Buna göre 30-59 dB(A) birinci basamak, 60-89 dB(A) ikinci basamak, 90-120 dB(A) üçüncü basamak ve 130 dB(A)'den daha yüksek gürültüler dördüncü basamak gürültü olarak sınıflandırılmaktadır. Gürültü şiddeti sınıfları canlılar ile gürültü arasında ekolojik ilişkileri açıklamaktadır (Çepel, 2006). Gürültü şiddetinin artışına paralel olarak insan sağlığı üzerine olumsuz etkisi de artmaktadır. Örneğin 50 dB(A)e kadar olan gürültü insanlarda psikolojik rahatsızlık ve uyanma etkisi yaparken 65-70 dB(A) gürültü şiddeti kan basıncı yükselmesi, kalp atışında yavaşlama, böbrek hormonlarında değişiklikler, nefes almada değişiklikler gibi olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Yine 90 dB(A) üzeri gürültü şiddetleri fizyolojik kulak ağrıları ve işitme zorluklarına neden olurken 120 dB(A) üzeri gürültüler duyma zorluluğunun yanında felç veya ölümle sonuçlanan olumsuzluklara sebep olabilmektedir (Yücel, 2000; Ünver, 2008).

Gürültü kirliliği sorununun tanımlanması eski yıllara dayanmaktadır. İlk olarak 1972 yılında Stockholm'de yapılan Dünya Çevre Kongresi'nde önemli bir kirlilik etkeni olarak kabul edilmiştir. Daha sonra dünyanın dört bir yanında çok sayıda araştırmacı tarafından gürültünün insan sağlığına olan olumsuz etkileri tespit edilmiştir (WHO, 2011; George ve ark. 2013; Hänninen ve ark., 2014). Bu araştırmalar sonucunda gürültü kirliliği Dünya Sağlık Örgütü tarafından en önemli çevresel stres faktörlerinden bir olarak kabul edilmiş ve bu konuda çok sayıda rapor üretilmiştir (Morillas ve ark., 2018). Avrupa Birliği, vatandaşlarının daha az gürültülü bir çevreye sahip olma haklarından hareketle 25 Haziran 2002 tarihinde çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimine ilişkin 2002/49/EC sayılı AB Çevresel Gürültü Direktifini yayınlamıştır. Buna bağlı olarak birçok ülkede yerel ve ulusal makamlar tarafından, gürültü bölgeleri ve gürültü sınır değerleri ile gürültüyü azaltmaktan sorumlu kuruluşlar ve yükümlülüklerini tanımlayan gürültü yönetmelikleri çıkarılmıştır (Coelho ve Techni, 2006).

Türkiye'de ise gürültü alanlarının belirlenmesi ve gürültünün azaltılmasına ilişkin ilk ve temel yasa 11/8/1983 tarih ve 18132 sayılı Çevre Kanunudur. Kanunun 14. nün maddesinde *"Kişilerin huzur ve sükûnunu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde ilgili*

yönetmeliklerle belirlenen standartlar üzerinde gürültü ve titreşim oluşturulması yasaktır." denilmektedir. Bu kanuna dayanak oluşturularak çıkarılan "Gürültü Kontrol Yönetmeliği" ise (11 Aralık 1986 tarih ve 19308 sayılı Resmi Gazete) ilk yönetmelik olarak kabul edilmektedir. Yönetmelikte gürültü kaynaklarının asgariye indirilmesi için önlemlerin alınması, gürültü denetimi ve üst sınır değerleri belirlenmiştir. Yönetmelik ile standartların üzerinde gürültü yapılması yasaklanmıştır.

Yönetmelikte sınır değerin aşılıp aşılmadığını göstermek amacıyla, belirli bir alanda gürültüden etkilenen kişi ve konut sayısı da dâhil olmak üzere, mevcut veya gelecekte ortaya çıkabilecek bir gürültü durumu hakkındaki verilerin; mevcut fiziksel haritalar üzerinde standartlara uygun olarak gösterildiği stratejik gürültü haritalarının yapılması istenilmiştir. Bunun yanında yeni konut alanlarının planlanmasında gündüz gürültü değerleri; 55 dB(A) den düşük olan alanlarda gürültü belirleyici faktör olmadığı, 55- 64 dB(A) gerekli tedbirler alınarak planlama yapılabileceği, 65-74 dB(A) daha sessiz bir yer bulunamaması ve kamu yararı olmasının dışında planlama yapılamayacağı, 74 dB(A) den yüksek değerlerde ise hiçbir şekilde planlama kararı verilemeyeceği hükme bağlanmıştır (04.06.2010 tarih ve 27601 sayılı Resmi Gazete).

Gürültü kirliliğinin önemli bir çevre sorunu olması bu konuda çalışan bilim alanlarını da çeşitlendirmektedir. Türkiye'de ulusal tez merkezinde yayınlanan tezler incelendiğinde çok farklı bilim alanlarında bu konu ile ilgili tezlerin hazırlandığı ve buna paralel olarak çok sayıda bilimsel araştırmanın yapıldığı görülmektedir. Başta çevre mühendisliği olmak üzere makine mühendisliği, inşaat mühendisliği, fizik mühendisliği, elektrik ve elektronik mühendisliği, bilgisayar mühendisliği, havacılık mühendisliği, mekatronik mühendisliği, jeodezi ve fotogrametri gibi mühendislik dalları ile mimarlık, peyzaj mimarlığı, halk sağlığı bölümleri, tıbbi bilimler, eğitim ile ilgili bilim alanları ve diğer temel bilim alanları (fizik, kimya, müzik, iktisat, vb.) gürültü kirliliğini merkeze alan bilim alanları olarak öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda gürültü kaynaklarının belirlenmesi, şiddetinin ölçülmesi, etkilerinin ve sonuçlarının değerlendirilmesi ile mikro ölçekli (otomobil, bina, ekipman, elektrikli-elektronik araç gereç, vb.) ve makro ölçekli (kent geneli, trafik, eğitim, konut, sanayi, endüstri, yeşil alan, akaryakıt istasyonları, sağlık kuruluşları, vb.) alınması gereken önlemlerin belirlenmesi üzerinde durulmaktadır. Türkiye'de çok sayıda bilimsel araştırma farklı meslek gruplarından akademisyenler tarafından yapılmıştır. Yapılan literatür incelemesinde Türkiye'de çok sayıda kentte gürültü kirliliği ile ilgili araştırmalar bulunmaktadır. Bu araştırmalarda kent genelinde (Kalıpçı, 2007; Şahin, 2014; Cansaran, 2019; Kaya, 2020; Kılıç ve ark., 2021; Morgül ve Dal, 2022) veya trafik alanları (Halaçlar;

2019; Aksu, 2023; Özkurt ve ark., 2024), eğitim alanları (Abakay ve Bulunuz, 2018; Onay ve Şahin, 2023), yeşil alanlar (Özer, 2015; Bayramoğlu ve ark., 2014; Kahveci, 2022), konut alanları (Kılıç ve ark., 2021), sanayi ve endüstri kuruluşları (Soylu ve Gökkuş, 2016), akaryakıt istasyonları (Hatipoğlu ve Akın, 2022), sağlık kuruluşları gibi farklı alan kullanımlarına yönelik kirlilik ölçümlerinin yapıldığı ve riskli alanların belirlendiği görülmüştür. Bazı araştırmalarda yönetmeliğe paralel olarak kentlerin gürültü haritaları çıkarılarak gürültü kirliliğine yönelik değerlendirmeler yapılmış ve öneriler getirilmiştir (Aksu, 2023; Özkurt ve ark., 2024). Bu araştırmanın yapıldığı Bingöl kentinin gürültü düzeyini ele alan ölçüme dayalı bir araştırmaya ise literatürde rastlanılmamıştır.

Bingöl gerek nüfus artış hızının yüksek olması gerekse de coğrafi konumu nedeniyle gürültü dâhil önemli çevresel risk faktörlerini barındırmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) "2022 yılı illere göre motorlu kara taşıtları sayısı" verilerine göre bütün araç sınıflarından Bingöl'de 17969 araç bulunmaktadır. Ancak trafik kaynaklı gürültünün kent içerisinde ki araç yoğunluğundan ziyade D300 ve D950 karayollarını kullanarak çevre illerine giden araçlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü verilerine göre kent merkezine giriş noktasında yıllık ortalamaya dayalı günlük taşıt sayısı 2018 yılında 9658 iken 2021 yılında 11287'ye yükselmiştir. Bu artış kentte, gürültü kirliliği başta olmak üzere çeşitli çevresel problemleri oluşturma potansiyeline sahiptir (Anonim, 2022a).

Araştırma kapsamında kentin gürültü kirliliği bakımından detaylı analizi yapılmış, gürültü ölçümleri ile riskli alanlar belirlenmiştir. Fiziki ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak kentin gürültü haritası çıkarılmıştır. Gürültü ölçümleri bütün kenti temsil edecek şekilde 40 farklı noktadan alınmıştır. Ölçüm noktaları dört farklı alan kullanımını (trafik, eğitim alanı, yeşil alan ve konut bölgesi) temsil edecek şekilde belirlenmiştir. Araştırmada Bingöl kent merkezinde gürültü ölçümleri yaparak kentin akustik karakterinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Gürültü kirliliği ile ilgili günümüzde ve gelecek de riskli alanlar belirlenmiş, bu alanlarda alınması gereken biyolojik ve teknik önlemler ve öneriler sunulmuştur. Araştırma sonuçlarının kentin planlanması üzerine gelecekte yapılacak fiziki çalışmalarına da katkı sağlayacağı ön görülmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma Bingöl kent merkezinde yürütülmüştür. Bingöl kenti coğrafi olarak Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümünde yer almaktadır. Kent doğuda Muş ili, kuzeyde Erzurum ve Erzincan illeri, batıda Tunceli ve Elazığ illeri, güneyde ise Diyarbakır ili ile komşu olup 41º 20 ve 39º - 56º doğu boylamları ile 39º - 31 ve 36º - 28º kuzey enlemleri arasında konumlanmıştır. Kent merkezi, Çapakçur Ovasının kuzeybatı köşesinde Murat Nehri ile Göynük suyunun kesişim noktasının bir koluna hâkim olan düzlük üzerinde kurulmuştur. Kent iki önemli devlet karayolunun kesişme noktasında yer almaktadır. İran ile bağlantıyı sağlayan D300 karayolu ile D950 karayolu kent merkezinden geçmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) 2022 verilerine göre kent geneli nüfusu 282.556 olup nüfus bakımından Türkiye kentleri içerisinde 62. sıradadır. TÜİK tarafından yapılan sürdürülebilir yeni kent-kır tanımına göre bu nüfusun 116.125'si yoğun kent, 65.851'si orta yoğun kent ve 100.580'inin ise kırsal bölgelerde yaşamaktadır (Anonim, 2022b). Kent merkezi nüfusunun yaşanan depremlerin yanında, Bingöl Üniversitesi'nin kurulması (2007), kamu kurumlarının yaygınlaşması ve tarım, sanayi, ulaşım ve sağlık sektörlerinde meydana gelen olumlu gelişmelerle son yıllarda artış gösterdiği bilinmektedir (Vural ve ark., 2019).

2.1.1. Çalışma Alanı

Araştırma Bingöl kent merkezinde, TÜİK tarafından yoğun kent bölgesi olarak tanımlanan kısmında yürütülmüştür. Çalışma alanı iki bölge olarak ele alınmıştır. Bölge ayrımında kent içerisinden geçmekte olan Çapakçur Vadisi referans alınmış, vadinin kuzeyinde kalan mahalleler birinci bölge, güneyinde kalan mahalleler ise ikinci bölge olarak adlandırılmıştır. Ölçüm noktalarının kent merkezinde ki konumu Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı haritası.

Günümüz itibariyle kent merkezinde 15 mahalle bulunmaktadır. Şekil 1'de birinci bölge olarak adlandırılan bölgede Bingöl Üniversitesinin de bulunduğu Şehit Mustafa Gündoğdu Mahallesi ile Recep Tayyip Erdoğan Mahallesi ve Selahaddin-i Eyyubi Mahalleleri yer almakta olup bu mahalleler 2000 yılından sonra hızlı bir gelişim göstermiştir. İkinci bölgede ise İçmeler Mahallesi, Kültür Mahallesi ve İnalı Mahallesi yeni yerleşim alanlarındandır (Vural, 2020). Kale önü ve Ekin yolu mahallelerinin yer aldığı kısım kent merkezinden kopuk olması ve yeterli kentleşme özelliği göstermemesi nedeniyle çalışma alanına dâhil edilmemiştir. Her iki bölgede trafik, konut/yerleşim, eğitim ve yeşil alanları temsil eden dört alan kullanım sınıfı belirlenmiştir. Bu alan kullanım sınıflarından her iki bölgede beşer adet ölçüm noktaları belirlenmiştir. Dolayısıyla toplamda kırk adet ölçüm istasyonu oluşturulmuştur.

2.2. Yöntem

Araştırma gürültü ölçümleri ve sonuçları analiz edilmesine dayanmaktadır. Gürültü ölçümleri Kasım-Aralık 2023 tarihlerinde Şekil 1'de verilen ölçüm noktalarında hafta içi gündüz saatlerinde (16.00-17.00 saatleri arası) en az 10 dakika olmak üzere her noktada farklı günlerde yapılmıştır. Ölçümlerde PCE-322A cihazı kullanılmış olup maksimum eşdeğer gürültü düzeyi (Leqmax) cinsinden ve A ağırlıklı ses düzeyi dB(A) birimi kullanılmıştır. Ölçümler yaklaşık olarak yerden 90 cm yukarıdan ve ağaç, duvar, bina vb. gibi gürültü yansıtıcı yüzeylerin en az 1,5 m uzağında olmak üzere yapılmıştır. Ölçümler esnasında ani rüzgâr, yağış, yüksek araç gürültüsü, vb. bozucu etkenlerin olmadığı zamanlar seçilmiştir (Morgül ve Dal, 2012).

Sahadan elde edilen gürültü verilerinin mekânsal dağılımlarının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerinden yararlanılmıştır. Gürültüye ilişkin ölçüm değerleri, ArcGIS 10.2 programıyla Universal Koordinat Sistemi'nde (ED 1950_UTM_Zone_37) örneklem koordinatlarına göre noktasal sayısal verilere dönüştürülmüştür. Ölçüm yapılan noktalara ait değerler yardımıyla örneklenmeyen alanlara ilişkin değerlerin saptanabilmesi amacıyla Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW) kullanılmıştır. Haritaların oluşturulmasında 1/25.000 ölçeği kullanılmış, ancak sayfa düzeni ve okunabilirliğinin sağlanması için büyütülerek kullanılmıştır. Her bir ölçüm değeri, gürültü basamaklarına göre sınıflandırılarak minimum, maksimum ve ortalama değerler haritası oluşturulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma bulguları kent merkezinde yapılan gürültü ölçümlerinden elde edilen ortalama verilere dayanmaktadır. Elde edilen veriler öncelikle belirlenen alan kullanımı sınıflarına (trafik, eğitim, yerleşim/konut ve yeşil alan) göre ayrı ayrı ele alınmış, daha sonra ise kentin akustik karakterini yansıtan gürültü haritaları sunulmuştur. Veriler sınır değerleri ile karşılaştırılmış ve riskli bölgeler belirlenmiştir. Her alan kullanım sınıfı bölgesinde 10 noktada ölçümler yapılmış ve elde edilen ölçüm sonuçlarına ait ölçüm sayısı (N), minimum değerler (Lmin), maksimum değerler (Lmax) ve ortalama değerler (Leq) belirlenmiştir. Ayrıca gürültü kirliliğinin önlenmesine yönelik alınması gereken tedbirler de açıklanmıştır.

3.1. Trafik Alanı Gürültü Ölçümleri

Trafik kaynaklı gürültü kirliliğinin belirlenmesi amacıyla 10 noktada yapılan gürültü ölçüm sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Gürültü ölçümleri iki bölge ve iki farklı günde yapılmıştır. Ölçüm saatleri ise trafik yoğunluğunun normal seyrettiği 15.00-17.00 saatleri arasında yapılmıştır. Bu bakımdan elde edilen değerler ekstrem şartların (mesai başlangıç ve bitiş saatleri, okul giriş ve çıkış saatleri) olmadığı günlük trafik gürültüsünü ortaya koymaktadır. Veriler incelendiğinde ortalama değerlerin birbirine yakın olduğu, ana kent merkezinin yer aldığı 2. bölgenin trafik kaynaklı gürültüsünün birinci bölgeden daha yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek gürültü değeri beklendiği üzere kentin en merkezi konumu olan Genç Caddesi ile İnönü Caddesinin kesişme noktası olan bölgede elde edilmiştir. Ölçülen noktadan bağımsız olarak kentin trafik kaynaklı gürültü ortalamasının 62.10 dB(A) olduğu saptanmıştır. Kentin mevcut çevre yolu olarak değerlendirilen ve Muş-Bingöl-Elazığ güzergâhı D300 karayolunda ölçülen değerlerin ise beklenenden düşük olduğu, bunda ölçüm

saatlerinin yoğun olmayan saatlere denk gelmesinin rolü olabileceği düşünülmektedir. Yapılan gözlemlerde güzergâhın sabah 07.00-09.00 saatleri arasında ve akşam 17.00'den sonraki saatlerde çevre illerden gelen lojistik araçlar ile birlikte trafik yoğunluğunun arttığı ve buna bağlı olarak gürültü değerlerinin daha fazla yüksek olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 1. Trafik alanlarında ölçülen gürültü değerleri (dB(A)).

Bölge	Ölçüm Noktası	N	Lmin	Lmax	Leq
1. BÖLGE	Bingöl-Elazığ Yolu Üniversite Kavşağı	923,00	53,20	80,30	61,21
	Üst Geçit DSİ Karşısı	916,00	56,00	88,60	63,10
	Hastane Kavşağı	756,00	51,30	79,50	59,57
	Şehit Mustafa Gündoğdu Cd. Begüm Sok. Kesişimi	947,00	49,70	81,00	59,20
	Kalium Kavşağı	948,00	54,50	84,60	63,41
1. BÖLGE ORTALAMASI			**52,94**	**82,80**	**61,30**
2. BÖLGE	Kültür Caddesi Rabia Hatun Kız Anadolu Lisesi	637,00	53,90	78,80	61,99
	Büyük Bingöl Otel	619,00	53,20	91,10	64,28
	Dört Yol Kavşağı	619,00	54,60	82,90	64,24
	Beş Yol Kavşağı	609,00	53,50	81,50	59,92
	Hacı Hıdır Cami Pasajı	609,00	53,50	90,40	64,04
2. BÖLGE ORTALAMASI			**53,74**	**84,94**	**62,89**
GENEL ORTALAMA (TRAFİK)			**53,34**	**83,87**	**62,10**

04.06.2010 tarih ve 27601 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" konutların yoğun olarak bulunduğu alanlarda yeni planlanan yollar için gürültü sınır değerleri gündüz (07.00'den 19.00'a kadar) 63 dB(A), akşam (19.00'dan 23.00'e kadar) 58 dB(A) ve gece (23.00'den 07.00'ye kadar) 53 dB(A), mevcut yollar için ise gündüz 68 dB(A), akşam 63 dB(A) ve gece 58 dB(A) olarak ön görmüştür. Çizelge 3'de verilen değerler karayolu çevresel gürültü sınır değerleri ile karşılaştırıldığında maksimum değerlere göre sınırın aşıldığı, ancak ortalama değerler bakımından sınırın altında olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar kentin trafik gürültüsünün orta seviyede olduğu ve daha fazla artmaması için önlem alınması gerektiğini göstermektedir.

Trafik gürültüsünün belirlenmesi ile ilgili Adana'da yapılan araştırmada kent içi yollarda ve TAG otoyolunda yolun 5 metre uzağında yapılan ölçümlerde gündüz 66,5-79,4 Leq, akşam 65,8-79,8 Leq ve gece 61,5-76,4 Leq değerleri ölçülmüş, en yüksek ortalama değer akşam saatlerinde Lmax=88,6(dB(A)) olarak TAG otoyolunda ölçülmüştür (Kahveci, 2022). Diğer bir Büyükşehir olan Gaziantep şehir merkezinde yoğun trafik kaynaklı gürültünün ölçülmesi amacıyla belirlenen 10 ölçüm noktasında hafta içi yapılan ölçümlerde gürültü düzeyleri 69 - 71 dB(A) aralığında seyretmektedir (Kaya, 2020). Ordu kent

merkezinin trafik gürültüsünün belirlenmesi amacıyla Yeşil ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, kentin trafik gürültüsünün 62,5-69,9 dB(A) aralığında olduğu, ancak karayolunun kent merkezinden geçmesi nedeniyle bu alanlarda gürültünün 78,3 dB(A) e kadar yükseldiğini belirlenmiştir. Benzer durum Bingöl içinde söz konusudur. D300 karayolunun kent merkezinden geçmesi trafik gürültüsü dâhil bazı sorunlara yol açmaktadır.

3.2. Eğitim Alanı Gürültü Ölçümleri

Kentin akustik karakterinin belirlenmesinde incelenen alan kullanımlarından birisi de eğitim alanları, yani okul çevreleridir. Ölçümler okul bahçelerinde eğitim öğretim sürecinin devam ettiği, öğrencilerin ise okul içinde derste oldukları saatlerde yapılmıştır. Ölçüm yapılan okullardan 4'ü ilkokul, 4'u ortaokul ve 2'si lisedir. Okullarda ölçülen gürültü değerlerinin büyük bir kısmı eğitim sürecini etkileyen çevresel gürültüden kaynaklanmakla birlikte okul içi gürültünün de etkisi bulunmaktadır. Okullardan elde edilen ölçüm değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Eğitim alanlarında ölçülen gürültü değerleri (dB(A)).

Bölge	Ölçüm Noktası	N	Lmin	Lmax	Leq
1. BÖLGE	75.Yıl İlkokulu	605,00	49,50	105,40	68,74
	Borsa İstanbul Mustafa Kemal Paşa İlkolulu	607,00	50,90	104,00	69,50
	Rekabet Kurumu Anadolu Lisesi	628,00	54,00	103,10	67,41
	TOBB Cevdet Yılmaz Ortaokulu	620,00	52,60	105,20	65,29
	Vali Kurtuluş Şişmantürk Ortaokulu	567,00	54,20	92,00	63,08
1. BÖLGE ORTALAMASI			**52,24**	**101,94**	**66,80**
2. BÖLGE	Sultan Abdulhamit Han Ortaokulu	941,00	55,00	107,00	67,50
	Ankara Büyükşehir Belediyesi İlkokulu	633,00	62,00	95,20	76,65
	15 Temmuz Şehitler Okulu	602,00	56,50	101,10	66,27
	Borsa İstanbul Anadolu Lisesi	606,00	57,40	105,80	79,47
	Borsa İstanbul Fatih İlkokulu	632,00	50,90	104,60	66,83
2. BÖLGE ORTALAMASI			**56,36**	**102,74**	**71,34**
GENEL ORTALAMA (OKUL)			**54,3**	**102,34**	**69,07**

Çizelge 2'de verilen okul bahçelerinde ölçülen değerler incelendiğinde en yüksek ortalama gürültü değeri Borsa İstanbul Anadolu Lisesi'nde, en düşük ortalama gürültü değeri ise Vali Kurtuluş Şişmantürk Ortaokulu'nda ölçülmüştür. Ölçülen okul gürültü değerleri trafikte ölçülen değerlerden ortalama 7 dB(A) yüksek olup bölge bakımından anakent bölgesinde bulunan okullar daha fazla gürültü ile karşı karşıyadır. Ölçülen ortalama değerler Halaçlar (2019) ve Yücel (2000) tarafından ikinci veya üçüncü derece gürültü olarak görülmekte, kan basıncı artışı, solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler gibi sorunlara yol açabilmektedir. Özellikle maksimum değerlerin oldukça yüksek

olduğu ve işitme kaybı dâhil önemli bazı sağlık sorunlarına sebep olabilecek düzeydedir (Yücel, 2000; Halaçlar, 2019). Bu durum aynı zamanda eğitim kalitesi açısından risk taşımaktadır. Yönetmelikte eğitim tesisleri için iç gürültü değerleri pencere kapalıyken 35 dB(A), pencere açık iken 45 dB(A) öngörülmüş, okul bahçesi için bir standart getirilmemiştir. Diğer taraftan Dünya Sağlık Örgütü (WHO) öğrenme ve öğretme performansı üzerinde etkisi kanıtlanan gürültü ile ilgili olarak okul binası içinde/dersliklerde 35 dB(A), okul bahçesinde ise 55 dB(A) sınır değerleri öngörmektedir (Onay ve Şahin, 2023). Araştırmada elde edilen ve Çizelge 2'de verilen sonuçlar hem WHO standartlarını, hem de ulusal standartları aşmaktadır.

Türkiye'de çeşitli okullarda gürültü ölçümlerine dayalı araştırma sonuçları paralellik göstermektedir. Yapılan birçok araştırmada yukarıda belirtilen sınır değerlerinin aşıldığı anlaşılmaktadır. Örneğin Onay ve Şahin (2023) Isparta'da dört okulda gerçekleştirdiği ölçümlerin tamamında hem okul bahçesinde hem de bahçe dışında gürültü sınır değerlerin aşıldığını belirlemiştir. Söz konusu araştırmada bahçe içinde 70-76,9 dB(A), bahçe dışında ise 59,1 dB(A)-70 dB(A) aralıklarında ortalama gürültü seviyeleri belirlenmiştir. Yine Abakay ve Bulunuz (2018) tarafından Bursa ili Orhangazi ilçesinde belirlenen 3 ilkokul, 3 ortaokul ve 4 lisede dış ortam gürültü düzeyleri üzerine yapılan araştırmada okul türleri arasında ilkokullar 72,14 dB(A) gürültü düzeyi ortalaması ile en gürültülü okul türü, liseler ise 59,91 dB(A) gürültü düzeyi ortalaması ile en az gürültülü okul türü olarak bulunmuş, ortalama dış ortam gürültü değeri ise 65,41 dB(A) olarak hesaplanmıştır.

3.3. Konut/Yerleşim Bölgesi Gürültü Ölçümleri

Konut alanlarına kentin gürültü baskısının belirlenmesi üzerine yapılan ölçümlerde site şeklinde yerleşim bölgeleri tercih edilmiş, site bahçelerinin ortasında ölçüm alınmıştır. Buna yönelik alınan sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Yerleşim (konut) bölgelerinde ölçülen gürültü değerleri (dB(A)).

Bölge	Ölçüm Noktası	N	Lmin	Lmax	Leq
1. BÖLGE	Selahattin Eyyübü Mah.Çevli Kent Site 4	561,00	48,90	79,20	56,04
	Tokiler Ada 3/5	612,00	49,50	81,10	58,69
	Polis Lojmanları	558,00	51,70	92,50	60,38
	Karşıyaka Konutları	605,00	50,70	75,90	55,22
	Saray Mahallesi	578,00	47,80	72,90	50,99
1. BÖLGE ORTALAMASI			**49,72**	**80,32**	**56,26**
2. BÖLGE	Kültür Mah. Bilkent Konutları	648,00	48,70	86,10	60,79
	Merkez Tokiler	655,00	48,70	67,90	50,16
	Yeşilyurt Mah. Ava Sitesi	611,00	48,70	75,70	51,88

	Mirzan Mah.	565,00	48,70	62,80	52,27
	Bahçelievler Mah. Alagözler	581,00	48,70	88,50	54,62
2. BÖLGE ORTALAMASI			**48,70**	**76,20**	**53,94**
GENEL ORTALAMA (KONUT)			**49,21**	**78,26**	**55,10**

Çizelge 3'de elde edilen sonuçlara göre trafik ve eğitim alanlarının tersine yerleşim alanlarında birinci bölge daha fazla gürültü baskısı altındadır. Ortalama gürültü değerleri 50,16 ile 60,79 dB(A) arasında ve yerleşim bölgeleri gürültü ortalaması 53,94 dB(A) olarak hesaplanmıştır. Yönetmelikte yerleşim bölgelerinde 55 dB(A)'den düşük olan alanlarda gürültünün belirleyici faktör olmadığı, 55- 64 dB(A) aralığında gerekli tedbirler alınarak planlama yapılabileceği belirtilmektedir. Benzer araştırmalardan Yalılı Kılıç ve ark. (2021) tarafından yapılan araştırmada; Bursa Osmangazi İlçesi Dikkaldırım Mahallesinde yerleşim bölgelerinin çevresel gürültü kirliliği seviyesinin belirlenmesi amacıyla 6 noktada sabah, öğle ve akşam saatlerinde yapılan uzun süreli ölçümler sonunda 61-85,50 dB(A) aralığında değerler elde edilmiş ve 70,44 dB(A) ortalama gürültü değeri belirlenmiştir. Dolayısıyla gerek sınır değerler ve gerekse de diğer araştırma sonuçları araştırma alanında yerleşim bölgelerinde gürültü açısından günümüz için sorun teşkil etmediği ancak gerekli tedbirlerle bu olumlu durumun korunması gereği ortaya çıkmıştır.

3.4. Yeşil Alanlara Ait Gürültü Ölçümleri

Farklı alan kullanımlarına gürültü baskısının belirlenmesinde kullanılan diğer bir alan kullanım sınıfı yeşil alanlardır. Birinci ve ikinci bölgede konum olarak kent akustiğinin belirlenmesine olanak sağlayacak mesafelere denk gelen beşer parkta ölçüm yapılmıştır (Çizelge 4). Ölçümlerin Aralık ayında yapılmış olması, elde edilen sonuçların sadece parkın kullanım yoğunluğundan kaynaklanmadığı ve büyük oranda çevresel gürültü kaynaklı olduğunu göstermektedir. Elde edilen değerler sonucunda yeşil alanların yerleşim alanlarından sonra en az gürültülü kullanım alanı olduğu görülmektedir. Ölçüm yapılan parklar içerisinde birinci bölgede yer alan Kent parkı ve ikinci bölgede yer alan Said Nursi parkında en yüksek gürültü seviyesi değerleri elde edilmiştir. İkinci bölgede en merkezi park konumunda olan Kültür Parkında beklenenden daha düşük gürültü değerleri parkın kentin en eski parkı olmasıyla bitkilerin yaşı ve bitkilendirme tekniği ile gürültünün azaltılabildiği ile açıklanabilir. Ölçüm ortalamalarına bakıldığında birinci bölge parklarının ikinci bölge parklarına kıyasla daha yüksek gürültü değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. Yeşil alanlarda ölçülen gürültü değerleri (dB(A)).

Bölge	Ölçüm Noktası	N	Lmin	Lmax	Leq
1. BÖLGE	Rabia Parkı	566,00	53,80	94,50	58,56
	Karşıyaka Parkı	586,00	49,90	74,80	53,42
	Seçkin Parkı	617,00	54,70	82,70	59,35
	Kent Parkı	575,00	55,20	80,80	67,85
	Uzunsavat Parkı	581,00	57,10	102,30	62,59
1. BÖLGE ORTALAMASI			**54,14**	**87,02**	**60,35**
2. BÖLGE	Üçgen Parkı	567,00	48,90	83,50	52,59
	Yeşilyurt Muhtarlık Parkı	640,00	48,90	87,40	58,23
	Kültür Parkı	583,00	49,40	100,90	61,43
	Said Nursi Parkı	592,00	50,40	101,10	62,56
	İnalı Mahalle Parkı	611,00	49,30	103,10	59,32
2. BÖLGE ORTALAMASI			**49,38**	**95,20**	**58,83**
GENEL ORTALAMA (YEŞİL ALAN)			**51,76**	**91,11**	**59,59**

Çizelge 4'e göre araştırma alanında bulunan on parkta yapılan ölçüm değerlerinin 52,59-67,85 dB(A) aralığında değişim gösterdiği, ortalama gürültünün ise 59,59 dB(A) olduğu görülmüştür. Ortalama gürültü değerinin sınır değeri olan 60 dB(A)ya yakın olduğu görülmüştür. Araştırma sonuçları diğer araştırma sonuçlarıyla kısmi benzerlik göstermektedir. Solak ve ark. (2023) Isparta kentinde Yenişehir Parkında yapmış oldukları ölçümlerde hafta içi 48-57 dB(A), hafta sonu 47-53 dB(A) aralıklarında ölçüm değerleri tespit etmişlerdir. Yine Bayramoğlu ve ark. (2024) tarafından Trabzon'da yapılan araştırmada kent merkezinde bulunan Meydan Parkı'nda 60,7-66,7 dB(A), Fatih Parkı'nda 58,4-72,5 dB(A) aralıklarında gürültü değerleri belirlemişlerdir.

3.5. Kent Akustiği ve Gürültü Haritası

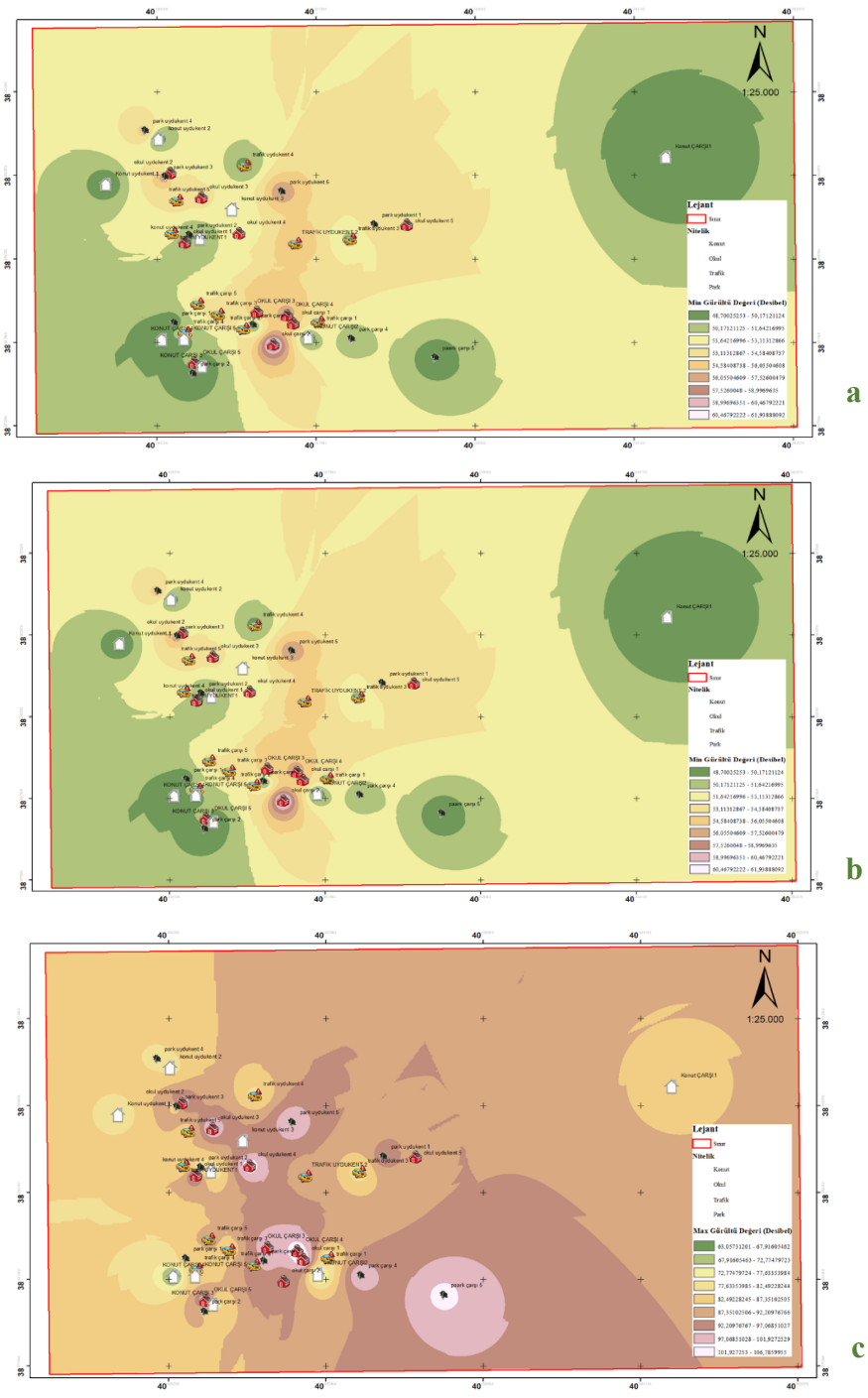
Yukarıda açıklanan dört alan kullanım sınıfına ait minimum, maksimum ve ortalama değerlere ait özet veriler Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Kent geneli özet gürültü değerleri (dB(A)).

Alan Sınıfı	Lmin	Lmax	Leq
Trafik	49,7	91,1	62,1
Eğitim/Okul	49,5	105,8	69,07
Konut/Yerleşim	47,8	92,5	55,1
Yeşil Alan	48,9	103,1	59,59
ORTALAMA	**48,98**	**98,13**	**61,47**

Çizelge 5'de özet veriler incelendiğinde alan kullanım sınıfları içerisinde en yüksek gürültü değerleri okul bahçelerinde, en düşük gürültü değerleri ise yerleşim alanlarında ölçülmüştür. Okullarda ölçülen yüksek gürültüde okul içi gürültünün de etkisinin olabileceği

ön görülmektedir. Alan kullanım sınıflarından bağımsız olarak 40 noktada yapılan ölçüm sonucunda kent gürültüsünün 48,98 ile 98,13 dB(A) arasında değiştiği ve ortalama kent gürültüsünün 61,47 dB(A) olduğu belirlenmiştir. Ölçüm yapılan noktaların konumlarına karşılık gelen gürültü değerlerinin CBS programına girişleri sonucu elde edilen minimum, maksimum ve ortalama gürültü haritaları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Gürültü haritaları (a: Minimum değerler haritası, b: Maksimum değerler haritası, c: Ortalama değerler haritası).

Gürültü haritaları incelendiğinde kentin gürültü açısından en riskli bölgesinin ana kent merkezinde Genç Caddesi ile İnönü Caddesinin kesişme noktası olan bölgenin olduğu anlaşılmıştır. Ana kent merkezinde diğer riskli alanlar Çapakçur Viyadüğü ile Kültür Caddesinin birleşme noktası ve çevresidir. Bu noktada çok sayıda okulun yer alması dikkat çekicidir. Bu iki noktada ortalama 70 dB(A) üzeri gürültü değerleri ölçülmüştür. Araştırmada birinci bölge olarak belirtilen ve Uydukent olarak tanımlanan bölgede gürültü bakımından en riskli bölge çevre yolunun geçtiği güzergâh ile Bülent Arınç Caddesi üzerinde özellikle okulların yoğun olduğu bölgedir. Bunun yanında Kent Parkı'nda gürültü bakımından riskli alanlardandır. Bu noktalarda gürültü değerleri 65-70 dB(A) aralığındadır.

Araştırma alanında ölçüme dayalı elde edilen ve Çizelge 5 ile Şekil 2'de verilen değerlerin yönetmelikte belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılması yukarıda yapılmıştır. Elde edilen bu verilerle kentin akustik karakteri, Türkiye'nin diğer bazı kentlerinde gürültü kirliliği ile ilgili ölçüme dayalı araştırmalarla mukayese edilerek anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla kentin kuzeyinde yer alan ve büyükşehir statüsünde olan Erzurum'da kentin en merkezi konumunda ki Yakutiye Parkında sabah 58,68 dB(A), öğlen 60,2 dB(A) ve akşam saatlerinde 61,35 dB(A) gürültü değerleri ölçülmüştür (Özer, 2015). Yine Erzurum'da Çevre İl Müdürlüğü ölçümlerinde yoğun yerleşim bölgeleri 71-89 dB(A) aralığında, az yoğun bölgelerin ise 56-69 dB(A) aralığında olduğu belirlenmiştir (Kopar, 2011). Erzurum kentinde gürültü kirliliği ile ilgili Aksu (2023) tarafından yapılan en güncel çalışmada; Kars-Erzurum-Erzincan karayolu güzergâhının kent içerisinde geçtiği E80 karayolu üzerinde 12 noktada hafta içi ve hafta sonu sabah, öğlen ve akşam saatlerinde yaptığı ölçümlerde mesafeye göre değişmekle beraber 60-70 dB(A) aralığında sonuçlar elde edilmiştir.

Güncel ölçümlere dayalı diğer bir çalışmada Kahramanmaraş Onikişubat Belediyesi'nde yer alan haftanın her günü farklı semtlerde kurulan pazar yerinde seçilen noktalarda sabah, öğle, akşam belirlenen aralıklarda üç ay süreyle gürültü ölçümleri sonunda; gürültü değerleri 63,3 dB(A) ile 72,5 dB(A) arasında değişmektedir (Ermiş, 2024).

Cansaran (2019) tarafından Amasya kent genelinde dokuz noktada uzun süreli ölçümlere dayalı yapılan araştırmada; hafta içi gürültü genel ortalaması 74,20 dB(A), hafta sonu gürültü genel ortalaması 70,30 dB(A), gürültü aylık genel ortalaması da 73,18 dB(A) olarak ölçülmüştür. Şahin (2014) tarafından yapılan araştırmada Atakum (Samsun) Atatürk Bulvarı civarında gürültü kirliliği 70-80 dB(A) olarak belirlenmiştir. Giresun merkezde 99 ölçüm istasyonundaki eşdeğer gürültü seviyelerinin ortalamaları sabah 60.66 dB(A), öğle 64.65 dB(A) ve akşam 60.71 dB(A) olarak hesaplanmış olup, ortalama Leq ise 62,0 dB(A) olarak hesaplanmıştır (Kalıpçı, 2007).

Yukarıda verilen sonuçlarda alan kullanımları, kullanım yoğunluğu, çevresel gürültü kaynakları ve değişen fiziki koşullara göre her kentin farklı gürültü değerleri söz konusudur. Kesin bir kıyaslama olmamasına karşılık yukarıda yer alan diğer araştırma verileri, bu araştırmada elde edilen değerlerin kent akustiğini yansıttığını göstermektedir. Sayısal değerler karşılaştırıldığında ise Bingöl kent merkezinin gürültü bakımından bazı riskli noktalar dışında kabul edilebilir seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla araştırma sahasında orta düzeyli bir gürültünün olduğunu söylemek hatalı olmaz. Nitekim Vural (2024) tarafından ankete dayalı yapılan araştırma sonuçları bu araştırma sonuçlarını desteklemektedir. Buna göre Bingöl kent merkezinde yapılan ankette; katılımcıların %61,9'u araştırma sahasını gürültü bakımından orta derecede gürültülü olarak değerlendirmekte ve %51,0'i gürültünün önlenmesine yönelik tedbir alınmadığını düşünmektedir.

3.6. Gürültü Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik Tedbirler

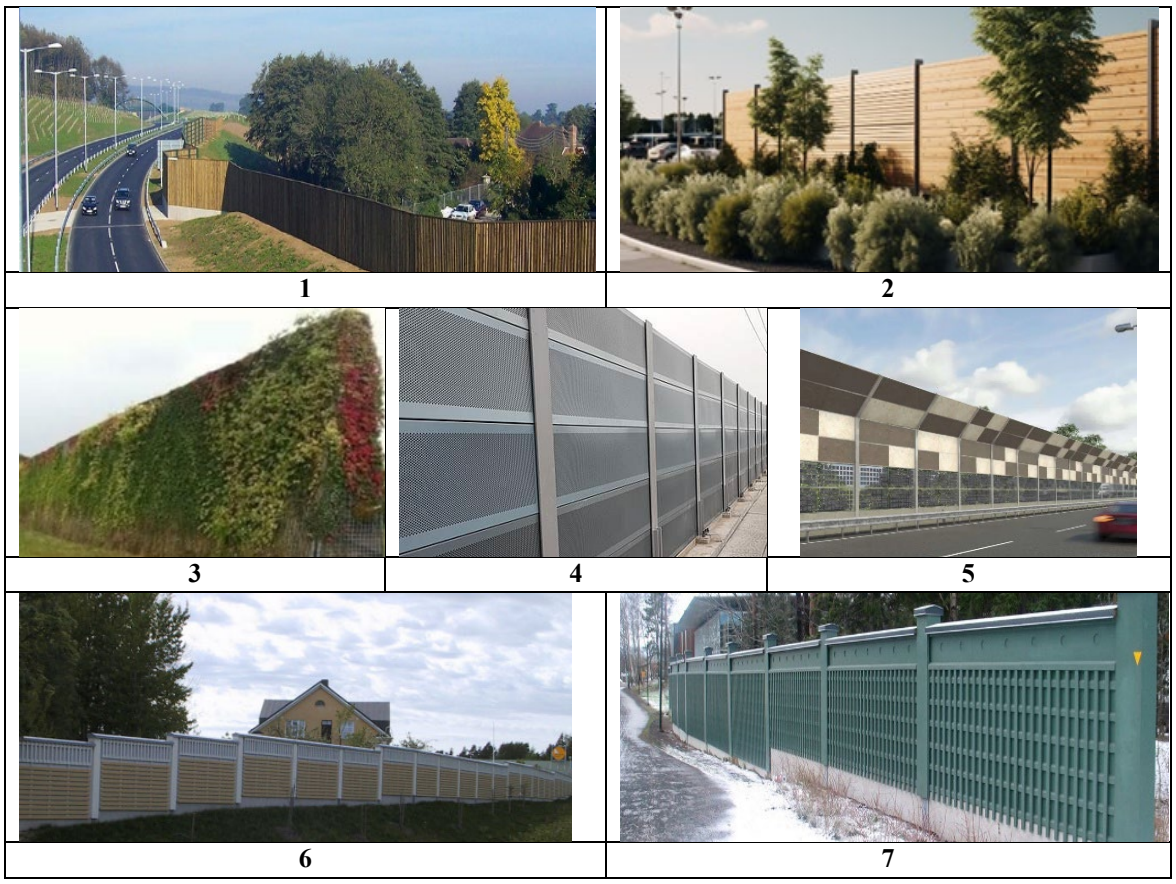
Gürültü kirliliği sonuçları itibari ile üzerine daha ciddiyetle durulmasını gerektiren sorunların başında gelmektedir. Gürültü kirliliğinin tek bir nedeni olmamakla beraber Yücel (2000)'e göre teknolojik gelişmeler, kentleşme, endüstri ve sanayi kuruluşlarının sayısının artışı, ulaşımda hareket halinde olan araç sayısında artış ve ulaşım ağının genişlemesi, vb., durumlar gürültü kirliliğinin temel sebepleri olarak görülmektedir. Temelde bu sorunlar değişen insan ihtiyaçlarının doğal bir sonucu olmakla birlikte gürültünün çok faktörlü bir sorun olduğunu da ortaya koymaktadır. Gürültü kirliliği kaynaklarının sürekli çeşitlenmesi ve gittikçe artmasıyla bu sorunun insanlar ve diğer canlılar için daha da olumsuz sonuçlar doğurduğunu göstermiştir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı çevresel gürültünün şiddetinin, sosyal ve endüstriyel büyümeye paralel olarak her on yılda bir ikiye katlandığını belirtmekte ve önlem alınmazsa gelecekte bunu azaltmanın maliyetinin karşılanamayacağını vurgulamaktadır (Kahveci, 2022). Dolayısıyla başta büyük kentler olmak üzere yerleşim yerlerinin sağlıklı, yaşanabilir ve sürdürülebilir yönetimi için gürültünün kontrol edilebilir ve içinde barındırdığı nüfusa risk oluşturmayacak bir seviyede tutulması gerekmektedir. Bu nedenle gürültünün önlenmesine iki açıdan bakmak gerekmektedir; Birincisi gürültünün oluşmadan önlenmesi, ikincisi ise gürültünün kaynağında yok edilmesidir. Her iki durumda da gürültünün önlenmesine yönelik tedbirler "teknik", "biyolojik" ve "sosyal" olmak üzere üç grupta toplanmaktadır (Çepel, 2006). Esas olan gürültüye neden olmayacak kent planlamasının ve kent yapısının ortaya konulmasıdır. Dolayısıyla yerleşim alanları planlanırken gürültü kirliliğinin göz önünde bulundurulması

gereken temel risk faktörlerinden biri olarak görülmesi gerekmektedir (Yuan ve ark., 2019). Yerleşim matrisi içerisinde ulaşım planlanmasından, binaların mekânsal düzenine, bina yoğunluğundan, kent ergonomisine, alan kullanım düzeninden, fiziki mekânların malzeme seçimine, arazi örtüsü planlamasından yeşil alan planlanmasına çok sayıda unsur kentlerin kurulması veya yeni yerleşim bölgeleri oluşumu sırasında gürültü faktörüne göre planlanmalıdır. Çünkü gürültü kirliliğinin ortaya çıkışı beklenenden kısa sürede meydana gelmesine karşılık, önlenmesi uzun dönemli ve maliyetli bir işlemi gerektirmektedir.

Gürültü kirliliğinin önlenmesinde yapılacak ilk iş etkili bir eylem planı dâhilinde kısa, orta ve uzun vadeli çözüm stratejilerinin geliştirilmesidir. Çözüm önerileri gürültü kaynağına göre değişiklik gösterebilmektedir. Bazı durumlarda halkın gürültü ve etkileri konusunda farkındalığının artırılması amaçlı yapılan eğitim ve bilgilendirmeye dayalı faaliyetler gürültü emisyonlarının azaltılması konusunda oldukça etkili olabilmektedir. Sosyal önlemler başlığı altında değerlendirilen eğitim tedbiri bir taraftan gürültüden kaçınılması konusunda insanları bilinçlendirirken diğer taraftan insan merkezci (Antroposentrik) çevresel etiğin ortaya çıkmasına katkı sağlamaktadır. Eğitimli ve çevre etiği bilgisine sahip bireyler diğer insanların hakkına saygı duymayı bilir ve bunu da gerek iş hayatına gerekse de sosyal yaşantısına yansıtır. Sosyal tedbirler sadece bireylerin eğitiminden ibaret değildir. Aynı zamanda planlamaya halkın katılımının sağlanmasını da içerir. Bütün fiziki planlamalarda olduğu gibi gürültünün önlenmesinde de insanı merkeze alan katılımcı planlama yaklaşımı sorunun çözümünde etkili rol oynayacaktır.

Gürültünün önlenmesinde alınacak teknik önlemlerin başında etkili bir kent planlanması gelmektedir. Kentlerdeki gürültünün büyük kısmından sorumlu tutulan trafik kaynaklı gürültünün (Kaya, 2020; Yang ve ark., 2020) önlenmesine yönelik yol güzergahının trafik yükünü azaltacak şekilde planlanması, zeminde yoğun gradasyonlu asfalt yerine gürültüyü azaltan malzeme kullanımı, toplu taşımanın ve bisikletli ulaşımın teşvik edilmesi, yoğun trafiğin olduğu bölgelerde araç kullanım kısıtlamalarının ve hız sınırı uygulamalarının yapılması, yaya ulaşımı ile taşıt ulaşımının ayrılarak yaya bölgeleri ve zonlarının oluşturulması, yaya yollarında gözenekli veya gözenekli-elastik türü malzeme kullanımı, kent merkezine yakın otoyol geçiş noktalarında gürültü kesici bariyerler kullanımı gibi tedbirler bulunmaktadır. Teknik önlemler başlığı altında gürültü bariyeri kullanımı oldukça önemli yer tutmaktadır. Sesin yayılımını kontrol altına alma yetisi olan bariyerler yapısal ve bitkisel bariyer olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Yapısal bariyerler metal, alüminyum, beton, ahşap, akrilik, plastik-pvc, kauçuk, gibi birçok farklı malzemeden yapılabilmektedir. Bitkisel gürültü bariyerleri ise yapımında tamamen bitkisel

malzemenin kullanıldığı veya yapısal taşıyıcı malzemenin bitkisel uygulamalarla desteklendiği bariyerlerdir (Şekil 3).



Şekil 3. Gürültü bariyeri örnekleri (Anonim, 2024).

Bariyer seçiminde malzemenin cinsinin yanında geometrisi, uzunluğu, en-boy-yükseklik ölçüsü, tepe şekli, gürültü kaynağına uzaklığı gibi faktörlerde önemlidir. Yapılan araştırmalar sonucunda, beton ve bitkisel bariyerlerin diğer malzemelere göre daha iyi performans gösterdiği, yarı saydam bariyerlerin ise en düşük performansı gösterdiği belirlenmiştir (Hong ve Jeon, 2014; Aksu, 2023). Gürültü bariyerlerinin yol boyunca, yola minimum mesafede (0,6 m, çok şeritli yollarda merkezden 7,5 m mesafede) ve güvenlik bariyeri ile birlikte inşa edilmesi önerilmektedir. Orta refüjlerde her iki yönde gürültü kirliliği göz önünde bulundurularak çift yönlü olarak boşluklu ve yutucu malzemeden yapılması gerekmektedir. Bir gürültü bariyerinin etkinliğinin, alıcı ile bariyer arasındaki mesafeye bağlı olup bu mesafenin 150 m yi aştığı durumlarda etkinliğinin azalacağı vurgulanmaktadır (Özkurt ve ark., 2024). Aksu (2023) tarafından yapılan araştırmada gürültü bariyerlerinin etkinliği ile ilgili önemli sonuçlar elde edilmiştir. İstanbul Ümraniye E80 karayolu üzerinde yapılan ölçümlerde, bariyerin 1 m önünde (yol tarafında) 84,3 dB(A) olan gürültü seviyesi, 1 m arkasında 61,6 dB(A), 5 m arkasında 62 dB(A), 10 m arkasında

59,8 dB(A), 15 m arkasında 60,3 dB(A) ve 20 m arkasında 59,1 dB(A) olarak ölçüldüğü, dolayısıyla 4,5m yüksekliğinde, şeffaf pvc malzemeden yapılı gürültü bariyerinin gürültüyü yaklaşık 22 dB(A) azalttığı belirlenmiştir.

Gürültü kirliliğinin önlenmesinde alınacak teknik ve idari tedbirlerden biri de gürültü yayan eğlence mekânlarının ve sanayi kuruluşlarının kent hayatından ayrılması ve gürültülerinin kontrol edilmesidir. Teknik çözümler, şehrin yaşam ritmini ve sosyo-ekonomik dokusunu etkilemeyecek şekilde kentsel alanlarda azami özenle uygulanmalıdır. Eylemler ayrıca halk tarafından da kabul edilebilir olmalıdır.

Gürültünün önlenmesine yönelik alınacak biyolojik önlemler ekolojik tampon bölge veya ekolojik gürültü koridorlarının oluşturulması ile bitkisel gürültü bariyerlerinin kullanılmasını içermektedir (Önder ve Gülgün, 2010; Önal ve ark., 2024). Ekolojik tampon bölgelerin ve koridorların gürültü şiddetini azalttığı araştırmalarla belirlenmiştir. Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, otoyolun kenarında bulunan 250 metre genişliğindeki bir orman şeridi, otoyoldaki gürültü şiddetini 40 dB(A) kadar azaltabilmektedir. Bunun anlamı, otoyoldaki 80 dB(A) gürültülü ortamın yanında 250 metrelik oluşturulan orman şeridi ile tenha alanların oluşturulabilmesidir (Çepel, 2006). Çünkü yoğun bitki tamponları, gürültüyü normal açık hava aktivitelerinin gerçekleşmesine izin verecek seviyelere düşürme potansiyeline sahiptir. Bir başka araştırmada 100 fit (30 m) genişliğinde bitkisel tampon bölge, gürültüyü 5 ila 8 dB(A) azaltma imkânı sunarken ilave olarak 3 m yüksekliğinde oluşturulan tepe ile de gürültü düzeyinin 10 ila 15 dB(A) azaltılması mümkündür (Bentrup, 2008). Ancak bitkisel tampon oluşturulurken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Her şeyden önce oluşturulacak tampon bölgenin gürültü kaynağına yakın bir yere yerleştirilmesi, alan kullanımlarının ise tampon bölgenin iki katı kadar uzakta planlanması önerilmektedir. Ancak bitkisel tampon bölgede 3 m yüksekliğinde bir tümsek dâhil edilirse, alanın tamponun hemen arkasına yerleştirilmesi mümkündür. Oluşturulacak tampon bölge için bitki seçimi de önemlidir. Her dem yeşil bitkiler yıl boyunca gürültü kontrolü sağlama imkânı sunarken diğer taraftan trafik kaynaklı hava kirliliğini de azaltıcı rolü bulunmaktadır. Genel olarak ağaç, ağaççık, çalı geniş ve iğne yapraklı karma tampon bölge gürültü önlemede daha etkili olmaktadır. Doğal bitkisel tamponlar, genellikle daha az yoğun oldukları için kültürel tamponlardan daha az etkili olmaktadır.

Bitkisel gürültü bariyerleri yapısal gürültü malzemelerinin çevre ile uyumsuzluğu, estetikten uzak olması ve çevre halkı tarafından kabul görmemesi nedeniyle son yıllarda kullanımı önerilen biyolojik önlemlerdendir (Şahin ve Barış, 2023). Bitkisel gürültü

bariyerlerinin gürültüyü azaltmanın yanında ekolojik katkıları da bulunmaktadır. Bitkisel gürültü bariyerleri başta trafik kaynaklı hava kirliliğini ve CO2 salınımını azaltma olmak üzere kentsel ısının etkisinin düşürülmesi, ışık kirliliğinin ve yansımanın azaltılması, toz sorununun ortadan kaldırılması ve yaban hayatına ev sahipliği yapması gibi önemli görevler üstlenmektedir.

Bitkisel gürültü perdelerinin tesisinde göz önünde bulundurulması gereken bazı hususlar da bulunmaktadır. Gürültü perdelerinin tesisinde boylu ve geniş ağaçların orta kısımda, ağaççık ve çalı gruplarının ise kenar kısımda olacak biçimde ve gürültü kaynağına 10-20 m mesafede konumlandırılması ideal sonuç vermektedir. Gürültü perdelerinin gürültü kaynağına yakın, alıcıya uzak olacak şekilde gürültü şeridin her iki tarafında uygun mesafe bırakılarak tesis edilmesi önerilmektedir. Diğer taraftan yumuşak zemin koşullarının beton, asfalt vb. sert zeminlere göre gürültüyü azaltmada üç kat etkili olduğu göz önünde bulundurularak yer örtücü bitkilerle destekli gürültü bariyerlerinin tercih edilmesi önerilmektedir (Şahin ve Barış, 2023).

4. Sonuç ve Öneriler

Plansız kentleşme kentlerde beklenmedik nüfus artışlarına yol açmakta ve bunun sonucu olarak gürültü kirliliği gitgide ağır bir sorun haline gelmektedir. Trafik kaynaklı gürültü, endüstri-sanayi kuruluşların yol açtığı gürültü, hizmet sektörünün yol açtığı sesler ve kontrolsüz insan ve hayvan sesleri başlıca çevresel gürültü kaynakları olarak gösterilmektedir. Kentsel gürültü; arazi yapısı, alan kullanımı, çevresel faktörler, kentin sosyo ekonomik ve sosyo kültürel yapısı gibi farklı faktörlerin etkisi ile artış gösterebilmektedir. Gürültü kaynaklarının çeşitliliğinin yanında gürültünün önlenmesi veya kontrol altında tutulmasına yönelik yeterli önlemlerin alınmaması gürültü kirliliğini kalıcı hale getirebilmektedir. Kentlerde gürültü kirliliği diğer çevre sorunlarına nazaran daha az üzerinde durulan bir husus olduğu bilinen bir gerçektir. Yoğun ve yüksek yapılaşma, binaların birbirine yakınlığı, binalarda ve dış mekanlarda akustik malzeme kullanılmaması, kentlerde yeterli miktarda yeşil alan, yeşil perde ve ekolojik bariyerlere yer verilmemesi, vb. çok sayıda etken gürültü kirliliğinin önlenememesine ve artışına neden olmaktadır. Bu bakımdan sürdürülebilir ve sağlıklı kentsel gelişim için çevresel gürültü kaynaklarının tespit edilerek insan ergonomisi için uygun düzeye getirilmesine yönelik etkili önlemlerin alınması yararlı olacaktır. Bunun için öncelikle kentlerin belirli periyotlarda akustik değerlerinin izlenmesi gerekmektedir. Bu araştırmada daha önce gürültü kirliliği konusunda ölçüme dayalı araştırma yapılmamış olan Bingöl kentinde yürütülmüştür. Kenti iki yakaya ayıran

Çapakçur Vadisi göz önüne alınarak iki bölge halinde ve dört farklı alan kullanım sınıfına (eğitim, yeşil alan, trafik, konut) ait 40 gözlem noktasında ölçümler yapılmış ve yukarıda detaylı olarak açıklanmıştır. Alan kullanım sınıflarından bağımsız olarak 40 noktada yapılan ölçüm sonucunda birinci bölgenin (Uydukent Bölgesi) gürültü ortalaması 61,18 dB(A), ikinci bölgenin gürültü ortalaması (Anakent merkezi) 61,75 dB(A) ve ortalama kent gürültüsünün 61,47 dB(A) olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucunda bazı noktalarda gürültü sınır değerlerinin aşıldığı görülmüş, ana kent merkezinde ve Uydukent bölgesinde gürültü bakımından riskli alanlar belirlenerek bu alanlara yönelik çeşitli önlemler ve öneriler sunulmuştur.

Gürültü kirliliğinin önlenmesine yönelik Bölüm 3.6'da açıklanan tedbirler bu araştırmada belirlenen riskli alanların rehabilitasyonu için de uygun tedbirler olarak değerlendirilmektedir. Her ne kadar araştırma sonuçları günümüz için çok büyük bir sorun olmadığını işaret etse de kısa zaman içerisinde halk sağlığını tehdit edecek değerlere ulaşabileceği ön görülmektedir. Kısa vadeli çözüm önerisi olarak halkın gürültü kirliliği ve sonuçları hakkında bilgilendirilmesi, orta vadeli çözüm önerisi olarak trafik yoğunluğunun giderilmesine yönelik kent ulaşım planlamasının yeniden yapılması ve yapısal gürültü bariyerlerinin inşa edilmesi, uzun vadeli çözüm önerisi olarak ise kent içi ve çevre illerle bağlantıyı sağlayan ulaşım güzergâhları üzerinde suni tepelerle destekli ekolojik koridorun ve bitkisel bariyerlerin inşa edilmesi önerilmektedir.

Araştırma alanında gürültü riski oluşturan alanlardan İnönü Cad. ve Genç Cad. üzerinde bulunan ulaşım koridorlarında Şekil 3 (4, 5, 6)'de verilen gürültü bariyerlerinin kullanımı önerilmektedir. Genç Cad. ile D950 karayolunun birleşme noktasında ve Genç yolu yönünde bulunan karayolu üzerinde uygun alanlarda Şekil 3 (2)'de verilen karma bariyer (ahşap ve bitkisel bariyer), diğer alanlarda ise Şekil 3 (3)'de verilen ortası boşluklu bitkisel duvarların kullanımı hem gürültüyü önleme hem de CO_2 salınımını azaltma açısından oldukça yarar sağlayacaktır. Kent içerisinden geçen D300 karayolunun her iki tarafında yeterli alan (5m) bulunan kısımlarına bitkisel tamponlar, yeterli alan olmayan yerlerde ise ahşap gürültü panelleri (Şekil 3 (1, 2)) ve bitkisel duvarların (Şekil 3 (3)) kullanımı önerilmektedir. Ayrıca Üniversite kavşağından Bülent Arınç Cad. yönündeki ulaşım aksı üzerinde birleşim noktalarında Şekil 3 (6, 7)'de verilen yapısal gürültü bariyerlerinin kullanımı ile kentsel akustiğe katkı sağlanacağı düşünülmektedir. Yukarıda açıklanan sonuçlar Bingöl kent merkezinde riskli alanlar dışında günümüz için yüksek oranlı gürültü kirliliği olmadığını göstermektedir. Kentin fiziki olarak hızlı bir büyüme eğilimi göz önünde bulundurularak gürültü ölçümlerinin belirli periyotlarda tekrarlanması, gürültüye

neden olan etkenlerin ortadan kaldırılması, yeni alan kullanım planlanmasında (park, konut, okul, yol vb.) gürültü kriterinin göz önünde bulundurulması ve mevcut gürültü kaynaklarının bitkisel gürültü bariyerleri ve ekolojik koridorlar planlanarak giderilmesi önerilmektedir.

Teşekkür

Bu araştırmada elde edilen veriler; TÜBITAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BIDEB) 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 2022/1 dönemi kapsamında desteklenen ve lisans öğrencisi **Fatoş Öztekin** tarafından yürütülen 1919B012204681 numaralı proje verilerine dayanmaktadır. Veri toplamada destek veren lisans öğrencileri Fatoş Öztekin, Dilan Sökmen, Serda Arslan, Çiçek Arman ve Yunus Küçükhazar'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Kaynaklar

Akabay, H., & Bulunuz, M. (2018). Okul içi ve okul dışı gürültü düzeylerinin karşılaştırılması. *Academy Journal of Educational Sciences*, *2*(1), 53-65.

Aksu, A. (2023). 'Erzurum kent merkezi karayolu güzergâhında ekolojik koridor kapsamında gürültü önleme bariyeri planlaması'. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 212 sayfa, Erzurum.

Anonim, (2022a). TÜİK Motorlu Kara Taşıt Sayıları. Erişim adresi: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara Ta%C5%9F%C4%B1tlar%C4%B1-Aral%C4%B1k-2023-49432&dil=1. Erişim Tarihi: 18.10.2024.

Anonim, (2022b). TÜİK 2022, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları. Erişim adresi: http://tuik.gov.tr/Start.do. Erişim tarihi: 18.10.2024.

Anonim, (2024). (1): https://blog.burtonacoustix.com/soundproof/soundproof-garden, (2): https://decirculairebouwcatalogus.nl/producten/greenwall-construct/, (3): https://knight-fencing.co.uk/commercial-fencing-gates/acoustic-fencing/highway-noise-barrier/, (4): https://www.acousticsecotone.in/mettalic-noise-barrier.html, (5): https://www.mitrex.com/solar-solution/solar-noise-barrier, (6): https://www.versowood.com/products/earth-construction-and-roadbuilding/noise-barriers. Erişim tarihi: 18.10.2024.

Barth, W.E. (1987). *Praktischer umwelt und naturschuts*. Verlag Paul Parey, Hamburgund Berlin.

Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, *383*(9925), 1325-1332.

Bayramoğlu, E., Özdemir, B., & Demirel, Ö. (2014). Gürültü kirliliğinin kent parklarına etkisi ve çözüm önerileri: Trabzon kenti örneği. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, *4*(9), 35-42.

Begou, P., Kassomenos, P., & Kelessis, A. (2020). Effects of road traffic noise on the prevalence of cardiovascular diseases: The case of Thessaloniki, Greece. *Sci. Total Environ.* 703, 134477. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134477.

Bentrup, G. (2008). *Conservation buffers: design guidelines for buffers, corridors, and greenways*. Gen. Tech. Rep. SRS-109. Asheville, NC: Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 110 p.

Cai, Y., Hodgson, S., Blangiardo, M., Gulliver, J., Morley, D., Fecht, D., ... & Elliott, P. (2018). Road traffic noise, air pollution and incident cardiovascular disease: a joint analysis of the HUNT, EPIC-Oxford and UK Biobank cohorts. *Environment international*, *114*, 191-201.

Cansaran, D. (2019). Gürültü kirliliği düzeyini belirlemeye yönelik bir çalışma: Amasya ili örneği. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, *74*(1), 89-108.

Casas, W. J. P., Cordeiro, E. P., Mello, T. C., & Zannin, P. H. T. (2014). Noise mapping as a tool for controlling industrial noise pollution. *Journal of Scientific & Industrial Research [recurso eletrônico]. New Delhi. 73*(4), 262-266.

Coelho, J.L, & Alarcao, D. (2006). *Noise mapping and noise action plans in large urban areas.* Techni. Acoustica, 2006.

Çepel, N. (2006). *Gürültü kirliliği*. Editör: Aydemir. A.). Erozyon Doğa ve Çevre. Birinci Baskı. Ankara: Tema Yayınları, 1-8.

Erbaş, E. E., & Özfırat, M. (2024). Ağır sanayide örnek bir çalışma ile gürültü ölçümlerinin değerlendirilmesi ve önlemler. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, *2*(1), 29-40.

Ermiş, F. (2024). 'Kahramanmaraş/Onikişubat Ilçesi Pazar Yerlerinde Gürültü Kirliliği Ölçümü ve Değerlendirilmesi.' Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 54 s, Kahramanmaraş.

Fiedler, P. E. K., & Zannin, P. H. T. (2015). Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs noise maps and measurements. *Environmental Impact Assessment Review*, *51*, 1-9.

Foraster, M., Eze, I.C., Vienneau, D., Schaffner, E., Jeong, A., Héritier, H., & Probst-Hensch, N. (2018). Long-term exposure to transportation noise and its association with adiposity markers and development of obesity. *Environ. Int. 121,* 879–889. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.09.057.

George, F., Heroux, M. E., & Fong, K. (2013, September). Public health and economics burden of environmental noise. *In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 247, No. 3, pp. 4759-4767). Institute of Noise Control Engineering.

Gottesman, R. F., Albert, M. S., Alonso, A., Coker, L. H., Coresh, J., Davis, S. M., & Schneider, A. L. (2017). Associations between midlife vascular risk factors and 25-year incident dementia in the atherosclerosis risk in communities (ARIC) cohort. *JAMA Neurology, 74*(10), 1246-1254.

Halaçlar, S. (2019). 'Taşıtlardan kaynaklı gürültü çalışması Adana kent merkezi örneği.' Yüksek Lisans Tezi. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.

Halaçlar, S., & Gök, O. Kayranlı, B. (2015). *Taşıtlardan kaynaklı gürültü çalışması Adana kent merkezi örneği.* Sürdürülebilir Ulaşım İçin Yol ve Trafik Güvenliği Ulusal Kongresi, Bildiriler Kitabı, 146-153, Ankara.

Hänninen, O., Knol, A. B., Jantunen, M., Lim, T. A., Conrad, A., Rappolder, M., ... EBoDE Working Group. (2014). Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environmental health perspectives*, *122*(5), 439-446.

Hatipoğlu, M. N., & Akın, B. S. (2022). Şehir içi akaryakıt istasyonları gürültü kaynakları ve kontrolü. *Journal of the Institute of Science and Technology*, *12*(2), 663-679.

Hong, J. Y., & Jeon, J. Y. (2014). The effects of audio–visual factors on perceptions of environmental noise barrier performance. *Landscape and Urban Planning*, *125*, 28-37.

Job, R.F.S. (1996). The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environmental International*, *22*(1), 93–104.

Kahveci, B. (2022). 'Gürültü kirliliğini önlemeye yönelik model önerisi ve kent planlarında kullanımı; Adana kenti örneği.' Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 240 s., Adana.

Kalıpçı, E. (2007). 'Giresun ili merkezinde gürültü kirliliği ölçümü ve haritasının hazırlanması.' Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 143 s., Konya.

Kaya, G.K. (2020). 'Gaziantep'in yoğun trafik bölgelerindeki gürültü seviyelerinin belirlenmesi ve çevresel etkileri.' Yüksek Lisans Tezi. Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 54 s., Gaziantep.

Khilman, T. (2004). *Noise pollution in cities, Curitiba and Goteborg as examples*. In proceeding of.

Kılıç, M. Y., Kılıç, İ., & Adalı, S. (2021). Kentsel yerleşim alanlarında çevresel gürültünün belirlenmesi: Bursa Dikkaldırım Mahallesi örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *11*(3), 792-804.

Kılıç, M. Y., Kılıç, İ., & Adalı, S. (2021). Kentsel yerleşim alanlarında çevresel gürültünün belirlenmesi: Bursa Dikkaldırım Mahallesi örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *11*(3), 792-804.

Kopar, İ. (2011). Gittikçe önem kazanan bir çevre sorunu: gürültü kirliliği ve Erzurum örneği (An environmental problem growing more dangerous: Noise pollution and the example of Erzurum). *Doğu Coğrafya Dergisi*, *7*(5), 283-294.

Lercher, P., Evans, G.W., & Meis, M. (2003). Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren. *Environ. Behav. 35*(6), 725–735. https://doi.org/10. 1177/0013916503256260.

Licitra, G., Fredianelli, L., Petri, D., & Vigotti, M.A. (2016). Annoyance evaluation due to overall railway noise and vibration in Pisa urban areas. *Sci. Total Environ.* 568, 1315–1325. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.071.

Marius, A., Tijunelis, M. D., Fitzsullivan, B. A., Sean, O., & Henderson, M.D. (2005). Noise in the ED. *The American Journal of Emergency Medicine*. *23*(3), 332-335.

Morgül, K., Ö., & Dal, H. (2012). Sakarya ili şehir merkezinin gürültü kirliliği üzerine bir ön çalışma. *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, *16*(2), 83-91.

Morillas, J. M. B., Gozalo, G. R., González, D. M., Moraga, P. A., & Vílchez-Gómez, R. (2018). Noise pollution and urban planning. *Current Pollution Reports,* 4(3), 208-219.

Onay, B., & Şahin, C. (2023). Okul bahçelerinde gürültü kontrolünün sağlanmasında gürültü perdesi tasarımı üzerine bir araştırma. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, *19*(1), 59-76.

Önal, E., Özer, S., & Yılmaz, H. (2024). Can shrub species be utilized as a biological measure to reduce noise pollution?. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, *7*(2), 134-143.

Önder, S., & Gülgün, B. (2010). Gürültü kirliliği ve alınması gereken önlemler: bitkisel gürültü perdeleri. *Ziraat Mühendisliği*, (355), 54-64.

Özer, S. (2015). Kent merkezlerindeki parklarda gürültü düzeyi: Yakutiye Parkı örneğinde. *Journal of the Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *5*(3), 43-48.

Özkurt, N., Tezel-Oğuz, M. N., Sari, D., Hamamcı, S. F., Erdoel, M., Cakmak, E. G., ... & Gencer, F. (2024). Determination of potential roadway sections where noise barrier systems can be applied. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, *39*(2), 1003-1016.

Pitchika, A., Hampel, R., Wolf, K., Kraus, U., Cyrys, J., Babisch, W., ... & Schneider, A. (2017). Long-term associations of modeled and self-reported measures of exposure to air pollution and noise at residence on prevalent hypertension and blood pressure. *Science of the Total Environment*, *593*, 337-346.

Recio, A., Linares, C., Banegas, J.R., & Díaz, J. (2016). Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: An integrative model of biological mechanisms. *Environ. Res. 146*, 359–370. https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.036.

Roswall, N., Raaschou-Nielsen, O., Jensen, S.S., Tjønneland, A., & Sørensen, M. (2018). Long-term exposure to residential railway and road traffic noise and risk for diabetes in a Danish cohort. *Environ. Res.* 160, 292–297. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.10.008.

Roswall, N., Raaschou-Nielsen, O., Ketzel, M., Gammelmark, A., Overvad, K., Olsen, A., & Sørensen, M. (2017). Long-term residential road traffic noise and NO2 exposure in relation to risk of incident myocardial infarction-A Danish cohort study. *Environ. Res.* 156, 80–86. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.019.

Solak, E. B., Şahin, C., Onay, B., & Sava, B. (2023). Parklardaki gürültünün değerlendirilmesi: Isparta ili Çünür mahallesi örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *14*(2), 324-331.

Soylu, M., & Gökkuş, Ö. (2016). Endüstriyel kaynaklı gürültü kirliliğinin araştırılması ve bir tekstil fabrikasında uygulama örneği. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, *32*(2).

Stansfeld, S., Haines, M., & Brown, B. (2000). Noise and health in the urban environment. *Reviews of Environmental Health, 15*, 43–82.

Sygna, K., Aasvang, G.M., Aamodt, G., Oftedal, B., & Krog, N.H. (2014). Road traffic noise, sleep and mental health. *Environ. Res.* 131, 17–24. https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.02.010.

Şahin, K. (2014). Atakum (Samsun) şehrinde çevresel gürültü kirliliği. *Journal of International Social Research*, *7*(29), 722-731.

Şahin, Ö., & Barış, M. E. (2023). Gürültü kontrolünde, bitkisel materyalin etkinliğinin araştırılmasına yönelik yapılan çalışmaların değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, *19*(1), 1-20.

Torun, F.E., & Bingül, Z. (2014). Demiryollarından kaynaklanan çevresel gürültü ve Erzurum ili örneği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4*(4), 67-74.

Ünver, E. (2008). 'Trafik ve rekreasyonel kullanım kaynaklı gürültü kirliliğinin belirlenmesi: Çorlu örneği.' Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Van Kempen, E., Casas, M., Pershagen, G., & Foraster, M. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: a summary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(2), 379.

Vienneau, D., Schindler, C., Perez, L., Probst-Hensch, N., & Röösli, M. (2015). The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environ. Res.* 138, 372–380. https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.02.023.

Vural, H. (2020). Bingöl'ün yaşanabilir kent olma yolunda fiziki problemleri ve öncelikleri üzerine bir değerlendirme. *OPUS International Journal of Society Researches*, *15*(1), 5006-5031.

Vural, H. (2024). Bingöl kent merkezi çevresel gürültü kaynakları, düzeyleri ve etkileri üzerine ön araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, *11*(4), 1069-1082.

Vural, H., Meral, A., & Doğan, S. (2019). Kentsel gelişim ve yeşil alan planlama sürecinin katılımcı SWOT analizi yöntemi ile değerlendirilmesi: Bingöl Kenti. *İdealkent*, *10*(28), 1069-1096.

WHO, (2011). *Burden of disease from envi ronmental noise, Quantification of healthy life years lost in Europe*. Bonn: WHO and JRC; ISBN: 978 92 890 0229 5©2011.

WHO, (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region. Erişim adresi: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf. Erişim tarihi: 12.08.2020.

Xie, H., Kang, J., & Tompsett, R. (2011). The impacts of environmental noise on the academic achievements of secondary school students in Greater London. *Applied Acoustics, 72*(8), 551-555.

Yang, W., He, J., He, C., & Cai, M. (2020). Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102516.

Yeşil, M., Atabeyoğlu, Ö., & Yeşil, P. (2015). Karayollarının kent içi trafik gürültüsü düzeyine etkisi: Ordu kent merkezi örneği. *Turkish Journal of Forestry*, *16*(2), 177-182.

Yu, Y., Paul, K., Arah, O., Mayeda, E., Wu, J., Lee, E., & Ritz, B., (2020). Air pollution, noise exposure, and metabolic syndrome – A cohort study in elderly Mexican-Americans in Sacramento area. *Environ. Int.*, 134. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105269.

Yuan, M., Yin, C., Sun, Y., & Chen, W. (2019). Examining the associations between urban built environment and noise pollution in high-density high-rise urban areas: A case study in Wuhan, China. *Sustainable Cities and Society*, *50*, 101678.

Yücel, M. (2000). *Çevre sorunları*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Yayın No: 150, 302 s Adana.

Zannin, P. H. T., Ferreira, A. M. C., & Szeremetta, B. (2006). Evaluation of noise pollution in urban parks. *Environmental monitoring and assessment*, *118*(1), 423-433.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 265-284
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1599954

İstanbul 100. Yıl Parkı'ndaki Ağaçların Risk Analizinin Belirlenmesi ve Ağaçların Risk Yönetimi*

Determination of Risk Analysis of Trees in Istanbul 100th Year Park and Risk Management of Trees

Tuğsem SÖNMEZ [1], Bilal ÇETİN[1]

Özet

Kentsel alanlarda bulunan her ağacın varlığı değerlidir ve bu ağaçların korunması gerekir. Ancak zayıf ve güçsüz yapıdaki ağaçlar, kentsel alanlarda önemli riskler oluşturabilmektedir. Bu alanlardaki insanların can ve mal güvenliğini sağlamak amacıyla ağaçların sistematik olarak derecelendirilerek risk analizinin yapılması ve gerekli önlemlerin alınması önemlidir. Böylece her ağacın risk düzeyine göre gerekli önlemler alınarak karşılaşılabilecek problemlere karşı tedbirler alınabilecektir. Bu çalışmada İstanbul 100. Yıl Parkı'nda bulunan 164 ağacın ölçüm ve değerlendirmesi ile ağaçların risk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Risk analizine göre risk derecesi 0 (en düşük) ile 6 (en yüksek) arasında değişiklik göstermektedir. Buna göre parkta risk derecesi 4 olan 43 ağaç ve risk derecesi 6 olan 11 ağaç vardır. Bu da parktaki ağaçların %32,9'unun orta ve yüksek riskli ağaçlar olduğunu ortaya koymaktadır. Yaş sınıfına göre yapılan değerlendirmeye göre, genç ağaçların %70,4'ünün risk derecesi 2 ve 2'nin altında iken, olgun ağaçlarda bu değer %55,5 ve sayıca çok az olan yaşlı ağaçların ise hepsinin düşük risk derecesinde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ağaçların risk düzeyine göre, risk yönetim planının oluşturulması ve gerekli önlemlerin alınması önerilmiştir. Bu önlemler sayesinde kentsel alanlarda yaşayan insanların olası risklere karşı korunması sağlanarak daha güvenli park alanları oluşturulmuş olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kent ağacı, insan, risk analizi, yönetim

Abstract

Every tree in urban areas is valuable and needs to be protected. However, weak and vulnerable trees can pose significant risks in urban areas. To ensure the safety of life and property in these areas, it is important to systematically grade and analyze the risk of trees and take necessary precautions. Thus, necessary measures can be taken according to the risk level of each tree, and measures can be taken against problems that may be encountered. In this study, we conducted a risk analysis of trees by measuring and evaluating 164 trees in Istanbul 100th Year Park. According to the risk analysis, the degree of risk varied between 0 (lowest) and 6 (highest). Accordingly, there were 43 trees in the park with a risk rating of 4, and 11 trees with a risk rating of 6. This shows that 32.9% of the trees in the park were medium- and high-risk. According to the evaluation by age class, 70.4% of the young trees had a risk level of 2 and below, 55.5% of the mature trees had a risk level of 2 and below, and very few of the old trees had a low risk level. Based on the results obtained, it is recommended to create a risk management plan and take necessary measures according to the risk level of the trees. Thanks to these measures, people living in urban areas will be protected against all of these possible risks, and safer park areas will be created.

Keywords: Urban tree, human, risk analysis, management

Geliş Tarihi: 11.12.2024, Düzeltme Tarihi: 27.01.2025, Kabul Tarihi: 11.02.2025
Adres: [1]Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü
E-mail: bilacetin@duzce.edu.tr
*Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Kent ağaçlarının iklim değişikliğindeki rolü: İstanbul Anadolu Yakası sahil parkları örneği" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

Doğal hayatın destek sisteminin önemli bir elementi olan ağaçlar, aynı zamanda kentsel yaşamın sürdürülebilir olmasında oldukça etkin bir rol oynamaktadır (Kuchelmeister, 2000; Dirik ve Ata, 2005). Ancak, kentleşmenin etkisiyle yeni yerleşim ve ticaret alanlarının oluşturulmasına yönelik yapılaşma ve altyapı talepleri, doğal ekosistemler ve kentsel yeşil alanlar üzerinde ciddi baskı oluşturmaktadır (Coşkun Hepcan, 2019). Hem bu baskılar hem de zamanında uygulanmayan bakım müdahaleleri gibi birtakım uygulama yetersizliğinin de etkisiyle birlikte özellikle zayıf yapıda olan kent ağaçları giderek kötüleşme eğilimi göstermektedir. Ağaçlar, zayıf yapısı ve sağlığı ile kentsel ortamlardaki elverişsiz alan koşulları nedeniyle kamu güvenliği açısından önemli yükümlülükler ve riskler de oluşturabilmektedir. Kent ağaçlarının karıştığı kazalarda çeşitli maddi hasarların yanı sıra yaralanmalar hatta can kaybı bile meydana gelebilmektedir. Ağaç risk analizi halk, iş ve mülk güvenliğini sağlamak için ağaç kusurlarının (yani bir ağacın bazı bölümlerinin veya tamamının) kazalara yol açma olasılıklarını ortaya koymaktadır. Ağaçların genel sağlığını ve çevre koşullarını dikkate alarak ağaçların sistematik olarak derecelendirilmesi, ağaç uzmanları tarafından yapılan ağaç risk değerlendirmesinin ortak bir parçası olmaktadır (Eşen, 2016). Bu çalışma ile birlikte, ağaç risk analizine göre ağaçların mevcut durumlarının saptanması ve ağaçların risk derecesinin sayısal verilerle ifade edilmesi amaçlanmıştır. Özellikle kusurlu ve olgun-yaşlı ağaçların, iklim koşullarındaki olağanüstü durumların sebep olabileceği kuvvetli rüzgâr ve fırtına etkilerine karşı tespiti gün geçtikçe daha da önemli hâle gelmektedir. Kent halkının can ve mal güvenliğinin sağlanması için ağaç risk analizinin yapılması ve böylece risk derecesi tespit edilerek, tehlike düzeyine göre önlem önceliğinin belirlenmesi hedefler arasında yer almaktadır.

1.1. Ağaç risk analizine özgü bileşenler

Ağaç risk analizi, bir ağacın yapısal olarak dış görünüşündeki hasar ya da kusurların tespiti ile yapılabileceği gibi, yüksek maliyetli test cihazları yardımı sayesinde görünmeyen hasar ya da kusurlarının tespiti ile de yapılabilmektedir. Kent ağaçları üzerinde çalışan uzmanlar (Arboristler ya da Ağaç uzmanları) "Görsel Ağaç Değerlendirme" (Visual Tree Assessment) (VTA)" yöntemi ile bir ağacın dış görünüşüne göre kusurlarının tespit edilmesini sağlamakta ve ağaçların içsel kusurlarından kaynaklanan tehlikeleri zamanında belirlenebilmektedir. Böylece, insanlara veya mülklere zarar gelmesini önlemek için gerekli önlemler mümkün olduğunca erken alınabilmektedir (ASCA, 2023). Görsel değerlendirmenin net bir görüş bildirmek için yeterli olmadığı durumlarda, yüksek maliyetli test cihazlarından

faydalanılabilir. Bu gibi durumlarda amaç, söz konusu ağaç ile ilgili risk değerlendirmesi hakkındaki belirsizliği azaltmak için ek ayrıntılar (kusur derinliği, büyüklüğü, etki alanı vb.) sunmaktır (NPF, 2024). Ağaç risk analizinin, "risk yönetimi" için bir kılavuz görevi gördüğü söylenebilmektedir. Bir ağaç risk analizi, söz konusu ağacın riskleri hakkında bilgi verirken "risk yönetimi" kapsamında dikkate alınan faktörlerden de biri olmaktadır (ASCA, 2023).

1.2. Risk oluşturan ve risk düzeyini arttıran etkenler

Kent ağaçlarında risk oluşturan ya da mevcut risk düzeyini arttıran başlıca önemli etkenler, yalnızca geçmişte ya da günümüzde kabul gören ve üzerinde durulan konu başlıkları olarak değil, aynı zamanda olası gelecek koşullar da önemsenerek hazırlanmıştır (Duntemann, 2006). Bunlar; yapısal olarak değerlendirilen etkenler (eş baskın gövdeler, kovuk oluşumu, asimetrik yapıdaki taç oluşumu vb.), tür nitelikleri (hassas odun yapısı, zararlılara ya da patojenlere karşı duyarlılık vb.), iklim değişikliğinden kaynaklanan etkenler (stres ve yıpranma, kuvvetli rüzgârlar vb.), ekolojik koşullardan kaynaklanan etkenler (drenaj yetersizliği, kirletici unsurlar vb.), çevresel koşullardan kaynaklanan etkenler (inşaat çalışmaları ya da budama hataları vb.) olarak ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Bunun yanında bakım, budama ve benzeri işlemlerin yanlış ve zamanında yapılmaması, uzman olmayan kişiler tarafından yapılması ağaçlarda risk oluşturmakta veya risk düzeyini arttırmaktadır.

1.3. Kent ağaçlarında risk belirleme ve yönetimi

Ağaç risk derecesinin belirlenmesi için farklı çalışmalar sonucu geliştirilen risk analizi yöntemleri bulunmakta ve uygulanmaktadır. Bunlar, Uluslararası Arborikültür Derneği (ISA) Ağaç Risk Değerlendirmesi, Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı Ağaç Risk Değerlendirme Yöntemi ve ISA Ağaç Risk Değerlendirmesi En İyi Yönetim Uygulaması (BMP) Yöntemi kullanılan yöntemlerin bazılarıdır (He ve ark., 2022). Ağaç risk değerlendirme, ağaçlarda yapılan ölçüm ve gözlemlere dayalı olabileceği gibi, ağaçların odun örneklerinde gerçekleştirilen test ve ölçümlerle de tespit edilebilmektedir. Burada ağaçların yaşı, odunun nem içeriği, elastikiyeti, büyüme koşulları, türü ve konumu risk derecelerini etkilemektedir (Clair ve ark., 2003; Dahle ve Grabosky, 2010; Kane ve Finn, 2014). Birçok yönden benzer olan bu yöntemler ve esas olarak ağaç yapısı, kusurları ve potansiyel tehlikelerin değerlendirmelerini içerir. Buna karşın bu yöntemler risk faktörünü derecelendirme konusunda farklılıklar gösterir. Bu yöntemler, ağaçlar hakkında hızlı tanı koyabilme yöntemi olarak kabul edilmekte ve bilgiler sunmaktadır. Ancak gövde içindeki

ve toprak altı kök sistemlerindeki iç çürümeyi doğru bir şekilde belirleyememektedir (He ve ark., 2021). Yaşlı veya büyük ağaçlar için daha doğru tanı ve değerlendirme için tahribatsız farklı yöntemler kullanılmaktadır (Dare ve ark., 2015; Koeser ve ark., 2017; Allison ve ark., 2020).

Ağaçlardaki mevcut riskleri doğru belirlemek, uygun bakım-koruma önlemlerini uygulayabilmek ve bir risk yönetim planı oluşturabilmek için ABD'nde USDA Orman Birimi tarafından derecelendirme sistemini içeren bir risk analizi kullanılmaktadır (USDA, 2022). Bu risk analizi tarafımızca geliştirilerek, 100. Yıl Parkı'ndaki her ağacın olası risk derecesi tespit edilmesinde kullanılmıştır. Risk derecesi tespit edilen kent ağaçlarının rutin bakım ve koruma işlemleri yanında risk değerlendirme yöntemine göre ortaya çıkan önemli sorunları ortaya koymak ve ağaç yönetimiyle ilgili veriler sunulması açısından ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir. Zira kentsel alanlarda ortaya çıkabilecek devrilme, yarılma, kırılma vb. hasarlar, ağaçların zarar görmesinin yanında kent toplumunun can ve mal güvenliği açısından da büyük tehdit oluşturmaktadır. Belirtilen sakıncalara karşı alınması gereken önlemlerin seçilmesi, belirlenmesi ve uygulanması, hazırlanan "ağaç risk yönetim planları" kapsamında gerçekleştirilmektedir (Dirik, 2014). Planlar, olası riskleri önleme ve riskli ağaçların kusurlarını düzeltme odaklı olmalı, potansiyel tehlike taşıyan ağaçların teşhisi, değerlendirilmesi ve gerekli düzeltici işlemlerin uygulanması açısından yazılı, sistematik bir prosedüre dayandırılmalıdır (Hauer ve Johnson, 2003; Dirik, 2014).

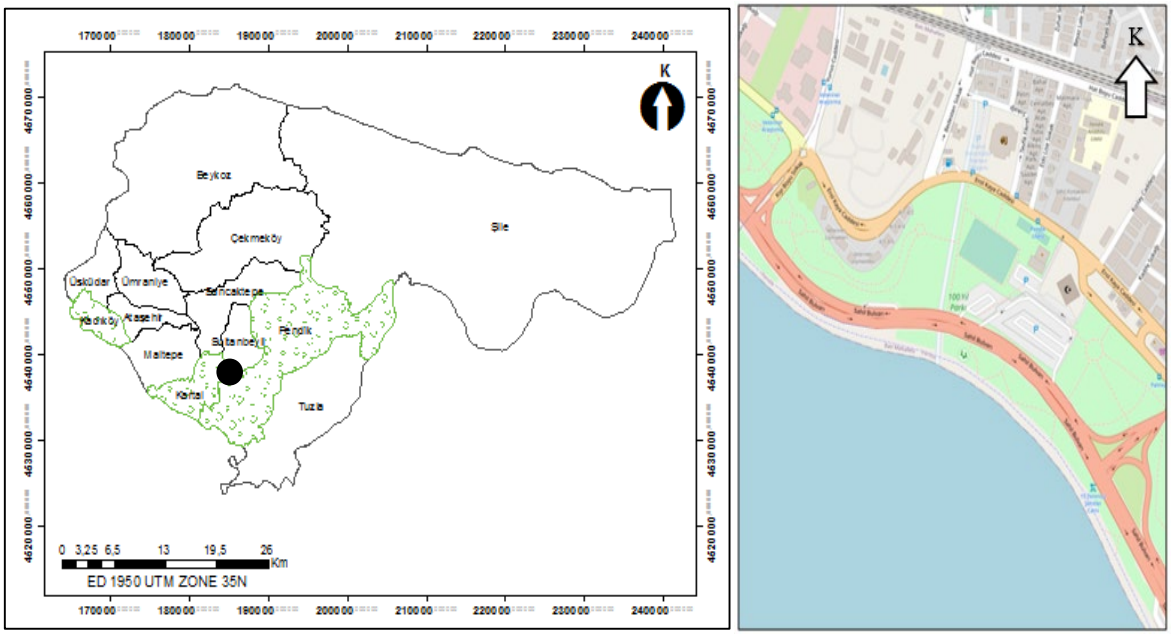
Bu çalışmada; İstanbul, Kartal - 100. Yıl Parkı'ndaki ağaçların tür ve adet tespiti yapılmış, bu ağaçlar, geniş yapraklı ve iğne yapraklı oluşana göre ayrılmış, parkların kullanım yoğunluğu belirlenmiş, yaş sınıfları kategorize edilmiş, sabit yapıya olan uzaklıkları ile risk dereceleri arasındaki ilişki incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre risk yönetimi için çözüm önerileri getirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak Türkiye'nin en kalabalık ve aynı zamanda en dinamik kenti olan İstanbul tercih edilmiştir. İstanbul'un Anadolu Yakası'nda bulunan Pendik ilçesi ve Pendik Bölge Şefliği içindeki 100. Yıl Parkı, kent merkezinin sahil şeridinde olup, deniz seviyesine yakın ve kent halkı tarafından sıklıkla ziyaret edilebilen bir konumdadır. Güney ve kuzeye bakan kısımlarında yoğun araç ve yaya trafiğinin olması, içinde çocuk oyun alanı, bisiklet yolu, futbol sahası, yürüyüş ve oturma alanlarının da bulunması sebebi ile park, örnek alan

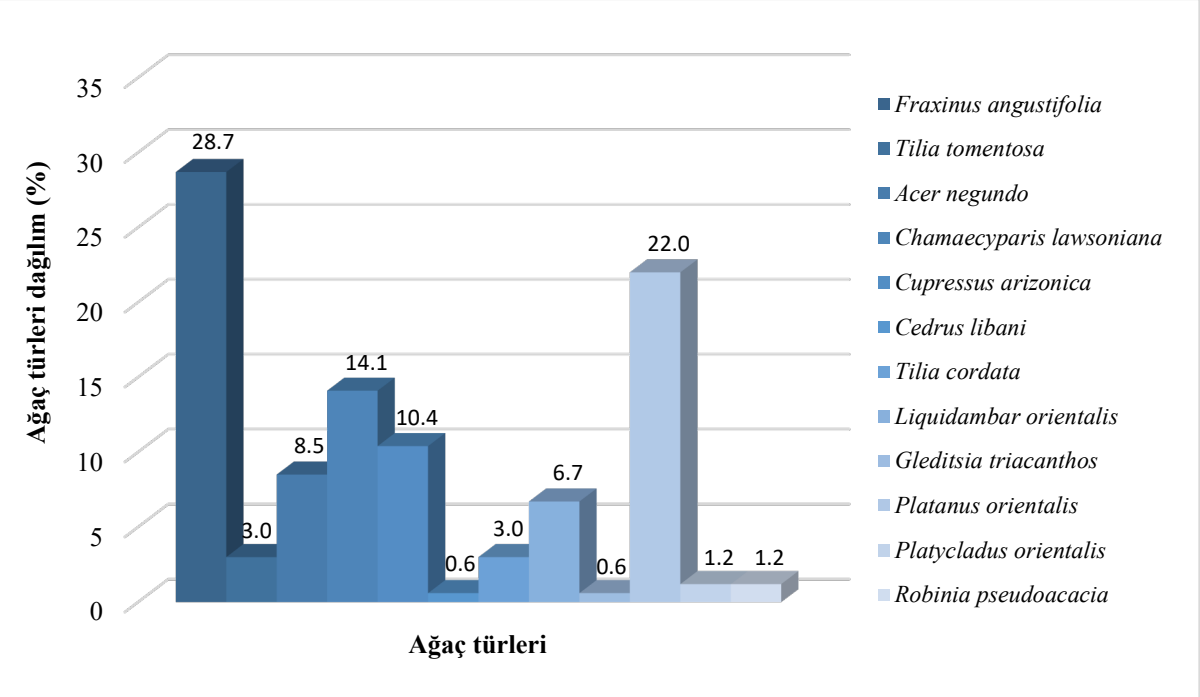
olarak belirlenmiştir. Çalışmanın yapıldığı parkın alanı 17 060,89 m²'dir (İBB, 2023) (Şekil 1).



Şekil 1. İstanbul ili, Anadolu Yakası, Pendik Bölge Şefliği, 100. Yıl Parkı (İBB, 2023).

Parktaki ağaçların risk analizini yapmak için parka ait pafta üzerinde her ağacın yeri işaretlenmiş, numara verilmiş ve türler belirlenerek adları yazılmıştır. Göğüs çapı 8 cm'den küçük olan ağaç, ağaççık ile çalı, palmiye ve meyve ağaçları çalışmaya dahil edilmemiştir. Ayrıca yaş, boy vb. özellikleri ile çevresel koşulların ağaçların risk derecesine olan etki düzeyleri de incelenmiştir.

100. Yıl Parkı'ndaki envanter çalışmasına göre 164 adet ağaç risk analizi çalışmasına dahil edilmiştir. Bu ağaçlar, 4 adet iğne yapraklı ve 8 adet geniş yapraklı olmak üzere toplam 12 türden oluşmaktadır. Bu ağaçlar *Acer negundo* L., *Cedrus libani* A. Rich., *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl., *Cupressus arizonica* Greene, *Fraxinus angustifolia* Vahl., *Gleditsia triacanthos* L., *Liquidambar orientalis* Mill., *Platanus orientalis* L., *Platycladus orientalis* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Tilia cordata* Mill. ve *Tilia tomentosa* Moench. türlerinden oluşmaktadır. Çalışma alanındaki türlerin sayısal olarak yüzde dağılımı grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. 100. Yıl Parkı'ndaki ağaç türleri ve yüzde dağılımı.

2.2. Yöntem

Parklardaki her bir ağacın, artım burgusu ile yaş tespitini tek tek yapmak doğru bir yaklaşım olmadığı için parklardaki ağaçlar; genç ağaç (5-20 yaş), olgun ağaç (20-40 yaş) ve yaşlı ağaç (>40 yaş) olarak 3 ayrı grup ile sınıflandırılmıştır. Her ağaç, sınıfını en iyi şekilde temsil edebilecek sayıda ağaç seçilerek yaş tespiti yapılmıştır. Bu sınıflandırma, ağaçların yaş sınıflarına göre risk durumlarını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Ağaç risk derecesinin belirlenmesi için farklı çalışmalar sonucu geliştirilen risk analizi uygulamaları bulunmakta ve uygulanmaktadır. Ağaçlardaki mevcut riskleri doğru belirlemek, uygun bakım-koruma önlemlerini alabilmek ve bir risk yönetim planı oluşturabilmek için ABD'nde USDA Orman Birimi tarafından derecelendirme sistemini içeren bir risk analizi kullanılmaktadır (USDA, 2022). Bu risk analizi tarafımızca geliştirilerek, 100. Yıl Parkı'ndaki her ağacın olası risk derecesi tespit edilmiştir. Elde edilen verilerin girişi bilgisayar ortamına aktarılarak, aşağıdaki tablonun ilgili satır ve sütunlarına kaydedilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Ağaç risk analizi.

Ağaç numarası		
Ağaç türü		
Göğüs yüksekliği çapı (cm)		
Ağaç boyu (m)		
Ağaca en yakın sabit yapı		
En yakın sabit yapıya uzaklık		
Tepe izdüşümü		
Hedef	2	İnsan yoğunluğu, kalıcı yapı mevcudiyeti, araç geçiş sıklığı
	1	Ana ve tali yollar
Kusur	3	Yaralar-Çürükler (Ağacın gövde çevresinin %50'sinden daha fazla bir alanı etkileyen kusurlar)
		Doğal olmayan eğrilik
		Kök boğazı çevresindeki kusurlar veya toprak üstü kök yayılımı
		Çatlak, çatlakla ilişkili çürüme ve kovuk oluşumu
		Ölü ağaç
		Ağaç gövde çevresinde gözlemlenen kusurlar (>%50)
		Büyük fırçalı tepe durumu veya taç hasarları (>%50)
	2	Yaralar-Çürükler (Ağacın gövde çevresinin %33-50'sini etkileyen kusurlar)
		Kök boğazı çevresindeki kusurlar veya toprak üstü kök yayılımı (Ağacın gövde çevresinin %50'sinden daha az)
		Çürük eğilimi göstermeyen çatlak ve yarıklar
		Zayıf dal birleşimleri (Kaynaşmayı engelleyen, gömülü kabuğun olduğu eşbaskın - aynı çapta iki lider - dallar)
		Büyük fırçalı tepe durumu veya taç hasarları (%33-50)
		Ağaç gövde çevresinde gözlemlenen kusurlar (%33-50)
		Çürüme, mantar ya da budak sebebiyle kalitesiz meyve oluşumu
	1	Yaralar-Çürükler (Ağacın gövde çevresinin %10-33'ünü etkileyen kusurlar)
		Yıldırım kaynaklı yara, küçük çatlak oluşumu
		Büyük fırçalı tepe durumu veya taç hasarları (%10-33)
		Zayıf dal birleşimleri (Kaynaşmayı engelleyen, gömülü kabuğun olduğu eşbaskın - aynı çapta iki lider - dallar)
		Açıkta görünür kökler
		Doğal eğrilik
	0	Görünür bir kusur olmaması; küçük kusur veya yara vs.
Risk derecesi		Hedef x Kusur

Ağaç risk analizine ait çizelgede bulunan ana başlıklara ve envanter sürecine ait açıklayıcı bilgilere aşağıda yer verilmiştir:

Ağaç numarası: Yapılan çalışmada envanteri çıkarılan bir ağacı, diğer ağaçlardan ayıran kod numarasıdır. Bu numara özellikle aynı türlere ait ağaçların birbirinden ayırt edilebilmesi ve gerekli bir durumda ilgili ağacı kolaylıkla bulabilmek için gereklidir.

Ağaç türü: Ağaçların bilimsel literatürde kabul gören Latince adlarıdır.

Göğüs yüksekliği çapı (cm): Ağaçların yerden 1.30 m yüksekliğindeki çapını ifade etmektedir.

Ağaç boyu (m): Ağaçların boy uzunluğunu belirten bölümdür. Ölçümler uzaktan boy ölçüm yöntemi, lazerli ölçüm cihazları veya şerit metre gibi aletlerle yapılabilmektedir. Bu çalışmada yüksek boylu ağaçların boyu lazerli boy ölçer ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir.
Ağaca en yakın sabit yapı (m): Her bir ağaca mesafe olarak en yakın noktada bulunan bir referans noktası olan basketbol sahası, futbol sahası, aydınlatma, oturma alanı, tek katlı yapı, yönlendirme levhaları vb. gibi hareketsiz sabit yapılar alınmıştır.
Ağacın en yakın sabit yapıya uzaklığı (m): Ağacın en yakınında bulunan sabit yapıya olan uzaklığı metre ile ölçülmüştür.
Tepe izdüşümü (m): Her bir ağacın park sınırları içine düşen tepe tacı izdüşümünün genişliğini ifade etmektedir.
Hedef: Ağacın etrafındaki potansiyel durumu ifade etmektedir. İnsan yoğunluğu, kalıcı yapı mevcudiyeti ve gözlemlere dayalı araç geçiş sıklığı varsa "2"; ana ve tali yollar varsa "1" değeri verilmiştir. 2 verilen değer, ağaç üzerindeki baskıya göre stresin, 1 verilen değerden daha yüksek olduğunu ifade etmektedir.
Kusur: Mevcut bir göstergedir. Ağaçta gözlemlenen kusurların, ağacın gövdesinin %10-33, %33-50 ya da %50'sinden daha fazla bir alanı etkilemesi durumuna göre kategorize edilmiştir. Ayrıca çürük, yara, kovuk oluşumu, fırçalı tepe durumu veya taç hasarları, kök boğazı çevresindeki kusurlar veya toprak üstü kök yayılımı, çatlak/yarıklar, mantar, zayıf dal birleşimleri, doğal olan ya da olmayan eğrilik durumuna göre 1 ile 3 arasında değişen bir değer verilmektedir. Görünürde herhangi bir kusur bulunmaması durumu ise 0 değeri ile ifade edilmektedir. Kusurun şiddetini belirleyen en yüksek değer 3 iken, en az kusur ya da görünür bir kusur bulunmaması 0 ile belirtilmektedir.
Risk derecesi: Olası risk derecesi, çizelgedeki "hedef (2, 1)" ve "kusur (3, 2, 1, 0)" sütunlarına girilen her iki değerin çarpma işlemi [hedef (2, 1) x kusur (3, 2, 1, 0)] ile hesaplanmaktadır. Olası risk derecesi 0 (en düşük) ile 6 (en yüksek) arasında değişiklik göstermektedir. Parkta bulunan 164 ağacın risk derecesi tespit edilmiştir. Buna göre yürütülen çalışma sonuçları ile risk derecesi belirlenen ağaçlar için nasıl bir planlama olabileceği ortaya konulacaktır.

3. Bulgular

3.1. 100. Yıl Parkı'ndaki ağaçların risk analizinin değerlendirilmesi

100. Yıl Parkı'ndaki ağaçların göğüs yüksekliği çapı 11 cm ile 61 cm arasında değişiklik göstermiştir. Ölçülen ağaçlar arasında en küçük çaplı ağaç, 11 cm ile *Tilia*

cordata, en kalın çaplı ağaç ise 61 cm ile *Platanus orientalis* olarak kaydedilmiştir. Ağaçların boyu 4 m ile 11 m arasında değişmiştir. En kısa boylu ağaç 4 m ile *Cupressus arizonica* ve *Tilia cordata* olarak ölçülürken, en uzun boylu ağaç 11 m ile *Platanus orientalis* olarak ölçülmüştür. Park sınırları içerisindeki ağaçların tepe izdüşümleri 32 cm ile 382 cm arasında olmuştur. Envanter çalışmasına göre ağaç adedi türlere göre değişkenlik göstermiştir. Parkta en az bireyle *Cedrus libani* (1 adet) ve *Gleditsia triacanthos* (1 adet), en fazla bireyle *Fraxinus angustifolia* (47 adet) ve *Platanus orientalis* (36 adet) temsil edilmiştir.

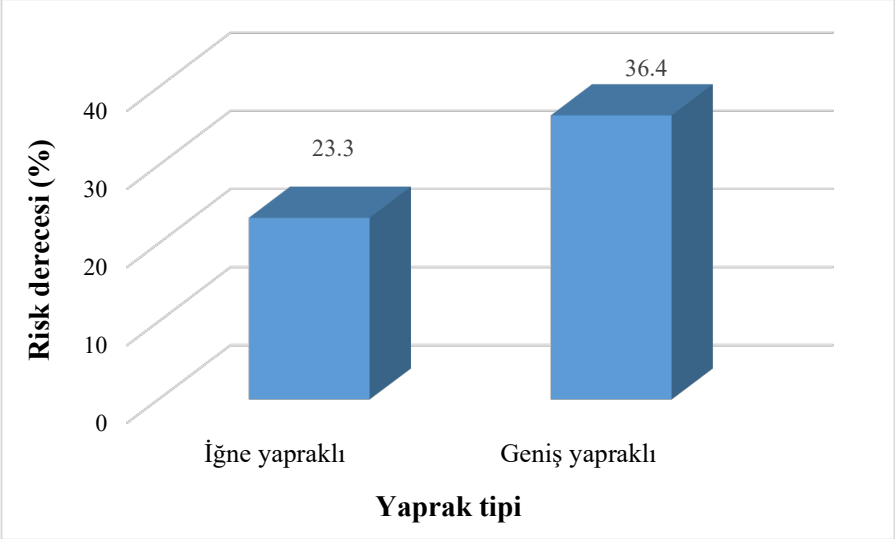
Ağaçların risk derecesine göre kategorize edilmesinin, önlem ve teknik uygulamaların da bu risk düzeylerine göre belirlenmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Buna göre 0-2 aralığı düşük risk, 2-4 aralığı orta risk, 4 ve üzeri risk derecesi ise yüksek risk olarak tanımlanmaktadır. Parktaki ağaçların olası risk dereceleri 0, 1, 2, 3, 4 ve 6 olup, 5 risk derecesine sahip ağaç bulunmamaktadır. Parkta en fazla bulunan türlerden *Fraxinus angustifolia* %46,8 oranı ile 4 risk derecesinde yer alırken, *Platanus orientalis* %36,1 oranı ile 2 risk derecesinde yer almaktadır. Buna göre; 50 adet ağacın olası risk derecesi 0, 5 adet ağacın olası risk derecesi 1, 54 adet ağacın olası risk derecesi 2, 1 adet ağacın olası risk derecesi 3, 41 adet ağacın olası risk derecesi ise 4 ve 11 adet ağacın olası risk derecesi 6'dır. Olası risk derecesi 4 ve üzerinde olan ağaçlar, parktaki ağaçların %31,7'sini oluşturmaktadır. Toplam 164 adet ağacın türlere göre adedi, yüzde dağılımı ve risk derecesi Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 100. Yıl Parkı'ndaki türlerin risk derecesi ve yüzde dağılımı.

	Risk Derecesi															
Ağaç Türleri	Adet	%	0	%	1	%	2	%	3	%	4	%	5	%	6	%
Fraxinus angustifolia	47	28,7	3	6,4	-	-	19	40,4	-	-	22	46,8	-	-	3	6,4
Tilia tomentosa	5	3	3	60	-	-	2	40	-	-	-	-	-	-	-	-
Acer negunda	14	8,5	-	-	-	-	5	35,7	-	-	6	42,9	-	-	3	21,4
Chamaecyparis lawsoniana	23	14,1	8	34,8	-	-	9	39,1	-	-	4	17,4	-	-	2	8,7
Cupressus arizonica	17	10,4	14	82,3	-	-	-	-	-	-	2	11,8	-	-	1	5,9
Cedrus Libani	1	0,6	-	-	-	-	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Tilia cordata	5	3	4	80	-	-	-	-	-	-	1	20	-	-	-	-
Liquidambar orientalis	11	6,7	8	72,7	-	-	3	27,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleditsia triacanthos	1	0,6	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Platanus orientalis	36	22	9	25	4	11,1	13	36,1	1	2,8	7	19,4	-	-	2	5,6
Platycladus orientalis	2	1,2	-	-	-	-	1	50	-	-	1	50	-	-	-	-
Robinia pseudoacacia	2	1,2	-	-	1	50	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçların olası risk derecesinin değerlendirilmesi

100. Yıl Parkı'ndaki ağaçların, iğne yapraklı ve geniş yapraklı oluşuna göre olası risk dereceleri değerlendirilmiştir. Parkta iğne yapraklı türler; *Chamaecyparis lawsoniana, Cupressus arizonica, Cedrus libani*, *Platycladus orientali'*dir. Geniş yapraklı türler ise; *Fraxinus angustifolia*, *Tilia tomentosa*, *Acer negundo*, *Tilia cordata*, *Liquidambar orientalis*, *Gleditsia triacanthos*, *Platanus orientalis* ve *Robinia pseudoacacia*'dır. İğne yapraklı türler toplam 43 ağaçtan oluşmakta ve bu da tüm ağaçların %26,3'ünü oluşturmaktadır. Geniş yapraklı türler ise 121 ağaçtan oluşmakta, bu da parkın %73,7'sine karşılık gelmektedir. Ağaçların risk derecelerinin 4 ve üzerinde olması bu ağaçlara sağlığının önemli derecede bozulduğunu göstermektedir. İğne yapraklı 43 ağaçtan 10'unun olası risk derecesi 4 ve üzerinde olup, parktaki iğne yapraklı ağaçların %23,3'ünü oluştururken; geniş yapraklı 121 ağacın 44'ünün olası risk derecesi ise 4 ve üzerinde olup, parktaki geniş yapraklı ağaçların %36,4'ünü oluşturmaktadır (Şekil 3).

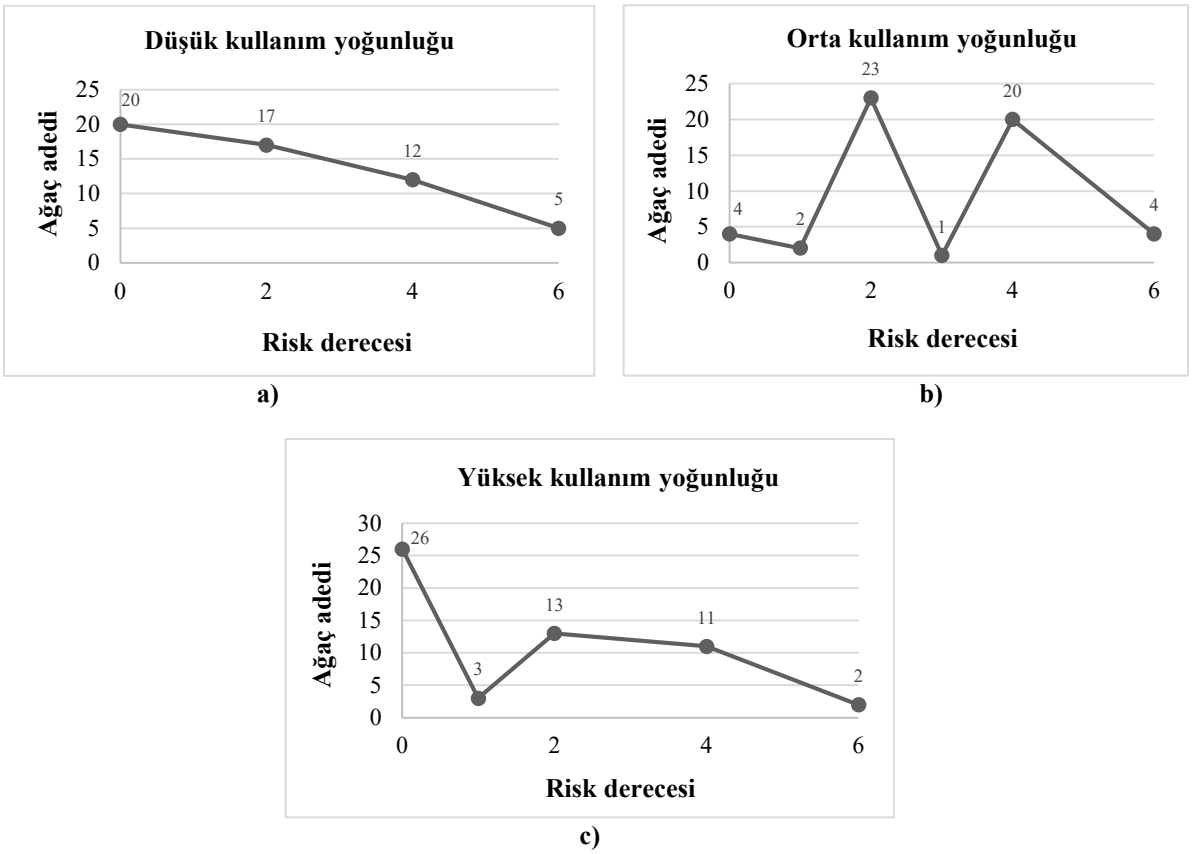


Şekil 3. Olası risk derecesi 4 ve üzerinde olan ağaçların iğne yapraklı ve geniş yapraklı oluşuna göre yüzde dağılımları.

3.3. Ağaç risk analizi ile insan kullanım yoğunluğu arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi

100. Yıl Parkı insanların kullanım yoğunluğuna göre 3 kategoriye ayrılmıştır. Bunlar; düşük kullanım yoğunluğu, orta kullanım yoğunluğu ve yüksek kullanım yoğunluğu olarak belirlenmiştir. Amaç; insanların kullanım yoğunluğuna göre ağaçların risk derecesine bir etki olup olmadığını belirlemektir. Düşük kullanım yoğunluğuna sahip alandaki en fazla (20 adet) ağacın olası risk derecesi 0, orta kullanım yoğunluğuna sahip alandaki en fazla (23

adet) ağacın olası risk derecesi 2 olmuştur. Yüksek kullanım yoğunluğuna sahip alandaki, en fazla (26 adet) ağacın olası risk derecesi yine 0 olarak belirlenmiş ve diğer risk dereceleri daha düşük seviyede çıkmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. 100. Yıl Parkı'nda kullanım yoğunluğuna göre ağaç adedi ve risk derecesi arasındaki ilişki: a) Düşük kullanım yoğunluğu b) Orta kullanım yoğunluğu c) Yüksek kullanım yoğunluğu.

3.4. Ağaçların yaş sınıfı ve risk derecesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi

Bu sınıflandırma ile yaş faktörü ile olası risk derecesi arasındaki ilişkinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Sınıflandırmaya göre; 98 adet (%59,8'i) genç ağaç, 63 adet (%38,4'ü) olgun ağaç ve 3 adet (%1,8'i) yaşlı ağaç bulunmaktadır. Parktaki ağaçların çoğunluğunu geç ağaç sınıfındaki bireyler oluşturmaktadır. Ağaçların her 3 sınıflandırmaya göre olası risk dereceleri ise aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Ağaçların yaş sınıfına göre risk derecesi ve yüzde cinsinden dağılımı.

Yaş Sınıfı	Adet	%	Olası risk derecesi													
			0	**%**	**1**	**%**	**2**	**%**	**3**	**%**	**4**	**%**	**5**	**%**	**6**	**%**
Genç ağaçlar	98	59,8	34	34,7	1	1	35	35,7	-	-	23	23,5	-	-	5	5,1
Olgun ağaçlar	63	38,4	15	23,8	4	6,3	16	25,4	2	3,2	20	31,7	-	-	6	9,6
Yaşlı ağaçlar	3	1,8	1	33,3	-	-	2	66,7	-	-	-	-	-	-	-	-

3.5. Ağaçların sabit yapılara olan uzaklığına göre risk derecesinin değerlendirilmesi

100. Yıl Parkı'nda ağaçların en yakınında bulunan ve tespit edilen sabit yapılar; aydınlatma, basketbol sahası, bilgilendirme levhası, oturma alanı ve tek katlı yapılardır. Bu sabit yapılar arasında, ağaçlara en yakın konumda olan ise aydınlatmadır ve bu tüm sabit yapıların yarısı kadardır. Sabit yapılar ile ağaçların olası risk derecesi arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için bir çizelge hazırlanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. 100. Yıl Parkı'ndaki sabit yapıların olası risk derecesi ve yüzde cinsinden dağılımı.

Sabit Yapılar	En Yakın Ağaç Sayısı	%	Olası risk derecesi													
			0	**%**	**1**	**%**	**2**	**%**	**3**	**%**	**4**	**%**	**5**	**%**	**6**	**%**
Aydınlatma	83	50,6	24	28,9	4	4,8	24	28,9	1	1,2	21	25,3	-	-	9	10,9
Basketbol sahası	12	7,3	2	16,7	1	8,3	3	25	1	8,3	5	41,7	-	-	-	-
Bilgilendirme levhası	2	1,2	1	50	-	-	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-
Oturma alanı	40	24,4	6	15	-	-	19	47,5	-	-	14	35	-	-	1	2,5
Tek katlı yapı	27	16,5	17	63	-	-	6	22,2	-	-	3	11,1	-	-	1	3,7

4. Tartışma

Bir ağacın gelişiminin kötü olması ve yapısal kusurlar barındırması, o ağacın sağlığının olumsuz etkilendiğini göstermektedir. 100. Yıl Parkı'nda risk derecesi 4 olan 43 ağaç ve risk derecesi 6 olan 11 ağaç vardır. Bu da parktaki ağaçların %32,9'unun orta ve yüksek riskli ağaçlar olduğunu, park içinde tehlike yaratabilecek koşullara karşı risk yönetimi kapsamında belirlenen sıklıkla denetlenmesinin önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu konuyla ilgili Terho ve Hallaksela (2008) Helsinki'de 181 ağacı incelemiş ve yapısal olarak tehlikeli bulunan park ağaçlarının alandan çıkarılması gerektiği belirtilmiştir. Kentsel alanlarda stres faktörü ağaçların gelişimini etkileyen önemli bir faktördür. Maribel ve ark. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, Amerika'nın kuzeyindeki bazı türlerin stres etkenlerine karşı tolerans düzeyleri incelenmiştir. Ağaç uzmanları; *Ginkgo*

biloba, Gleditsia triacanthos, Quercus spp. ve *Ulmus* spp. türlerini en toleranslı türler olarak belirlemiştir. Ancak aslında hiçbir türün, tüm stres etkenlerine karşı toleranslı olamayacağı da çalışma kapsamında belirtilmiştir. Ayrıca belirli bir stres etkeninden, belirli bir türün, nasıl etkileneceği veya ona nasıl tepki vereceği konusunda da fikir ayrılığı yaşanmıştır. Bu çalışmanın yürütüldüğü süreç, türlerin stres etkenlerine karşı gösterdiği tepkiyi belirlemek için yeterli olmadığı gibi, farklı uzman görüşlerine de ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Harris ve ark. (2004) yetişme ortamı koşulları, komşu ağaçlar, kötüleşen zemin, bina ve tesislerin yarattığı baskı yoğunluğunun türlere olan etki düzeyini belirlemişlerdir. Baskı yoğunluğunun şiddeti arttıkça *Platanus orientalis* direnç gösterirken, *Magnolia grandiflora* aynı direnci gösterememiş, daha duyarlı kalmıştır. 100. Yıl Parkı'ndaki *Platanus orintalis*'in %72,2'sinin risk derecesinin 2 ve altında yer aldığı, bu ve benzer (ağaca en yakın sabit yapı etkisi) koşullara karşı dirençli olduğu söylenebilmektedir. Ancak her tür için uygun yetişme ortamı koşulları değişkenlik göstermektedir. Hickman ve ark. (1995) tarafından 695 Meşe ağacı (*Quercus wislizeni* ve *Quercus lobata*) görsel olarak değerlendirilip, derecelendirme yapılmıştır. Ağacın yapısı ve gücü için çevresel faktörler de dahil olmak üzere 11 bileşene hedef değer belirlenmiş, bu derecelendirmeden 7 yıl sonra ağaçlar tekrar incelendiğinde yaprak yoğunluğu ve rengi, ağacın gövde yapısı ve zayıf görünümünün derecelendirme ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur. Daha titiz bir değerlendirme için görsel değerlendirme tek başına yetersiz kalabilir. Bu gibi durumlar, ekipman ve teknik cihaz kullanımı gerektirebilir. Ancak hiçbir ekipman da tam bir değerlendirme sağlamamaktadır. Bu parktaki ağaçlar için de herhangi bir ekipman desteği olmaksızın bir değerlendirme yapılmıştır. Burada da yine uzun dönem sonra (örneğin; 7 yıl) aynı parkta, aynı ağaçlar için aynı risk analizi yapılarak, farklı dönemlerdeki iki derecelendirme arasındaki ilişki irdelenebilir.

Wang ve Allison (2008) tarafından *Quercus rubra* üzerinde yapılan bir çalışmada hem görsel hem de ekipman desteği ile bir değerlendirme yapılıp, kesit alınarak numune analizinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Görsel bir değerlendirmenin ardından ağaçlar teknik cihaz (fakopp, picus sonic tomograph, iml resistograph) kullanılarak incelenmiştir. Bu incelemeden sonra ağaçlar kesilmiş ve numunelerin bir laboratuvarda analizi yapılmıştır. Görsel değerlendirme ile kusur (çürüme) tespiti yapılmış, teknik cihazlar ise bu kusur tespitini doğrulamıştır. Ancak numunelerin laboratuvar analizi kusurun tespit edilenden daha derin ve büyük olduğunu ortaya koymuştur. Cihaz ve ekipman desteği ağaçtaki sorunu kusursuz olarak yansıtamamıştır. Ancak her ağacın risk durumunu tespit etmek için kesi ile numune alınması işlemi mümkün görünmemektedir. Bu nedenle risk analizi için görsel

değerlendirmeler yeterli kabul edilmekte, gerekli durumlarda ekipman desteği önerilmektedir. Baker ve Bell (1992) iklim değişikliği sebebiyle kuvvetli rüzgâr ve fırtına etkilerini tehlike yaratabilecek durumlar arasında görmektedir. Çünkü kent ağaçlarının, orman, meşcere veya ağaçlık arazilerdeki ağaçlardan daha fazla rüzgâr etkilerine maruz kaldığı varsayılmaktadır. Luley ve Bond'a (2006) göre ağaçların devrilmesi, çoğu zaman fırtına sonrası ağaç kusurları araştırmalarını ortaya koymaktadır. Örneğin; kar yükü, buzlanma ağaçlarda hasar bırakmakta, bu hasarın derecesi ise tür ve konuma göre değişiklik gösterebilmektedir. Hauer ark. (1993) tarafından yapılan bir araştırmaya göre *Acer platanoides* buz hasarlarına karşı nispeten dirençliyken, *Acer saccharinum* ise büyük ölçüde hasara uğramıştır. James ark. (2006) rüzgâr kuvvetinin statik değil, dinamik olduğu ve ağaçların tahmin edilenden daha az rüzgâr kuvveti altında da yıkılabildiği konusunda uyarılarda bulunmuştur. Nitekim 100. Yıl Parkı'nda yapılan ölçüm ve değerlendirme gözlemlerine dayanarak, özellikle toprağı iyi kavrayamayan, sığ köklü türlerden kaçınılması gerekli görülmüştür. Ayrıca genç ağaçların henüz güçlü bir yapıya kavuşmaması ve bu gibi etkilere karşı daha savunmasız olması sebebiyle dikim sonrası destekleme, bağlama vb. uygulamaların aksatılmaması önemlidir.

Kane ve Clouston (2008) eş baskın gövdeli ağaçların (u veya v) tek gövdeli ağaçlardan daha zayıf olduğunu doğrulayan bir çalışma yapmıştır. 30 adet *Acer platanoides*, *Acer rubrum* ve *Acer saccharum* için çekme testleri yapılmış ve testlerde eş baskın gövdeli ağaçların %45'i başarılı olurken, tek gövdeli ağaçların ise %79'u başarılı olmuştur. Nitekim 100. Yıl Parkı'nda eş baskın gövdeli çok sayıda ağaç bulunmaktadır. Çalışma sırasındaki gözlemler, çevresel koşulların ve istemeden de olsa zamanla yapılan doğru olmayan uygulamaların (budama vb.) ağaç risk derecesi üzerinde belirleyici etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular, risk derecesi 0 ya da 0'a yakın bir değer ile en düşük risk derecesine sahip ağaçların daha uzun aralıklarla, 6 ya da 6'ya yakın (≥4) bir değer ile orta ve yüksek risk derecesine sahip ağaçların daha sık zaman aralığında kontrol edilmesinin önemli olduğunu göstermektedir.

Kentsel alanlarda park yenileme projeleri, yakın çevrede inşaat çalışmaları, alt yapı ve yol bakım çalışmaları sıklıkla yapılmaktadır. Bu da mevcut ağaç varlığının hassasiyetleri üzerinde etkilidir. Çünkü bilinmektedir ki özellikle yaş ilerledikçe ağaçların direnci azalmakta ve risk derecesi artmaktadır. Parkın yakın çevresindeki bu gibi uygulamaların da yaygın olduğu gözlemlenmiştir. Nitekim Harris ark. (2004) inşaat çalışmaları ile ağaçların yaşları arasındaki ilişkiye dair yürüttükleri bir çalışmada 70 yaş ve üzeri yaşlardaki ağaçların bu gibi durumlara karşı daha az direnç gösterdiğini, 40 yaş ve altı yaşlardaki ağaçların ise

oldukça dirençli davrandıklarını ortaya koymuştur. 100. Yıl Parkı'ndaki olgun ve yaşlı ağaçların sayısı, genç ağaçlara göre daha azdır. Bu nedenle genç bir park olduğu söylenebilmektedir. Bulgular, ağaçların büyüme evresi değiştikçe ve bağlı oldukları yaş sınıfları ilerledikçe risk derecesinin arttığını göstermektedir. Parktaki genç ağaçların risk derecesi düşük, olgun ağaçların ise risk derecesi daha yüksektir. Genç ağaçların %70,4'ü 2 ve 2'nin altındaki risk derecesinde yer alırken, olgun ağaçların ise %41,3'ü 4 ve 4'ün üzerindeki risk derecesinde yer almaktadır. Parktaki ağaçların bulundukları konuma en yakın sabit yapıların ağaç ile mesafesi ölçülmüştür. Bu sabit yapılar ile ağaçların olası risk derecesi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Buna göre; 83 adet ağacın en yakınındaki sabit yapının aydınlatmalar olduğu saptanmıştır ve bu da ağaçların %50,6'sını oluşturmaktadır. Aydınlatmaların yakınındaki ağaçların %36,2'sinin risk derecesinin ise 4 ve 4'ün üzerinde olduğu kaydedilmiştir. Sabit yapılarla ilgili Caggiu ve ark., (2023) şehirde her ağaç için, ağacın yakınındaki sokak, bina ve yürüyüş ve bisiklet yollarının sayısını ve kategorilerini dikkate alan bir çalışma yapmışlar. Çalışmada bir ağacı çevreleyen alandaki hem sokak hem de yürüyüş ve bisiklet yolu sayısının bulunduğu ağaç riskini etkilediği diğer faktörlerin çok etkili olmadığını tespit etmiştir.

Tree Management Office (2011) tarafından risk yönetimi ile ilgili yapılan çalışmaya göre; Çin'in Hong Kong kenti için yaklaşık 1,5 milyon ağacı kapsayan bir risk yönetim planı hazırlanmıştır. Kent geneli yaya ve trafik yoğunluğu ile ağaç varlığının durumu dikkate alınarak risk derecelerine düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 ayrı risk alanı oluşturulmuştur. Bu çalışmada olduğu gibi risk derecelerine göre, ayrı risk alanları oluşturmak, önlem ve uygulamaların doğru belirlenmesini sağlamaktadır. Duntemann (2006) tarafından risk yönetimi için 3 farklı alanı kapsayan risk bölgesi haritası oluşturulmuştur. Bu haritalar hem risk derecelendirmesi yapılmış ağaçları izlemek hem de kuvvetli rüzgâr ya da fırtına karşısında müdahale önceliğini belirlemek için kullanılmaktadır. Bu bölgelerden biri olan ABD'nin Vermont eyaletinde yer alan Worcester için yüksek, orta ve düşük olmak üzere risk bölgesi haritası oluşturulmuştur. Yüksek riskli kısımlar yılda bir, orta riskli kısımlar her 3 yılda bir ve düşük riskli kısımlar ise yalnızca fırtınalardan sonra denetlenmektedir. Fırtınalar sırasında kentsel ağaç yönetiminin nasıl olması konusunda üç ABD şehrinde yapılan çalışmada uzmanlar fırtınaların ağaç dikimini, tür seçimini ve kaldırmaları doğrudan ve dolaylı olarak etkilediğini tespit etmişler. Fırtına esnasında ağaçlardan algılanan riski artırdığını ancak, yöneticiler ve halk arasında iş birliği yapılması durumunda ağaç yönetimine olumlu katkılar sağladığını belirtmektedirler (Cadaval ve ark., 2024). ABD'nin Wisconsin eyaletinde yer alan Shorewood bölgesi için ise

2003 yılında ağaç risk yönetimi politikası geliştirmek üzere risk bölgesi haritası oluşturmak bir hedef olarak belirlenmiştir. Bölge, olgun ağaçlar temel alınarak kendi içinde 2'ye ayrılmıştır. Harita üzerinde yüksek riskli ağaçların bulunduğu kısımlar kırmızı, orta riskli ağaçların bulunduğu kısımlar ise turuncu renk ile gösterilmiştir. Bir başka bölge ABD Montana-Glacier Ulusal Parkı'dır. Çokça ziyaretçisi olan bu parkın 1995 yılında risk bölgesi haritası oluşturulmuştur. Parkın yüksek kullanım alanları kırmızı oklar, düşük kullanım alanları ise mavi oklar ile belirtilmiştir. Böylece herhangi bir olası müdahale için öncelik oluşturulmuştur.

Çalışmanın yürütüldüğü 100. Yıl Parkı konum itibariyle insanlar tarafından sıklıkla ziyaret edilmektedir. Bu denli sıklık, kullanım yoğunluğu ile ağaç risk derecesi arasında bir ilişki olup olmadığının incelenmesi ve insanlar tarafından kullanım yoğunluğu ile ağaç risk derecesi arasında kayda değer bir ilişki bulunamamıştır. Ancak uzun dönemde bu kullanım yoğunluğu artarak devam eder ya da gerekli önlemler alınmazsa, buradaki ağaçların mevcut sağlığı olumsuz etkilenebilir ve bu da ileri ki yıllarda olası risk derecelerini daha da arttırabilir. İnsanların yoğun kullandığı yerlerdeki ağaçlarda bu riskin yüksek çıkmamasında parktaki ağaçların çoğunluğunun genç bireyler olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Risk dereceleri hesaplanan ağaçlar içinde, yüksek risk derecesine sahip olan ağaçların bulunduğu kısımlar işaretlenerek, insanların olası tehlikelere karşı (devrilme vb.) korunması ile bir risk yönetiminin sağlanması mümkündür.

5. Sonuç ve Öneriler

Bu parkta yapılan çalışmanın bulguları ve sonuçlar, kent genelinde ağaç risk analizinin önemini ortaya koymaktadır. Günümüzde yerel yöneticiler, karar vericiler, kent planlamacıları ve kent halkının katılımının sağlandığı yaklaşımlar önemli olmaktadır. Hem kent ağaçlarının kente sağladığı katkı ve hizmetlerden en yüksek düzeyde faydalanma noktasında hareket etmek, hem de aynı zamanda kent ağaçlarının olası risklerine karşı korunma noktasında bir plan dahilinde ortak kararlar alabilmek "kent bilinci" çerçevesinde giderek daha da önemli hale gelmektedir.

Bir kentin, özellikle insanlar tarafından yoğun kullanılan park, cadde ve meydanlarında, hem can hem de mülk güvenliğinin sağlanabilmesi için ağaçların risk analizinin yapılması ve bir risk yönetim planı oluşturulması önemlidir. Tek ağaç ya da risk düzeyine göre belirlenmiş bölgeler halinde ve belirli önceliklere göre yapılan bir planlama ile yüksek risk derecesine sahip ağaçlar, öncelikli risk disiplini içinde sıklıkla denetlenebilir. Özellikle yüksek risk grubundaki ağaçlarda yapılan görsel analiz ve değerlendirmeler ile

mevcut kusur derinliği ve büyüklüğünün tespiti teknik cihazlar ile desteklenebilir. Orta ve düşük risk grubundaki ağaçlar için denetleme sıklığı daha seyrek yapılabilir. Parkta fidanların başlangıçta sık dikim yapıldığı bundan dolayı da ağaçların simetrik ve iyi bir taç yapısı oluşturamadığı görülmektedir. Bu gibi durumlardan dolayı dikimlerin, uygun dikim aralığı ile yapıldığı, dikim sonrası süreçte bakım ve koruma (budama, destekleme, tekli ya da 2'li-3'lü hereklerle bağlama, gergileme, malçlama vb.) çalışmalarının düzenli uygulandığı, sağlıklı bir risk yönetim planı oluşturulması gerekmektedir.

Genel bir yaklaşımla, risk derecesi orta ve yüksek düzeyde olan ağaçların, tüm bakım ve koruma önlemlerinin uygulanması, söz konusu riskleri azaltıcı etki yaratabilmektedir. Risk derecesi yüksek ağaçların, kırılma ve devrilme ihtimali taşıması, can güvenliği açısından tehlikeli sonuçlara sebep olabileceği gibi, iklim değişikliği sebebiyle ani hava hareketleri ve kuvvetli rüzgârlar da bu tehlikeyi arttıran bir zemin oluşturmaktadır. Belirtmek gerekir ki, mikro ve makro ölçekli bir ağaç risk yönetim planı oluşturmak için, kentsel alanlarda yaşayan insanların olası risklere karşı korunması en önemli amaçlardan biridir. Bu nedenle idareciler, karar vericiler, yerel yöneticiler ile birlikte kent halkının da bilinçlendirilmesi ve bu risk yönetim planının bir parçası olması, günümüz şartlarında bir ihtiyaç olmaktadır. Risk derecesi orta ve yüksek ağaçlar için başta budama olmak üzere, bakımlarının düzenli ve uzman kişiler tarafından yapılması gerekmektedir. Böylece parklardaki ağaçlar hem daha sağlıklı ve uzun ömürlü olacak, insanların can ve mal güvenliği tehlikesine karşı olumsuz riskler önlenebilecek hem de ağaçların daha sağlıklı olması ile risk dereceleri düşecektir.

Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi'nin Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında 2021.02.02.1239 proje numarası ile desteklenmiştir. Teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Kaynaklar

Allison, R. B., Wang, X., & Senalik, C. A. (2020). Methods for nondestructive testing of urban trees. *Forests, 11*(12), 1341. https://doi.org/10.3390/f11121341

ASCA. (2023). *American Society of Consulting Arborists*. https://www.asca-consultants.org/mpage/AC2018sb05 [Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2023]

Baker, C. J., & Bell, H. J. (1992). The aerodynamics of urban trees. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 44*, 2655–2666.

Cadaval, S., Clarke, M., Roman, L. A., Conway, T. M., Koeser, A. K., & Eisenman, T. S. (2024). Managing urban trees through storms in three United States cities. *Landscape and Urban Planning, 248*, 105102. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105102

Caggiu, L., Fiorani, F., Corradini, E., Felice, E., & Minelli, A. (2023). Spatial analysis of risk exposure of urban trees: A case study from Bologna (Italy). *Urban Science, 7*(4), 123. https://doi.org/10.3390/urbansci7040123

Clair, B., Fournier, M., Prévost, M. F., Beauchêne, J., & Bardet, S. (2003). Biomechanics of buttressed trees: Bending strains and stresses. *American Journal of Botany, 90*(9), 1349–1356. https://doi.org/10.3732/ajb.90.9.1349

Coşkun Hepcan, Ç. (2019). Kentlerde iklim değişikliği ile mücadele için yeşil altyapı çözümleri. *Eğitim Modülleri Serisi*, 12, Ankara.

Dahle, G. A., & Grabosky, J. C. (2010). Variation in modulus of elasticity (E) along *Acer platanoides* L. (Aceraceae) branches. *Urban Forestry & Urban Greening, 9*(3), 227–233. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.01.004

Dare, A. M., Ayinde, I. A., & Shittu, A. M. (2015). Urban trees forest management in Abeokuta Metropolis, Ogun State, Nigeria: An application of contingent valuation method. *Management of Environmental Quality: An International Journal, 26*(1), 72–83. https://doi.org/10.1108/MEQ-06-2014-0094

Dirik, H., & Ata, C. (2005). Kent ormancılığının kapsamı, yararları, planlanması ve teknik esasları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 55*(1), 1–14.

Dirik, H. (2014). *Arborikültür (Kentsel Ağaç Kültürü)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No: 5200/509.

Duntemann, M. (2006). Elements of an urban tree risk management program. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1*(1), 99.

Eşen, D. (2016, Mayıs). Tree risk assessment and management in urban area. Paper presented at the 1st International Urban Environment and Health Congress, Magosa, Northern Turkish Republic of Cyprus.

Harris, R. W., Clark, J. R., & Nelda, P. M. (2004). *Arboriculture: Integrated management of landscape trees, shrubs, and vines* (4th ed.). Prentice Hall.

Hauer, R. J., & Johnson, G. R. (2003). Tree risk management. In *Urban tree risk management: A community guide to program design and implementation* (pp. 5–10).

Hauer, R. J., Wang, W., & Dawson, J. O. (1993). Ice storm damage to urban trees. *Journal of Arboriculture, 19*(4), 184–194.

He, K., Song, P., Wang, B. Y., Yan, W., & Song, T. (2021). Research on safety risk assessment of urban street trees in Shanghai. *Chinese Landscape Architecture, 37*, 106–111. https://doi.org/10.19775/j.cla.2021.09.0106

He, K., Wei, L., & Wang, B. (2022). How to accurately detect and assess the street trees risk in mega cities: A tree risk assessment method and its application. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1605348/v2

Hickman, G. W., Perry, E. J., & Evans, R. (1995). Validation of a tree failure evaluation system. *Journal of Arboriculture, 21*(5), 23–34.

İBB. (2023). *İstanbul Büyükşehir Belediyesi – Yeşil İstanbul*. https://yesil.istanbul/ [Ziyaret tarihi: 12 Mayıs 2022]

James, K. R., Nicholas, H., & Peter, K. A. (2006). Mechanical stability of trees under dynamic loads. *American Journal of Botany, 93*(10), 1522–1530.

Kane, B., & Clouston, P. (2008). Tree pulling tests of large shade trees in the genus *Acer*. *Arboriculture & Urban Forestry, 34*(2), 101–109.

Kane, B., & Finn, J. T. (2014). Factors affecting branch failures in open-grown trees during a snowstorm in Massachusetts, USA. *SpringerPlus, 3*, 720. https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-720

Koeser, A. K., & Smiley, E. T. (2017). Impact of assessor on tree risk assessment ratings and prescribed mitigation measures. *Urban Forestry & Urban Greening, 24*, 109–115. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.027

Kuchelmeister, G. (2000). Des arbres pour millénaire urbain: Le point sur le foresterie urbaine. *Unasylva, 51*, 49–55.

Luley, C. J., & Bond, J. (2006). Evaluation of the fate of ice storm-damaged urban maple (*Acer*) trees. *Arboriculture & Urban Forestry, 32*(5), 214–220.

Maribel, C. A., Dupras, J., Messier, C., & Silva, R. S. (2024). Which tree species best withstand urban stressors? Ask the experts. *Arboriculture & Urban Forestry, 50*(1), 57–75.

NPF. (2024). *Natural Path Forestry*. https://naturalpathforestry.com/tree-risk-assessments/ [Ziyaret tarihi: 19 Ocak 2024]

Terho, M., & Hallaksela, A. M. (2008). Decay characteristics of hazardous *Tilia*, *Betula*, and *Acer* trees felled by municipal urban tree managers in the Helsinki city area. *Forestry, 81*(2), 151–159.

Tree Management Office. (2011). *Guidelines for tree risk assessment and management arrangement on an area basis and on a tree basis*. Development Bureau, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region.

USDA. (2022). *United States Department of Agriculture, Forest Service*. https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5207861.pdf [Ziyaret tarihi: 3 Ocak 2022]

Wang, X., & Allison, R. B. (2008). Decay detection in red oak trees using a combination of visual inspection, acoustic testing, and resistance microdrilling. *Arboriculture & Urban Forestry, 31*(1), 1–4.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 285-302
Kategori: Derleme Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1690211

Akarsu Kirliliğinin Azaltılmasında Fitoremediasyon Yaklaşımının Kullanımı*

Use of Phytoremediation Approach to Decrease Streamwater Pollution

Ahmet AYTEĞİN[1], Mehmet ÖZCAN[2]

Özet

Yeterli ve temiz içme ve sulama suyu temini, dünya genelinde ciddi bir endişe kaynağıdır. Dünya genelinde çeşitli kirletici kaynakları su kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Çevresel ve sucul ekosistemler, bu kirletici maddelerin salınımına maruz kalmaktadır. Ne yazık ki, kirlenmiş ortamların arıtımı için çevre dostu yöntemler sınırlıdır. Ağır metal kirliliği, insan sağlığı üzerinde ciddi hastalıklara neden olan en büyük tehditlerden biridir. Bitkilerin kirleticileri uzaklaştırma kapasitesine dayanan fitoremediasyon, çevre dostu ve ekonomik bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, toksik elementlerin toprakta birikimini azaltmada etkili olduğu gibi, biyoremediasyon ile entegre edilen sistemlerde su kirleticilerinin giderilmesinde de dikkat çekmektedir. Fitoremediasyonun etkinliğini artırmak için, farklı bitki türlerinin potansiyelini inceleyen mekanik süreçler uygulanmaktadır. Bu süreçte, multidisipliner bir yaklaşım benimsenerek geniş bir bitki yelpazesinin analiz edilmesi önem taşır.

Anahtar Kelimeler: Fitoremediasyon, akarsu kirliliği, ağır metaller, sürdürülebilir çevre, bitki bazlı temizleme

Abstract

The supply of adequate and clean drinking and irrigation water is a serious concern worldwide. Various sources of pollutants around the world are causing water quality degradation. Environmental and aquatic ecosystems are exposed to the release of these pollutants. Unfortunately, environmentally friendly methods for the treatment of contaminated environments are limited. Heavy metal pollution is one of the biggest threats to human health, causing serious illnesses. Phytoremediation, based on the capacity of plants to remove pollutants, stands out as an environmentally friendly and economical solution. This method is effective in reducing the accumulation of toxic elements in soil, as well as in the removal of water pollutants in systems integrated with bioremediation. In order to increase the efficiency of phytoremediation, mechanistic processes that examine the potential of different plant species are applied. In this process, it is important to analyze a wide range of plants by adopting a multidisciplinary approach.

Keywords: Phytoremediation, river pollution, heavy metals, sustainable environment, plant-based cleanup

Geliş Tarihi: 03.05.2025, Düzeltme Tarihi: 13.05.2025, Kabul Tarihi: 23.05.2025
Adres: [1]Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Bölümü
[2]Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü
E-mail: ahmetaytegin@gmail.com
*Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Düzce (Melen) Havzasında Yer Alan Bazı Bitkilerde Arazi Kullanım Etkinliğine Bağlı Olarak Ağır Metal Kirliliğinin İncelenmesi" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

Su, insanlar, bitkiler ve hayvanlar için temel bir kaynaktır ve gezegenimizdeki yaşamın varlığı için çok önemlidir. Bununla birlikte, akarsular ve diğer su kaynakları, hızlı nüfus artışına paralel olarak artan tarımsal faaliyetler ve sanayileşme ile hızlı bir şekilde kirlenmektedir (Chen ve ark., 2018; Delgado-González ve ark., 2021). Akarsulardaki kirlilik, bu kaynakları kullanan insanları önemli ölçüde etkileyebilmekte, biyolojik çeşitlilik kayıplarına ve olumsuz çevresel etkilere neden olabilmektedir. Nitekim su kaynaklarının kirlenmesi, ekosistemlerin ve insan sağlığının korunması açısından büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Özellikle ağır metaller, sucul ortamlarda birikerek toksik etkilere neden olabilmektedir (Xue ve ark., 2010).

Çeşitli kirleticiler ile kirletilen su kaynaklarının temizlenmesi için fiziksel ve kimyasal bir dizi yöntem geliştirilmiştir (Hua ve ark., 2012). Ancak uygulanan bu yöntemler yüksek maliyet, enerji ve iş gücü gerektirmektedir. Geleneksel arıtma yöntemlerinin yüksek maliyeti ve çevresel etkileri nedeniyle, günümüzde fitoremediasyon gibi sürdürülebilir ve ekonomik alternatifler önem kazanmaktadır (Hanif ve Bhatti, 2009; Dhir ve ark., 2009). Bu yöntem, canlı bitkileri veya onların enzimlerini kullanarak kirleticileri ortamda parçalayarak, biriktirerek veya daha zararsız bir forma dönüştürerek toprağı, havayı ve suyu temizleyen düşük maliyetli ve düşük teknolojili bir süreçtir. Fitoremediasyon; rizofiltrasyon, fitoekstraksiyon, fitovolatilizasyon, fitostabilizasyon, hiperakümülasyon, rizosfer bozunması, gelişmiş biyolojik bozunma ve mikorizodegradasyon gibi çeşitli mekanizmaları içerir (Terzi ve Yıldız, 2011).

1.1. Akarsu kirliliği ve fitoremediasyon

Akarsular, yağış sularını deniz ve göllere taşıyarak su döngüsünde önemli bir rol oynamaktadır. Sanayileşme, kentleşme ve yoğun tarımsal faaliyetler akarsularda inorganik ve organik kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Endüstriyel ve kentsel baskılar altında kalan birçok nehir, kirletici maddelerin girişine maruz kalmaktadır (Tangahu ve ark., 2011). Bu durumu önlemek için, bu kaynakların özenli bir şekilde kullanılması ve denetimlerinin dikkatli bir şekilde yapılması gerekliliği önem arz etmektedir (Ghosh ve Singh, 2005). Ancak, endüstriyel faaliyetler ve mevzuat yetersizlikleri nedeniyle, kirletici maddeler nehir yataklarına sızmakta ve bu sularda kirliliğe neden olmaktadır (Pilon-Smits, 2005). Ağır metallerin ve organik maddelerin akarsulara taşınması su kaynaklarını kirletmekte, kirliliğin toprağa, yeraltı sularına ve suya yayılması bitki ve hayvan yaşamını olumsuz etkilerken, insan sağlığına da zarar vermektedir (Yadav ve ark., 2011).

Akarsuların temizlenmesi, çevresel sürdürülebilirlik ve insan sağlığı açısından büyük öneme sahiptir. Akarsular, yaşam kaynağı olan suyun temin edilmesinde kritik rol oynar ve ekosistemlerin sağlığıyla doğrudan bağlantılıdır. Akarsu kirliliği, sadece su kaynaklarını kirletmekle kalmaz, aynı zamanda doğal dengeyi de bozar. Su kaynaklarının kirlenmesi, doğrudan insan sağlığını tehdit eder. Kirli sular, mikroorganizmalar, patojenler, ağır metaller ve toksik kimyasallar içerebilir ve bu da çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilir. Aynı zamanda akarsular, çok çeşitli sucul canlıların yaşadığı ekosistemlerdir. Su bitkileri, balıklar, su kuşları ve mikroorganizmalar, akarsularda yaşamlarını sürdürür. Kirlilik, bu canlıların habitatlarını tahrip eder, onların yaşam alanlarını daraltır ve biyoçeşitliliği tehdit eder. Tarımsal sulama, çoğu zaman akarsulara bağlıdır. Kirli suyun tarımda kullanılması, toprağın verimliliğini düşürebilir, bitkilerin büyümesini engelleyebilir ve ürünlerin kalitesiz olmasına neden olabilir. Ayrıca kirli sulama suyu, toprağa ağır metaller ve kimyasal maddeler biriktirebilir, bu da uzun vadede toprak verimliliğini bozabilir. Akarsulardaki suyun yetersizliği ve kirli olması nedeniyle, günlük kullanıma uygun hale getirilmesi için kirliliğin akarsulardan temizlenmesi gerekmektedir. Akarsuların temizlenmesinde ise filtrasyon, klorlama ve demirleme gibi farklı temizleme işlemleri uygulanmaktadır. Kirleticileri temizleme yaklaşımlarından biri hem ekonomik hem de çevre dostu bir temizleme teknolojisi olarak kabul edilen fitoremediasyondur (Delgado-González ve ark., 2021).

Son yıllarda fitoremediasyon, bitkilerin biyolojik süreçlerini kullanarak çevresel kirleticilerin giderilmesine yönelik çevre dostu ve düşük maliyetli bir teknik olarak büyük ilgi görmektedir. Bu yöntem, kirlenmiş toprakları ve suları eski haline getirmek için etkili, estetik açıdan hoş ve sürdürülebilir bir yol sunmaktadır (Ali ve ark., 2013). Hiperakümülatör bitkiler, ağır metaller (Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn) ve metaloidler (As) gibi toksik maddeleri dönüştürme ve detoksifiye etme kapasitesine sahiptir (Salt ve ark., 1998). Fitoremediasyon, arıtma maliyetlerini düşürmek ve ekosistem sağlığını korumak için etkili bir strateji sunmaktadır (McGrath ve Zhao, 2003).

1.2. Fitoremediasyon: Tanım ve ilkeler

1.2.1. Fitoremediasyon nedir?

Fitoremediasyon, bitkilerin kökleri aracılığıyla kirleticileri alıp, metabolize ederek veya depolayarak çevreden uzaklaştırdığı bir biyoremediasyon tekniğidir. Bu yöntemde, hiperakümülatör bitkiler toprak ve su ortamlarındaki ağır metalleri bünyelerinde biriktirme kapasitesine sahiptir. Akarsulardaki kirliliğin temizlenmesinde fitoremediasyon, kirleticilerin bitkiler tarafından emilmesi, biriktirilmesi ve ayrıştırılması temeline dayanır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018; Ay, 2019).

Akarsu ekosistemlerinde sıkça karşılaşılan kirleticiler; endüstriyel ve evsel atıklar, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan pestisit ve gübre kalıntıları, petrol sızıntıları, ağır metaller, boyalar ve plastik atıklardır. Bu maddeler, su ekosistemleri ve içme sularında ciddi olumsuz etkilere yol açarak insan sağlığını tehdit etmektedir (Toroğlu ve ark., 2006; Acar ve Acar, 2022; Okcu ve ark., 2009).

Fitoremediasyon, diğer yöntemlerle kıyaslandığında akarsulardaki kirliliğin giderilmesinde daha ekonomik ve çevre dostu bir alternatif sunar (Rulkens ve ark., 1998). Özellikle *Phragmites australi*s, *Thypa* spp., *Arundo donax* gibi bitkiler ile *Eichhornia* spp. ve *Pistia* spp., ağır metal ve organik kirleticilerin giderilmesinde etkili rol oynar. Bu bitkiler, köklerindeki geniş yüzey alanı sayesinde kirleticileri etkin bir şekilde bünyesine alıp ortamdan uzaklaştırabilir (Hayta ve Erkan, 2019; Baghırova, 2020).

1.3. Fitoremediasyon yöntemleri

Fitoremediasyon yöntemi, kirliliğin giderilmesi için geleneksel fizikokimyasal yöntemlere göre daha düşük maliyet, az enerji ve çok daha az çevresel etki gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca, yöntemin uygulanması sırasında oluşan bitki biyokütlesi, gübre veya yakıt olarak da değerlendirilebilmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018; Özay ve Mamadov, 2013; Terzi ve Yıldız, 2011).

Bununla birlikte, fitoremediasyon yönteminin etkinliği; akarsu özelliklerinin (hız, derinlik, sıcaklık vb.), kirletici türünün ve konsantrasyonunun, kullanılan bitki türlerinin ve iklim koşullarının uygunluğuna bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle, her bir akarsu sistemi için optimum şartların belirlenmesi ve yöntemin takibi önemlidir (Toroğlu ve ark., 2006; Vangronsveld, 2009).

Fitoremediasyon yöntemi, akarsuların yanı sıra toprak ve yeraltı sularındaki çeşitli kirleticilerin giderilmesinde kullanılabilir (Bütünoğlu, 2018; E.P.A., 1995). Bu yöntemde

kullanılan bitkilerin aşırı metal konsantrasyonunda yaşayabilmeleri için köklerinin yoğunluk durumu ve uzunluğu, ortam şartlarına aşırı hassas olmaması ve hızlı büyümesi önemli bir faktördür. Bitkiler, köklerinden başlayarak kirletici maddeleri bünyelerine alır, çözer, parçalar veya transpirasyon yoluyla uzaklaştırabilirler (Reeves ve Baker, 2000; Watanabe, 1997; Bütünoğlu, 2018). Fitoremediasyon, ağır metaller, organik bileşikler, radyoaktif maddeler ve pestisitler gibi kirleticilerin giderilmesinde çevre dostu bir yöntemdir (Özay ve Mamadov, 2013).

Tamamen su ortamında gelişen yapraklı bitkiler, serbest yüzen veya batık yapraklı türler ise hem kökleri hem de yaprakları yardımıyla ağır metalleri bünyelerine alabilmektedir. Öte yandan, suyun altında kök salan bitkiler yalnızca sudaki değil, aynı zamanda dip çökellerindeki (sediment) metalleri de tutma kapasitesine sahiptir (Sheoran ve Sheoran, 2006).

Bitkisel Özümleme (fitoekstraksiyon), toprak veya sudan bitki kökleri ve sürgünleri aracılığıyla kirleticilerin alınarak uzaklaştırılması sürecidir. Özellikle geniş alanlara dağılmış kirleticilerin temizlenmesinde etkili bir yöntemdir (AiniSyuhaida ve ark., 2014). Bu yöntemde, kirlenmiş bölgeye ekilen bitkiler, büyüme süreci boyunca kirleticileri bünyelerine alır. Hasat edilen bitki kısımları, içerdiği ağır metallerin geri kazanımı için işlenebileceği gibi gübre olarak da değerlendirilebilir. Bitkisel madencilik (phytomining) olarak adlandırılan bu süreç, normal şartlarda ekonomik olarak çıkarılması zor olan metallerin geri kazanılmasını sağlar. Özellikle altın ve nikel gibi değerli elementlerin elde edilmesine olanak tanıyan bu teknoloji, ağır metallerle kirlenmiş topraklarda yaygın olarak kullanılmaktadır (E.P.A., 2000).

Bitkisel Buharlaşma (fitobuharlaşma) bu yöntem, organik ve inorganik kirleticilerin bitkiler tarafından emildikten sonra atmosferde daha az zararlı bileşiklere dönüştürülerek salınmasını ifade eder. Fitobuharlaşma süreci, özellikle civalı bileşikler gibi son derece toksik maddelerin daha az zehirli hale getirilmesine yardımcı olurken, bazı zararlı bileşiklerin atmosfere yayılması olumsuz bir yön olarak değerlendirilir (Pilon-Smits ve Freeman, 2006).

Bu yöntemin etkinliğinde kök derinliği kritik bir rol oynamaktadır. Fitobuharlaşma kullanılarak yeraltı suları, toprak ve sedimentlerdeki kirleticiler giderilebilmektedir. Uygulanabileceği kirleticilerin arasında organik klorlu çözücüler ile selenyum (Se), civa (Hg), arsenik (As) benzeri inorganik kirleticiler bulunur (E.P.A., 2000).

*Köklerle Süzme (*rizofiltrasyon) yönteminde bitki kökleri, sudaki ağır metal gibi kirleticileri emerek arıtım sağlar. Köklere süzülme, kirleticilerin bitki köklerine nüfuz etmesi

veya kök yüzeylerine adsorpsiyonu yoluyla gerçekleşmektedir. Bu yöntemde esas amaç, kirleticilerin bitki bünyesinde veya yüzeyinde tutulması ve ardından uygun yöntemlerle bitkiden uzaklaştırılmasıdır. Hem karasal hem de sucul bitkiler bu yöntemde kullanılabilir. Yöntem, doğal ekosistemlerde uygulanabileceği gibi, havuz, tank ve gölet gibi yapay ortamlarda da uygulanabilmektedir. Özellikle düşük derecede kirlenmiş ve yüksek hacimli suların arıtılmasında etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), krom (Cr) ve nikel (Ni) gibi ağır metallerin yanı sıra, uranyum (U), sezyum (Cs) ve stronsiyum (Sr) gibi radyonüklidlerin ortamdan uzaklaştırılmasında etkili bir çözüm sunmaktadır (E.P.A., 2000).

Köklerle Sabitleme (fitostabilizasyon), kirleticilerin su ve toprakta hareketsiz hale getirilip yayılmasının önlenmesi şeklinde gerçekleştirilen bir yöntemdir. Köklere sabitleme toprak, sediment ve çamurda uygulanabilmektedir. Bu yöntem, bitki kökleri aracılığıyla kirleticilerin hareketini sınırlamayı amaçlar. Kirlenmiş kara alanlarının stabilize edilmesi ve yeniden kazanılması için bitkilerden yararlanılır. Aynı zamanda, bitki kökleri toprağın pH seviyesini ve nem dengesini etkileyerek çevresel koşullarda değişiklikler oluşturur (Rai, 2009; Rajakaruna ve ark., 2006). Ancak fitostabilizasyonun en büyük dezavantajlarından biri, kirleticilerin ortamda birikmeye devam etmesi ve zamanla yıkanarak yeraltı sularına karışma riskidir. Bu yöntemin etkinliği açısından kök derinliği oldukça önemli bir faktördür (E.P.A., 2000).

Bitkisel Parçalanma (fitodegradasyon) yönteminde organik kirleticiler, bitkilerin yardımıyla parçalanarak zararsız hale getirilir. Bitkisel parçalanma, kirleticinin bitki tarafından alınarak, metabolik süreçler ve bitkilerin ürettiği enzimler yardımıyla bozunmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu bozunma süreci, bitkinin salgıladığı bileşiklerin etkisiyle bitki dışında da gerçekleşebilir. Fitodegradasyon sürecinde bitkilerin kirleticileri bünyesine alması beklenir ve bu işlem çoğunlukla kök bölgesi ile yapraklarda yoğunlaşır (E.P.A., 2000).

Bu yöntemin en büyük dezavantajlarından biri, bozunma sırasında ortaya çıkabilecek toksik ara ve son ürünlerin tespit edilmesinin zor olmasıdır. Fitodegradasyon tekniğiyle uzaklaştırılan kirleticiler arasında pestisitler, klorlu bileşikler fenoller ve bazı kimyasal maddeler bulunmaktadır (E.P.A., 2000).

1.4. Fitoremediasyonda kullanılabilecek bitkiler

Sulak alanlarda yetişebilen su bitkileri (makrofitler) bulundukları ortam, form, gelişim özellikleri, biçim ve boyutlarına göre sınıflandırılabilmektedir. Aynı zamanda bu bitkiler su

içerisindeki yetişme durumlarına göre serbest yüzme veya kökleriyle sedimente tutunma durumlarına göre de sınıflandırılabilirler (Kırım ve ark., 2014). Bu bitkiler, su içerisindeki durumlarına göre üç sınıfa ayrılmaktadır;

Gövdenin bir kısmı su içerisinde olan bitkiler (Emers); Su yüzeyinde *Typha* spp. *Potamageton* spp. ve *Phragmites* spp. gibi yaprakları bulunan bitkilerdir.

Tamamen su içinde yaşayan bitkiler (Submers); *Ceratophyllum demersum* ve *Myriophyllum spicatum* gibi tamamı ile su altında yaşayan bitkilerdir.

Sadece kökleri su altında olan bitkiler (Serbest yüzen); Kökleri ile su altında bulunan çamur tabanına tutunmuş, yaprak ve çiçeği su yüzeyinde olan bitkilerdir. Örneğin, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiote* ve *Lemna* spp.

Submers bitkiler tamamen su altında yaşar ve emers bitkiler su tabanında kök salarak kalan organlarını su üzerine çıkarırlar (Cirik ve Cirik, 2004). Makrofitler, karasal bitkilere kıyasla daha hızlı büyüme, yüksek biyokütle üretimi ve emilim kapasitesi göstermektedir (Aurangzeb ve ark., 2014).

Hiperakümülatör bitkiler, yüksek konsantrasyonda ağır metal içeren toprak veya sucul ortamlarda yaşayabilen, bu metalleri kökleriyle alıp gövde, yaprak gibi dokularında biriktiren bitkilerdir. Bu bitkiler, metalleri kökten alıp gövdeye taşır ve yapraklarında depolar (Rascio ve Navari-Izzo, 2011).

Bitkiler, ağır metal ve organik kirleticilerin giderilmesinde oldukça etkilidir. Özellikle su bitkileri, köklerindeki geniş yüzey alanı sayesinde kirleticileri etkin bir şekilde bünyelerine alabilmekte ve metabolize edebilmektedirler. Hiperakümülatör olarak bilinen bazı bitkiler ise kirleticileri dokularında yüksek konsantrasyonlarda tutabilmektedir (Terzi ve Yıldız, 2011; Vanlı, 2007).

Fitoremediasyon yöntemi ile birçok farklı bitki türünün farklı ortamlardaki ağır metaller üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Örneğin Bello ve arkadaşları (2018) Al-Asfar Gölü'ündeki *Phragmites australis* bitkisinin organlarındaki kadmiyum ve kurşunun %90'ından fazlasını giderirken, nikeli bu oranda uzaklaştıramadığı belirlenmiştir. Ancak pH yükseldikçe nikel giderimi %90'ın üzerine çıkmış, pH ve tuzluluk değişimleri kadmiyum ve kurşun giderimini etkilemezken, nikel giderimini artırmıştır. Kirleticilerin çoğu bitkinin köklerinde, daha azı ise sürgün ve yapraklarda birikmiştir. Bir başka çalışmada *Typha latifolia* bitkisinin hayvancılık atık sularında bulunan çinko ve bakır gibi ağır metallerin giderilmesindeki etkisi araştırılmış ve *Typha latifolia* bitkisinin atık sulardan çinko ve bakırı kök, gövde ve yapraklarında birikim yaparak etkili bir şekilde uzaklaştırdığı belirlenmiştir. (Hejna ve ark., 2020). Yine *Mentha aquatica* bitkisi ile sera ortamında yapılan çalışmada

8327 mg/kg nikel (Ni) uzaklaştırılmıştır (Zurayk ve ark., 2002). *Arundo donax* bitkisi sera koşullarında 0, 50, 100, 300, 600 ve 1000 mg/l gibi artan dozlarda arsenik (As) çözeltisine maruz bırakılmış ve 600 mg/l'ye kadar olan dozlardan etkilenmemiştir (Mirza ve ark., 2010). Bu çalışmalar, söz konusu bitkilerin ağır metal içeren atık suların iyileştirilmesinde etkili olabileceğini göstermektedir. Sucul ekosistemlerdeki ağır metal kirliliğinin azaltılmasında hangi bitki türlerinin kullanılabileceğine dair yapılmış olan çalışmalar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Ağır metallerin tutulmasında kullanılabilecek bitki türleri.

Kullanılan Bitki Türleri	**Ağır Metal ve Diğer Kirleticiler**	**Yazarlar**
Arundo donax	As	Mirza ve ark., 2010
Azolla spp.	Cd, Cu, Pb, Hg, Zi, Fe	Benaroya ve ark., 2004; Valderrama ve ark., 2012; Rai, 2008
Ceratophyllum demersum	Cr, Pb	Abdallah, 2012; Lima ve ark., 2013
Eichhornia crassipes	As, Hg, Ni, Pb, Zn, Cu, Ag	Ingole and Bhole, 2003; Odjegba and Fasidi, 2007
Eleocharis acicularis	Cu, Zn, As, Cd, Pb	Sakakibara ve ark., 2011
Elodea canadensis	Cd, Pb, Zn, Cu	Basile ve ark., 2012; Török ve ark., 2015
Helianthus annuus	Ni, Pb	Mukhtar ve ark., 2010
Hydrilla verticillata	Fe, Pb, Zn, Cr	Dixit and Dhote, 2009; Sinha ve ark., 2000; Xue and Yan, 2011; Kumar ve ark., 2008
Ipomoea aquatica	Pb, Cr	Chanu and Gupta, 2016; Weerasinghe ve ark., 2008
Iris pseudacorus	Cr, Zn	Caldelas ve ark., 2012
Juncus effusus	Pb	Najeeb ve ark., 2017
Lemna gibba	U, As	Mkandawire ve ark., 2004
Lemna minor	Cr,	Bokhari ve ark., 2016
Lolium perenne	Cr	Vernay ve ark., 2007
Ludwigia stolonifera	Cd, Ni, Zn, Pb	Galal ve ark., 2019
Mentha aquatica	Ni	Zurayk ve ark., 2002
Myriophyllum spp.	Cd, Cr, Ni, Zn	Colzi ve ark., 2018; Sivaci ve ark.,2004
Nelumbo nucifera	Cd, Cu, Co, Pb, Ni, Zn	Kumar ve ark., 2008
Phragmites australis	Cd, Pb, Ni, Zn, Fe, Mn, Cu	Bello ve ark., 2018; Parzych ve ark., 2016
Pistia stratiotes	Cd, Cu, Fe, Hg	Nurhayati, 2012; Kumar ve ark., 2019; Das and Das, 2013
Plantago major	Pb	Romeh, 2014
Potamogeton natans	Cu, Cd, Pb, Zn	Fritioff and Greger, 2006
Pteris vittata	As	Huang ve ark., 2004
Salvinia spp.	Pb, As, Zn, Cu, Ni, Cr	Loria ve ark., 2019; Hoffmann ve ark., 2004; Da Silva ve ark., 2018; Dhir and Srivastava, 2011
Spirodela polyrhiza	As	Rahman ve ark., 2007
Trapa natans	Cr, Pb, Cd, Cu	Kumar and Chopra, 2018; Sweta ve ark., 2015
Typha domingensis	P, Na, K, Zn, Hg	Eid ve ark., 2012; Gomes ve ark., 2014
Typha latifolia	Cu, Zn, Fe, Mn,Ni	Hejna ve ark., 2020; Parzych ve ark., 2016
Typha angustifolia	Cu, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni, Pb, Zn	Chandra and Yadav, 2011; Syukor ve ark., 2016
Vallisneria natans	As	Li ve ark., 2018; Chen ve ark., 2015

2. Sonuçlar

Günümüzde ekolojik bir yaklaşım anlayışı ile düşünüldüğünde fitoremediasyon, geleneksel iyileştirme yöntemlerine kıyasla daha ekonomik ve daha çevreci bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Kirleticinin türü, ortam ve mevcut alternatif yöntemler dikkate alındığında, fitoremediasyonun maliyeti genellikle 2-10 kat daha düşüktür (Glass, 1999). Ayrıca, kazı ve kaldırma, kimyasal stabilizasyon, toprak yıkama veya yakma gibi yöntemlere göre estetik açıdan daha avantajlıdır (E.P.A., 1998, 1999). Bitkilerin farklı sinerjik süreçlere katkı sağlayabilmesi, sadece çevresel temizliği değil, aynı zamanda ekosistem restorasyonunu da mümkün kılmaktadır. Fitoremediasyon, kirlenmiş ortamın özelliklerine göre uyarlanabilir; bu sayede, gelecekte kirleticilerin karışımını içeren sahaları temizlemek için farklı yeteneklere sahip bitki türlerinin kombinasyonu tercih edilebilir. Bunlara ek olarak, temizleme sürecinde ekosistem restorasyonunu desteklemek amacıyla yerli bitki türlerinin kullanımı da önerilmektedir (Pilon-Smits ve Freeman, 2006). Akarsulardaki kirliliğin giderilmesinde fitoremediasyonun rolü giderek artmaktadır (Güneş ve ark., 2017).

Ancak bu yararları yanında fitoremediasyonun bazı sınırlamaları da bulunmakta olup bunları şu şekilde sıralamak mümkündür;

• Kirleticilerin bitkiler tarafından emilmesi ve temizlenmesi uzun zaman alabilmektedir. Özellikle bazı ağır metal ve toksik maddelerin bu yöntemle temizlenmesi zor olabilmektedir.

• Eğer su çok kirli ise, bitkiler bu yoğun kirleticileri yeterince hızlı bir şekilde temizlemekte zorlanabilmektedir. Yüksek yoğunlukta kirlenmiş sularda yeterince etkili olmayabilir.

• Fitoremediasyon bitkilerinin büyümesine ve hava koşullarına bağlıdır. Kış aylarında veya kurak dönemlerde bitkilerin verimi düşebilir, bu mevsimsel koşullar temizlik sürecini olumsuz etkileyebilir.

• Fitoremediasyonda yabancı türler kullanıldığında bazen yerel ekosistemlere zarar verebilmekte veya biyolojik çeşitliliği tehdit edebilmektedir. Bu yüzden ekosistem dengesizliği oluşturulabilir.

• Bitkiler kirleticileri emdikten sonra ölürse, bu maddeler tekrar çevreye salınabilmektedir. Bu yüzden kirlenmenin yeniden oluşma riski mümkün olabilmektedir.

Sonuç olarak, fitoremediasyon, akarsulardaki kirliliğin giderilmesinde çevre dostu, sürdürülebilir ve ekonomik bir yöntem olarak dikkat çekmektedir. Ancak, etkinliğin

artırılması ve yaygınlaştırılması için daha fazla araştırma ve uygulama çalışmasına gerek duyulmaktadır (Rezania ve ark., 2016; E.P.A., 2000).

Teşekkür

Ahmet AYTEĞİN, Yükseköğretim Kurulu’nun 100/2000 Doktora Burs Programı kapsamında, 'Sürdürülebilir Ormancılık ve Orman Afetleri' tematik alanında desteklenmiştir.

Kaynaklar

Abdallah, M.A.M. (2012). Phytoremediation of heavy metals from aqueous solutions by two aquatic macrophytes, *Ceratophyllum demersum* and *Lemna gibba* L. *Environ. Technol.*, *33*, 1609–1614.

Acar, B.Ç., ve Acar, M.B. (2022). Kimyasal yöntemlerle atık sulardan ağır metal giderimi. *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, *3*(1), 1-13.

AiniSyuhaida, A.W., Sharifah Norkhadijah, S.I., Emilia, Z.A. & Sarva Mangala, P. (2014). Neptuniaoleracea (water mimosa) as phytoremediation plant and the risk to human health: A review. *Adv. Environ. Biol.*, *8*(15), 187-194,

Ali, H., Khan, E., & Sajad, M.A. (2013). Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications. *Chemosphere*, *91*(7), 869-881.

Aurangzeb, N., Nisa, S., Bibi, Y., Javed, F., & Hussain, F. (2014). Phytoremediation potential of aquatic herbs from steel foundry effluent. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 31, 881-886.

Ay, İ. (2019). Ağır metal şelasyonunda fitoremediasyon tekniği ve uygulamada etkili makrofitler. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, *2*(3), 77-82.

Baghırova, F. (2020). 'Sucul ortamlardan fitoremediasyon yöntemi ile ağır metal giderimi'. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Basile A., Sorbo S., Conte B., Cobianchi R.C., Trinchella F., Capasso C. & Carginale V. (2012). Toxicity, accumulation, and removal of heavy metals by three aquatic macrophytes. *Int. J. Phytoremediat., 14*, 374–387.

Bello, A.O., Tawabini, B.S., Khalil, A.B., Boland, C.R. & Saleh, T.A. (2018). Phytoremediation of cadmium-, lead- and nickel-contaminated water by *Phragmites australis* in hydroponic systems. *Ecol. Eng.*, *120*, 126–133.

Benaroya, R.O., Tzin, V., Tel-Or, E. & Zamski, E. (2004). Lead accumulation in the aquatic fern *Azolla filiculoides*. *Plant Physiol. Biochem.*, *42*, 639–645.

Bokhari, S.H., Ahmad, I., Mahmood-Ul-Hassan, M., Mohammad, A. (2016). Phytoremediation potential of Lemna minor L. for heavy metals. *Int. J. Phytoremediat*, *18*, 25–32.

Bütünoğlu, A. (2018). 'Su kaynaklarinda yüzer sulak alan ve sucul bitkiler ile nütrient gideriminin değerlendirilmesi'. Uzmanlık Tezi. T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.

Caldelas, C., Araus, J.L., Febrero, A. & Bort, J. (2012). Accumulation and toxic effects of chromium and zinc in *Iris pseudacorus* L. *Acta Physiol. Plant.*, *34*, 1217–1228.

Chandra R. & Yadav S. (2011). Phytoremediation of Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, Pb and Zn from aqueous solution using Phragmites cummunis, typha angustifolia and Cyperous esculentus, *Int. J. Phytoremediat., 13*, 580–591.

Chen G., Liu X., Brookes P.C. & Xu J. (2015). Opportunities for phytoremediation and bioindication of arsenic contaminated water using a submerged aquatic plant: Vallisneria natans (Lour.) Hara*, Int. J. Phytoremediat.*, *17*, 249–255.

Chen, L., Zhou, S., Şi, Y., Wang, C., Li, B., Li, Y. & Wu, S. (2018). Heavy metals in food crops, soil, and water in the Lihe River Watershed of the Taihu Region and their potential health risks when ingested. *Science of The Total Env.*, *615*, 141–149.

Cirik, Ş. ve Cirik, S. (2004). Su bitkileri (deniz bitkilerinin biyolojisi, ekolojisi yetiştirme teknikleri), Bornova–İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.

Colzi, I., Lastrucci, L., Rangoni, M., Coppi, A. & Gonnelli, C. (2018). Using *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. to remove heavy metals from contaminated water: Better dead or alive? *J. Environ. Manag.*, *213*, 320–328.

Da Silva, A.A., De Oliveira, J.A., De Campos, F.V., Ribeiro, C., Farnese, F.D.S. & Costa, A.C. (2018). Phytoremediation potential of *Salvinia molesta* for arsenite contaminated water: Role of antioxidant enzymes. *Theor. Exp. Plant Physiol.*, *30*, 275–286.

Das, S., Goswami, S. & Das Talukdar, A. (2013). A Study on Cadmium Phytoremediation Potential of Water Lettuce, *Pistia stratiotes* L. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, *92*, 169–174.

Delgado-González, C.R., Madariaga-Navarrete, A., Fernández-Cortés, J.M., Islas-Pelcastre, M., Oza, G., Iqbal, H.M., & Sharma, A. (2021). Advances and applications of water phytoremediation: A potential biotechnological approach for the treatment of heavy metals from contaminated water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(10), 5215.

Dhir, B., Sharmila, P. & Pardha Saradhi, P. (2009). Potential of aquatic macrophytes for removing contaminants from the environment. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol*., *39*, 1-28,

Dhir, B. & Srivastava, S. (2011). Heavy metal removal from a multi-metal solution and wastewater by *Salvinia natans*. *Ecol. Eng.*, *37*, 893–896.

Dixit, S. & Dhote, S. (2009). Evaluation of uptake rate of heavy metals by *Eichhornia crassipes* and *Hydrilla verticillata*. *Environ. Monit. Assess.*, *169*, 367–374.

Eid, E.M., Shaltout, K.H., El-Sheikh, M.A. & Asaeda, T. (2012). Seasonal courses of nutrients and heavy metals in water, sediment and above- and below-ground *Typha domingensis* biomass in Lake Burullus (Egypt): Perspectives for phytoremediation. *Flora*, *207*, 783–794.

E.P.A. (Environmental Protection Agency), (1995). Contaminants and Remedial Options at Select Metals – Contaminated Sites, EPA/540/R-95/512.

E.P.A. (Environmental Protection Agency). (1998). A citizen's guide to phytoremediation. Washington, DC: EPA. Publication 542-F-98-011.

E.P.A. (Environmental Protection Agency). (1999). Phytoremediation resource guide. Washington, DC: EPA. Publication 542-B-99-003.

E.P.A. (Environmental Protection Agency). (2000). Introduction of Phytoremediation. epa/600/R-99/107, Cincinati, Ohio, U.S.A.

Fritioff, Å. & Greger, M. (2006). Uptake and distribution of Zn, Cu, Cd, and Pb in an aquatic plant *Potamogeton natans*. *Chemosphere*, *63*, 220–227.

Galal, T.M., Al-Sodany, Y.M. & Al-Yasi, H.M. (2019). Phytostabilization as a phytoremediation strategy for mitigating water pollutants by the floating macrophyte *Ludwigia stolonifera* (Guill. & Perr.) P.H. Raven. *Int. J. Phytoremediat.*, *22*, 373–382.

Ghosh, M., & Singh, S. P. (2005). A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by-products. *Applied Ecology and Environmental Research*, *3*(1), 1-18.

Glass D.J. (1999), Economic patential of phytoremediation, Phyforemediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment, (Raskin I., Ensley B.D., Eds.), John Wiley&Sans, New York, 15-31.

Gomes, M.V.T., de Souza, R.R., Teles, V.S. & Mendes, É.A. (2014). Phytoremediation of water contaminated with mercury using *Typha domingensis* in constructed wetland. *Chemosphere*, *103*, 228–233.

Güneş, A., Kumar, R., Pek, T., Yüksel, M., & Kabay, N. (2017). Yapay Sulak Alanlarda Atıksu RehabilitasyonundaKullanılan Salvinia natans ve Lemna minor Bitki Türlerinin Su Kalitesine Olan Etkileri. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, *74*(EK-1), 79-86.

Hanif, A. & Bhatti, H.N. (2009). Removal and recovery of Cu (II) and Zn (II) using immobilized Mentha arvensis distillation waste biomass. *Ecol. Eng.*, *35*, 1427-1434.

Hayta, Ş. ve Erkan, Y. (2019). Ahlat Sazlıklarındaki, Phragmites australis (cav.) Trin. Ex stend, Typha angustifolia L., Lythrum salicaria L. Bitkilerinin ve Bunları Çevreleyen

Sedimentlerde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *8*(3), 795-805.

Hejna, M., Moscatelli, A., Stroppa, N., Onelli, E., Pilu, S., Baldi, A. & Rossi, L. (2020). Bioaccumulation of heavy metals from wastewater through a *Typha latifolia* and *Thelypteris palustris* phytoremediation system. *Chemosphere*, *241*, 125018.

Hoffmann, T.L., Kutter, C. & Santamaria, J.M. (2004). Capacity of *Salvinia minima* Baker to Tolerate and Accumulate As and Pb. *Eng. Life Sci.*, *4*, 61–65.

Hua, M., Zhang, S., Pan, B., Zhang, W., Lv, L. & Zhang, Q. (2012) Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review. *J. Hazard. Mat.*, *211*, 317–331.

Huang, Z.C., Chen, T.B., Lei, M. & Hu, T.D. (2004). Direct determination of arsenic species in arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* by EXAFS. *Acta Bot.*, *46*, 46–50.

Ingole, N.W. & Bhole, A.G. (2003). Removal of heavy metals from aqueous solution by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *J. Water Supply Res. Technol.*, *52*, 119–128.

Kırım, B., Çoban, D., & Güler, M. (2014). *Floating aquatic plants and their impact on wetlands in Turkey*. In 2 nd International Conference-Water resources and wetlands. Tulcea, Romania.

Kumar, J.N., Soni, H., Kumar, R.N. & Bhatt, I. (2008). Macrophytes in phytoremediation of heavy metal contaminated water and sediments in Pariyej Community Reserve, Gujarat, India. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, *8*, 193–200.

Kumar, V. & Chopra, A.K. (2018). Phytoremediation potential of water caltrop (*Trapa natans* L.) using municipal wastewater of the activated sludge process-based municipal wastewater treatment plant. *Environ. Technol.*, *39*, 12–23.

Kumar, V., Singh, J., Saini, A. & Kumar, P. (2019). Phytoremediation of copper, iron and mercury from aqueous solution by water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). *Environ. Sustain.*, *2*, 55–65.

Li, B., Gu, B., Yang, Z. & Zhang, T. (2018). The role of submerged macrophytes in phytoremediation of arsenic from contaminated water: A case study on *Vallisneria natans* (Lour.) Hara. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, *165*, 224–231.

Lima L.K.S., Pelosi B.T., Silva M.G.C. & Vieira M.G.A. (2013). Lead and chromium biosorption by Pistia stratiotes biomass. *Chem. Eng. Trans., 32*, 1045–1050.

Loría, K.C., Emiliani, J., Bergara, C.D., Herrero, M.S., Salvatierra, L.M. & Pérez, L.M. (2019). Effect of daily exposure to Pb-contaminated water on *Salvinia biloba* physiology and phytoremediation performance. *Aquat. Toxicol.*, *210*, 158–166.

McGrath, S.P. & Zhao, F.J. (2003). Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. *Current Opinion in Biotechnology*, *14*(3), 277-282.

Mirza, N., Mahmood, Q., Pervez, A., Ahmad, R., Farooq, R., Shah, M.M. & Azim, M.R. (2010). Phytoremediation potential of *Arundo donax* in arsenic-contaminated synthetic wastewater. *Bioresour. Technol.*, *101*, 5815–5819.

Mkandawire, M., Taubert, B. & Dudel, E.G. (2004). Capacity of *Lemna gibba* L. (Duckweed) for Uranium and Arsenic Phytoremediation in Mine Tailing Waters. *Int. J. Phytoremediat.*, *6*, 347–362.

Mukhtar, S.A.I.M.A., Bhatti, H.N., Khalid, M., Haq, M.A.U. & Shahzad, S.M. (2010). Potential of sunflower (*Helianthus annuus* L.) for phytoremediation of nickel (Ni) and lead (Pb) contaminated water. *Pak. J. Bot.*, *42*, 4017–4026.

Najeeb, U., Ahmad, W., Zia, M.H., Zaffar, M. & Zhou, W. (2017). Enhancing the lead phytostabilization in wetland plant *Juncus effusus* L. through somaclonal manipulation and EDTA enrichment. *Arab. J. Chem.*, *10*, 3310–3317.

Nurhayati P. (2012). Water Lettuce (Pistia stratiotes, Linn) potency as one of eco- friendly phytoextraction absorbers of zinc heavy metal to solve industrial waste problem in indonesia. *International Conerence on Environmental Biomedical and Biotechnology*, *41*, 151-156,

Odjegba, V.J. & Fasidi, I.O. (2007). Phytoremediation of heavy metals by *Eichhornia crassipes*. *Environmentalist*, *27*, 349–355.

Okcu, M., Tozlu, E., Metin Kumlay, A., & Pehluvan, M. (2009). Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, *17*(2), 14-26.

Özay, C. ve Mammadov, R. (2013). Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *15*(1), 68-77.

Parzych A., Sobisz Z. & Cymer M. (2016). Preliminary research of heavy metals content in aquatic plants taken from surface water (Northern Poland). *Desal. Water Treat., 57*, 1451–1461.

Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, *56*, 15-39.

Pilon-Smits, E.A. & Freeman, J.L. (2006). Environmental cleanup using plants: biotechnological advances and ecological considerations. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *4*(4), 203-210.

Rahman, M.A., Hasegawa, H., Ueda, K., Maki, T. & Okumura, C. (2007). Arsenic accumulation in duckweed (*Spirodela polyrhiza* L.): A good option for phytoremediation. *Chemosphere*, *69*, 493–499.

Rai, P.K. (2008). Technical Note: Phytoremediation of Hg and Cd from Industrial Effluents using an Aquatic Free Floating Macrophyte *Azolla pinnata*. *Int. J. Phytoremediat.*, *10*, 430–439.

Rai, P.K. (2009). Heavy Metal Phytoremediation from Aquatic Ecosystems with Special Reference to Macrophytes. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *39*(9), 697–753.

Rajakaruna, N., Tompkins, K. M., & Pavicevic, P. G. (2006). Phytoremediation: an affordable green technology for the clean-up of metal-contaminated sites in Sri Lanka. *Ceylon Journal of Science*, *35*(1), 25.

Rascio, N. & Navari-Izzo, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: how and why do they do it? and what makes them so interesting? *Plant Science*, *180*, 169-181.

Reeves, R.D. & Baker, A.J.M. (2000). Metal accumulating plants. In: Raskin, I. and Finsley, B.D., Eds., Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean up the Environment, *Wiley, New York*, 193-229.

Rezania, S., Taib, S. M., Din, M. F. M., Dahalan, F. A., & Kamyab, H. (2016). Comprehensive review on phytotechnology: Heavy metals removal by diverse aquatic plants species from wastewater. *Journal of Hazardous Materials, 318*, 587-599.

Romeh, A.A. (2014). Phytoremediation of cyanophos insecticide by *Plantago major* L. in water. *J. Environ. Health Sci. Eng.*, *12*, 38.

Rulkens, W.H., Tichy, R. & Grotenhuis, J.T.C. (1998). Remediation of polluted soil and sediment: perspectives and failures. *Water Sci. Technol*., *37*, 27-35,

Sakakibara, M., Ohmori, Y., Ha, N.T.H., Sano, S. & Sera, K. (2011). Phytoremediation of heavy metal-contaminated water and sediment by *Eleocharis acicularis*. *Clean Soil Air Water*, *39*, 735–741.

Salt, D.E., Smith, R.D., & Raskin, I. (1998). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, *49*(1), 643-668.

Sheoran, A.S. & Sheoran, V. (2006). Heavy metal removal mechanism of acid mine drainage in wetlands: A critical review. *Minerals Engineering, 19*, 105-116.

Sinha, S., Saxena R., & Singh S. (2000). Fluoride Removal from Water by *Hydrilla verticillata* (l.f.) Royle and Its Toxic Effects. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, *65*, 683–690.

Sivaci, E.R., Sivaci, A., & Sökmen, M. (2004). Biosorption of cadmium by *Myriophyllum spicatum* L. and *Myriophyllum triphyllum* orchard. *Chemosphere*, *56*, 1043–1048.

Sweta, K. Bauddh, R. Singh, R.P. Singh, (2015). The suitability of Trapa natans for phytoremediation of inorganic contaminants from the aquatic ecosystems. *Ecol. Eng., 83*, 39–42.

Syukor A.A., Sulaiman S., Siddique M.N.I., Zularisam A.W., Said M.I.M., (2016). Integration of phytogreen for heavy metal removal from wastewater. *J. Clean. Prod., 112*, 3124–3131.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2018). *Kirlenmiş saha temizleme/iyileştirme teknolojileri kılavuzu*. Ankara: Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Tangahu, B. V., Abdullah, S. R. S., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering.*

Terzi, H., ve Yıldız, M. (2011). Ağır metaller ve fitoremediasyon: fizyolojik ve moleküler mekanizmalar. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *11*(1), 1-22.

Toroğlu, E., Toroğlu, S., ve Alaeddinoğlu, F. (2006). Aksu Çayı'nda (Kahramanmaraş) Akarsu Kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, *4*(1), 93-103.

Török A., Gulyás Z., Szalai G., Kocsy G. & Majdik C. (2015). Phytoremediation capacity of aquatic plants is associated with the degree of phytochelatin polymerization. *J. Hazard. Mater. 299*, 371–378.

Valderrama, A., Tapia, J., Peñailillo, P. & Carvajal, D.E. (2012). Water phytoremediation of cadmium and copper using *Azolla filiculoides* Lam. in a hydroponic system. *Water Environ. J.*, *27*, 293–300.

Vangronsveld, T. (2009). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research*, *16*(7), 765-94.

Vanlı, Ö. (2007). '*Pb, Cd, B elementlerinin topraklardan şelat destekli fitoremediasyon yöntemiyle giderilmesi'*, Yüksek lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul

Vernay, P., Gauthier-Moussard, C. & Hitmi, A. (2007). Interaction of bioaccumulation of heavy metal chromium with water relation, mineral nutrition and photosynthesis in developed leaves of *Lolium perenne* L. *Chemosphere*, *68*, 1563–1575.

Watanabe, M.E. (1997). Phytoremediation on the Brink of Commercialization. *Environmental Sciences and Technology*, *31*, 182-186.

Xue, P., Li, G., Liu, W. & Yan, C. (2010). Copper uptake and translations in a submerged aquatic plant Hydrilla verticillara (L.f.) Royle. *Chemosphere*, *81*, 1098-1103.

Xue, P.Y. & Yan, C.Z. (2011). Arsenic accumulation and translocation in the submerged macrophyte *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle. *Chemosphere*, *85*, 1176–1181.

Yadav, S.K., Juwarkar, A.A., Kumar, G.P., Thawale, P.R., Singh, S.K., & Chakrabarti, T. (2011). Bioaccumulation and phytotranslocation of arsenic, chromium and zinc by Jatropha curcas L.: Impact of dairy effluent and bioamendment. *Bioresource Technology*, *102*(2), 219-226.

Zurayk, R., Sukkariyah, B., Baalbaki, R., & Ghanem, D.A. (2002). Ni Phytoaccumulation in *Mentha aquatica* L. and *Mentha sylvestris* L. *Water Air Soil Pollut.*, *139*, 355–364.

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp. 303-334
Category: Review Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1595847

Artificial Intelligence in Forestry: A Comprehensive Analysis of Current Applications and Future Perspectives

Ormancılıkta Yapay Zeka: Mevcut Uygulamalar ve Gelecek Perspektifi Üzerine Kapsamlı Bir Analiz

Ourania ARETA HIZIROĞLU[1], Tarık SEMIZ[2]

Abstract

This study systematically analyzes artificial intelligence (AI) applications in forestry management, exploring current implementations, challenges, and future perspectives. A review of 580 articles from Web of Science (211) and Scopus (369) databases (2021-2025) identifies key themes where AI is transforming forestry practices. Forest Monitoring and Management Systems (30.4%) and Digital Transformation (23.6%) dominate current research, followed by Resource Optimization (17.1%) and Biodiversity Conservation (14.6%). Significant opportunities are noted in productivity enhancement, risk analysis, biodiversity conservation, and carbon management through AI. However, challenges such as data quality, resource constraints, operational complexities, and regulatory requirements remain. Emerging trends like human-centered AI, digital twins, and integrated sensor networks show promise. This analysis offers valuable insights for forestry professionals, researchers, and policymakers, providing a framework to understand AI's potential and limitations while emphasizing balanced integration for environmental sustainability and operational efficiency.

Keywords: Artificial Intelligence, Forest Management, Digital Transformation, Sustainability, Forest Technology

Özet

Bu çalışma, yapay zekâ (YZ) uygulamalarının ormancılık yönetimindeki rolünü sistematik bir şekilde analiz ederek mevcut uygulamaları, zorlukları ve gelecekteki perspektifleri incelemektedir. Web of Science (211) ve Scopus (369) veri tabanlarından (2021-2025) seçilen 580 makalenin incelenmesiyle YZ'nin ormancılık uygulamalarını dönüştürdüğü temel temalar belirlenmiştir. Araştırmaların büyük bir kısmı Orman İzleme ve Yönetim Sistemleri (%30,4) ve Dijital Dönüşüm (%23,6) üzerine yoğunlaşırken, Kaynak Optimizasyonu (%17,1) ve Biyoçeşitliliğin Korunması (%14,6) da önemli alanlar olarak öne çıkmaktadır. YZ kullanımıyla verimliliğin artırılması, risk analizi, biyoçeşitliliğin korunması ve karbon yönetimi gibi alanlarda önemli fırsatlar bulunmaktadır. Ancak, veri kalitesindeki teknik sınırlamalar, kaynak kısıtları, operasyonel karmaşıklıklar ve düzenleyici gereklilikler gibi zorluklar devam etmektedir. İnsan odaklı YZ, dijital ikizler ve entegre sensör ağları gibi yeni trendler umut vaat etmektedir. Bu analiz, ormancılık profesyonelleri, araştırmacılar ve politika yapıcılar için değerli içgörüler sunarak YZ'nin potansiyelini ve sınırlamalarını anlamak için bir çerçeve sağlamakta ve çevresel sürdürülebilirlik ile operasyonel verimliliği dengeli bir şekilde bir arada ele almanın önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Orman Yönetimi, Dijital Dönüşüm, Sürdürülebilirlik, Orman Teknolojisi

Received: 03.12.2024, Revised12.12.2024, Accepted: 24.12.2024
Address: [1]Izmir Bakircay University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of MIS
E-mail: ourania.areta@bakircay.edu.tr
Address: [2]Izmir Bakircay University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration
E-mail: tarik.semiz@bakircay.edu.tr

1. Introduction

Artificial intelligence (AI) in forestry can provide important benefits within the framework of the management and conservation of forests. Indeed, with forests worldwide facing ever-increasing challenges due to climate change, population growth, and resource demands at an unprecedented level, it has never been more necessary than now to have advanced tools capable of monitoring and managing these ecosystems (Jha & Saxena, 2020). AI offers pioneering solutions for these problems in terms of much better, more accurate, and wholesaling approaches towards forestry management.

The advancement of AI technologies, especially machine learning, remote sensing, and robotics, has enabled a reassessment of traditional forestry practices. Shivaprakash et al. (2022) note that improvements in data availability, decreased computational costs, and the increased availability of data sources like satellite imagery, drones, and sensor networks have promoted AI applications in the forestry sector. Nevertheless, AI technology adoption in forestry is still very uneven across regions and applications.

The applications of AI in forestry stretch from basic inventory management to the most advanced ecosystem analysis. Borz et al. (2022) demonstrate how the integration of electronics, proximity sensors, and AI is transforming forest management with big data analytics and novel algorithms. These have increased accuracy and productivity in forest operations; however, the wide dissemination of these technologies still faces significant challenges such as data quality, resource constraints, operational complexities, and regulatory requirements.

Hokans' 1984 research on scheduling timber harvests serves as an example of early AI implementations in forestry, which led to today's deep learning and autonomous technologies. This trajectory describes a rise in technological capability, an increasing understanding of the complexities of forest ecosystems, and an escalating demand for sophisticated management approaches. Recent research by Buchelt et al. (2024) demonstrates how AI-integrated drones have already changed the game regarding mapping, monitoring, and cataloging forests. Given the rapid development in related technologies, such as in drone applications (Buchelt et al., 2024) and digital twin systems (Nita, 2021), there is an ongoing need for reviews of new tools to guide further developments and their successful use.

The integration of AI in forestry also introduces severe problems concerning accessibility, reliability, and ethical consequences. Galaz et al. (2021) introduce some

systemic risks of applying AI to this sector: algorithmic bias and technology access inequity. Overcoming these challenges is necessary for the responsible advancement of AI tools in forestry.

This review presents a comprehensive assessment of the status of AI applications in forestry, as well as future opportunities and challenges. It examines how AI technologies are applied to different aspects of forest management and conservation based on recent studies and findings. Besides, it identifies crucial barriers and opportunities and provides a deeper understanding of the future development of the field.

The organization of the paper follows a structured approach for an in-depth analysis of applications of AI to forestry management. Section 2 provides a literature review about the basics of AI, and its application in forestry management, based on seminal works and recent contributions to the field. Section 3 outlines the methodology, which includes a dual database search strategy, as well as the systematization of data collection and analysis. Section 4 delivers the quantitative results of the review, deeply analyzing important domains of application and current trends within AI forestry technologies. Section 5 critically discusses opportunities and challenges for the implementation of AI, balancing potential benefits with implementation barriers. Section 6 covers emerging technologies and future perspectives, especially focusing on transformative developments, all while providing insights into future research directions and technological evolution in the field. The conclusion synthesizes these findings by providing strategic recommendations for practitioners and researchers on the importance of sustainable integration strategies that balance technological advancement with ecological preservation. Our comprehensive review thus seeks to provide actionable insights into the status and future directions of AI in forestry, while emphasizing the critical need for balanced approaches that are sensitive to both technological innovation and environmental stewardship.

2. Literature Review

2.1. Concept of artificial intelligence

The basic idea of AI is described as "the capability of a system to understand data, learn from data, and utilize this gained understanding for specific tasks" (Başcillar et al., 2022). This description encompasses the basic functions and objectives involved in AI and depicts the diversity of its current application domains.

AI can additionally be characterized as systems that replicate human cognitive processes and possess the ability to enhance their functionality based on the data they acquire (Şener and Şen, 2022). In the year 1956, McCarthy *et al.* (2006) articulated the notion of AI as "the science and engineering of making intelligent machines," a definition that remains applicable in contemporary discourse (Çelik et al., 2021). AI represents the sphere of technology where computers gain the ability to imitate thinking, learning, and solving problems-like processes of a human brain. An idea first introduced by John McCarthy in the Dartmouth Conference of 1956 became the very cornerstone for achievements that transformed health, education, industry, and logistics up to this date. AI is the result of a merger of different disciplines, such as mathematics, computer science, psychology, and linguistics. Its development has been significantly influenced by the recent emergence of data science, machine learning, and big data technologies (Russell and Norvig, 2021). There are many different definitions and areas of application for AI in the literature. For example, in the health sector, AI is used in various areas such as early diagnosis of diseases, determination of health risks, and epidemiological research (Alıcılar and Çöl, 2021). In addition, studies investigating the effects of AI on health services demonstrate how this technology is changing the healthcare sector (Güzel et al., 2022).

On the other hand, possible negative effects of AI must be considered, too. All these lead to quite critical discussions, especially considering ethical and privacy matters, as mentioned by Alıcılar and Çöl, (2021) and Dost (2023). Specialized areas supporting this development include machine learning and deep learning. AI can take part in more complex works thanks to these methodologies and enable the increase of speed for processes of data analysis with more speed (Çivilibal et al., 2023; Erkutlu, 2023). For instance, applications of AI enhance the processes related to patient treatment and support healthcare professionals in making decisions (Yılmaz et al., 2021; Akalın and Veranyurt, 2021). Furthermore, it has been noted that AI is utilized effectively in various domains, including education and agriculture (Çoşkun and Gülleroğlu, 2021; Çiçekdemir et al., 2021).

Thus, AI has become one of those fields that have several definitions and various application areas. Its advantages in several aspects of human life widen the potential scope of this technology and make it an important driver for changing various industries.

2.2. AI in forestry

Forests play a crucial role in maintaining the global ecosystem. However, many factors such as climate change, anthropogenic degradation, and natural disasters threaten

forest ecosystems. In the present scenario, AI has been offering innovative solutions in critical areas of environmental sustainability, economic efficiency, and risk management associated with forest governance. AI, in forestry, enables more innovative and effective decision-making based on the processing of vast amounts of data from satellites, sensors, and drones (Kumar et al., 2022).

The following table is designed to explain how AI can be applied to the forestry industry, using current examples taken from the literature.

Table 1. Areas of use of AI in the forestry.

Area of Use	AI Applications	Benefits	Sources
Forest Management	Creation and analysis of forest maps using data from satellites	More accurate planning and resource management	Kumar et al., 2022; FAO Report, 2020
Detection of Tree Diseases	Detection of sick trees with image processing technologies	Preventing the spread of diseases with early intervention	Smith and Zhang, 2021; NASA Earth Science, 2021
Fire Risk Analysis	Analysis of data such as weather, humidity and vegetation with machine learning	Predicting forest fires	Jones et al., 2020; Copernicus EU, 2023
Sustainable Harvest Planning	Determining the amount and time of tree cutting with optimization algorithms	Sustainable use of resources	Fernandez et al., 2019; WRI Report, 2022
Wildlife Conservation	Monitoring animal movements using sensor data and image processing	Ecosystem protection	Global Forest Watch, 2021; Brown et al., 2023
Rehabilitation and Renewal	Determining tree species according to suitable soil type and climate conditions	More efficient afforestation with the right species selection	Gomez et al., 2020; UNEP Report, 2023
Carbon Footprint Monitoring	AI-powered carbon accounting and reporting tools	Assessing the potential of forests to reduce carbon emissions	IPCC Report, 2022; Miller et al., 2021
Climate Change Analysis	Examining the effects of climate change on forests with big data analysis	Improving forest policies	Liu and Wang, 2022; Nature Climate Change, 2023
Productivity Analysis	Analysis of drone and sensor data with AI algorithms	Speeding up operations and reducing costs	Johnson et al., 2021; Drone Applications in Forestry, 2020
Loss/Leakage Control	Detection of unauthorized tree felling or forest damage with AI-supported surveillance systems	Protection of forest assets	Chen et al., 2022; Forest Watch EU, 2023

The table above aims to detail the areas of use of AI in the forestry sector with current examples in the literature. As seen here, AI has been used in forestry in many areas.

3. Methodology

In this study, firstly, through an initial literature review, the impact of AI in different forestry areas was categorized, and specific themes were determined. Furthermore, a systematic dual database search strategy was employed to ensure comprehensive coverage of the literature examining applications of AI in forestry. The methodology utilised both the Web of Science Core Collection and Scopus databases, recognising their complementary strengths in indexing academic literature and acknowledging their complementary strengths in academic literature indexing.

Table 2. Database search parameters and results.

Parameter	Web of Science	Scopus
Search Fields	"Artificial Intelligence" (Author Keywords) AND "Forestry" (All Fields)	"Artificial AND intelligence" AND "Forestry" (Keywords)
Document Type	Articles	Articles
Time Period	2021-2025	2021-2025
Access Type	All	Open Access
Results	211	369

The search strategy was deliberately constructed to maintain methodological rigor while ensuring comprehensive coverage. The temporal boundary of 2021-2025 was established to capture contemporary developments in artificial intelligence applications within forestry, reflecting the rapid evolution of this technological domain. The exclusive focus on peer-reviewed articles ensures scholarly rigor and standardization of the analyzed content.

The complementary nature of the selected databases merits particular attention. The Web of Science Core Collection is renowned for its rigorous inclusion criteria and comprehensive coverage of high-impact journals, while Scopus offers broader coverage and enhanced accessibility through its open access filter. This dual-database approach facilitates:

Table 3. Methodological benefits of dual-database strategy.

Benefit Category	Description
Coverage Enhancement	Broader capture of relevant literature across different journals and geographic regions (Qin, 2022)
Quality Assurance	Cross-validation of findings through multiple indexing systems (Grazhdani et al., 2018)
Bias Mitigation	Reduction of database-specific indexing biases (Grazhdani et al., 2018)
Accessibility	Integration of open access considerations for broader research impactg (Venter & Eck, 2020)

The resulting corpus of articles establishes a robust foundation for subsequent analytical procedures. The methodological framework adheres to established protocols for

systematic literature reviews in scientific research, ensuring reproducibility and reliability of findings. This approach enables a comprehensive examination of artificial intelligence applications in forestry while maintaining scholarly rigor and methodological transparency.

3.1. Analytical framework

The analysis applied a thematic approach. Thus, papers were categorized into five major themes, including:

- Digital transformation and technological integration
- Forest monitoring and management systems
- Fire prevention and management
- Biodiversity conservation
- Resource optimization

The data analysis followed the following steps:

a) Content Analysis

Each paper was systematically analyzed for:

- Key findings and contributions
- Technical specifications
- Implementation challenges
- Future recommendations

b) Cross-reference

Moreover, papers were cross-referenced to identify:

- Common themes and patterns
- Technological convergences
- Research gaps
- Future research directions

c) Synthesis and Integration

The findings were synthesized through:

- Time analysis: Observation based on each year's research directions
- Thematic Synthesis: Consolidating findings within identified themes to develop a comprehensive understanding of the current state and future directions.
- Opportunities and Challenges Analysis: Identifying opportunities that forestry can benefit from AI applications, and the challenges that it can face at the same time.

d) Quality Assurance

To ensure the reliability and validity of the analysis:

- Multiple reviews of each paper were conducted
- Findings were cross validated across multiple sources

This methodology provided a structured approach to analyzing the current state of AI in forestry while ensuring comprehensive coverage of technical, practical, and future-oriented aspects of the field.

4. Findings

a. The development of the topic throughout the period of 2021-2024 is described in the following figure:

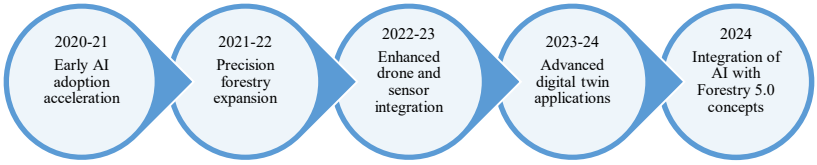


Figure 1. Evolution of topic based on time analysis.

b. Based on the thematic analysis, the following topics were discussed in the articles:

Table 4. Topics on ai in forestry based on thematic analysis.

Research Category	Sub-category	Representative Studies	Key Findings/Applications
I. Monitoring and Detection	Forest Fire Prediction	Wu et al. (2022) "Simulation of forest fire spread based on artificial intelligence"	Development of predictive models utilizing machine learning algorithms for fire behavior analysis
		Thangavel et al. (2023) "Autonomous Satellite Wildfire Detection Using Hyperspectral Imagery"	Integration of satellite data for early warning systems
	Disease/Pest Monitoring	Almadhor et al. (2021) "AI-driven framework for plant disease recognition"	Automated detection systems for early disease identification
		Liu et al. (2021) "Acoustic Denoising Using AI for Wood-Boring Pests"	Novel acoustic monitoring methods for pest detection
	Deforestation Tracking	Xiang et al. (2024) "Rapid Forest Change Detection Using UAVs"	Real-time monitoring of forest cover changes
		Sloan et al. (2024) "Mapping Remote Roads Using AI and Satellite Imagery"	Infrastructure monitoring for deforestation prevention
	Biodiversity Conservation	Warner et al. (2024) "CentralBark Image Dataset	Machine learning applications in species identification

		and Tree Species Classification"	
		Velasquez-Camacho et al. (2024) "Assessing urban forest biodiversity"	Urban forest monitoring systems
II. Resource Management	Tree Inventory	Illarionova et al. (2022) "Estimation of Canopy Height from Multispectral Satellite Imagery"	Remote sensing applications for forest inventory
		Carcereri et al. (2023) "Deep Learning Framework for Forest Height Estimation"	Advanced measurement techniques
	Biomass Estimation	Martins-Neto et al. (2021) "Identification of significative lidar metrics"	LiDAR-based biomass assessment
		Strandgard et al. (2022) "Optimizing Forest Biomass Logistics"	Efficient resource allocation systems
	Growth Modeling	da Rocha et al. (2021) "Configuration of artificial neural networks for height-diameter relationship"	Neural network applications in growth prediction
		Aldea et al. (2023) "Evaluation of growth models for mixed forests"	Advanced modeling techniques
III. Technology Integration	Drone-based Monitoring	Genest et al. (2024) "Automated detection of planting mounds"	UAV applications in forestry operations
		Perez et al. (2022) "Precision silviculture using UAVs"	Integration of drone technology
	IoT Sensor Networks	Singh and Walingo (2024) "Smart Water Quality Monitoring with IoT"	Environmental monitoring systems
		Cardinale-Villalobos et al. (2023) "IoT System Based on AI for Hot Spot Detection"	Advanced sensor networks
	Digital Twin Modeling	Niță (2021) "Testing forestry digital twinning workflow"	Virtual forest management systems
		Holzinger et al. (2024) "From Industry 5.0 to Forestry 5.0"	Digital transformation frameworks
IV. Emerging Trends	Human-centered AI	de Pellegrin Llorente et al. (2023) "Perceptions of uncertainty in forest planning"	Stakeholder integration in AI systems
		Holzinger et al. (2022) "Digital transformation in Smart Farm and Forest Operations"	Human-AI collaboration frameworks
	Precision Forestry	Bont et al. (2022) "Improving forest management by implementing best suitable harvesting methods"	Optimization of forestry operations
		Partel et al. (2021) "Smart tree crop sprayer utilizing sensor fusion"	Precision agriculture applications
	Decision Support Systems	Terribile et al. (2024) "The LANDSUPPORT geospatial decision support system"	Integration of spatial decision support

		Yadav et al. (2024) "A Prototype Decision Support System for Tree Selection"	AI-driven decision-making tools

The analysis of the results from the Scopus database is shown in table 5:

Table 5. Top five thematic classification of research articles from scopus (n=369).

Theme	Count (%)	Representative Citations
Digital Transformation and Technological Integration	87 (23.6%)	Holzinger et al. (2024) "From Industry 5.0 to Forestry 5.0" DOI: 10.1007/s40725-024-00231-7 Niță (2021) "Testing forestry digital twinning workflow" DOI: 10.3390/f12111576 -Partel et al. (2021) "Smart tree crop sprayer utilizing sensor fusion" DOI: 10.1016/j.compag.2021.106556
Forest Monitoring and Management Systems	112 (30.4%)	- Velasquez-Camacho et al. (2024) "Automated taxonomic identification" DOI: 10.1016/j.jag.2024.103735 - Xiang et al. (2024) "Rapid Forest Change Detection" DOI: 10.3390/f15091676 - Guo et al. (2021) "Deep fusion unet for mapping forests" DOI: 10.3390/rs13183613
Fire Prevention and Management	28 (7.6%)	- Wu et al. (2022) "Simulation of forest fire spread" DOI: 10.1016/j.ecolind.2022.108653 - Thangavel et al. (2023) "Autonomous Satellite Wildfire Detection" DOI: 10.3390/rs15030720 - Li et al. (2024) "Spatial prediction of shallow landslide" DOI: 10.1080/19475705.2021.1914753
Biodiversity Conservation	54 (14.6%)	- Warner et al. (2024) "CentralBark Image Dataset" DOI: 10.3390/a17050179 - Yadav et al. (2024) "Tree Selection and Plantation" DOI: 10.3390/f15071219 - Velasquez-Camacho et al. (2024) "Urban forest biodiversity" DOI: 10.1016/j.jag.2024.103735
Resource Optimization	63 (17.1%)	Strandgard et al. (2022) "Optimizing Forest Biomass Logistics" DOI: 10.3390/f13020138 - Nobre et al. (2021) "Compromise programming application" DOI: 10.3390/f12111481 - Bont et al. (2022) "Improving forest management" DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.114099

The classification reveals several significant patterns in recent forestry research and technological applications:

- The largest category is Forest Monitoring and Management Systems (30.4%), reflecting the significant emphasis on developing and implementing advanced monitoring technologies in forestry.
- Digital Transformation and Technological Integration represent the second-largest category (23.6%), indicating the rapid technological evolution in forestry practices.
- Resource Optimization (17.1%) and Biodiversity Conservation (14.6%) demonstrate the dual focus on efficiency and environmental protection.

- Fire Prevention and Management (7.6%), while representing smaller proportions, highlight specialized but crucial aspects of modern forestry management.

The analysis of the results from the Web of Science database is shown in table 6:

Table 6. Top five thematic classifications of research articles from wos (n=211).

Theme	Count (%)	Representative Citations
Digital Transformation and Technological Integration	52 (24.6%)	• Tang et al. (2024) "Bolstering Performance Evaluation of Image Segmentation Models" • Xu et al. (2024) "Digital Twin for Aquaponics Factory" • Lopes et al. (2021) "Creating High-Resolution Microscopic Cross-Section Images" • Li et al. (2024) "Improving Artificial Neural Networks for Forest Data"
Forest Monitoring and Management Systems	49 (23.2%)	• Toming et al. (2024) "Estimation of Biogeochemical Properties" • Martins-Neto et al. (2021) "LiDAR Metrics for Estimating Stand Variables" • Slagter et al. (2024) "Monitoring Road Development in Congo Basin Forests" • Marvasti-Zadeh et al. (2023) "Crown-CAM: Tree Crown Detection"
Fire Prevention and Management	28 (13.3%)	• Boroujeni et al. (2024) "AI-enabled UAV Systems in Wildfire Management" • de Domingo et al. (2021) "Cluster-Based Relocation for Fire Management" • Zhou et al. (2022) "Forest Fire Identification System" • Janizadeh et al. (2023) "Machine Learning for Fire Susceptibility"
Biodiversity Conservation	35 (16.6%)	• Dey et al. (2023) "Automated plant species identification from the stomata images using deep neural network: A study of selected mangrove and freshwater swamp forest tree species of Bangladesh • Niță, M.D. (2021). "Testing Forestry Digital Twinning Workflow Based on Mobile LiDAR Scanner and AI Platform"
Resource Optimization	31 (14.7%)	• Li et al. (2023) "AI Technology Innovation Impact" • Shan et al. (2023) "CPI Prediction Model" • Wang et al. (2024) "HGSNet for Lesion Segmentation" • Ponnan et al. (2021) "AI-Based Quorum System for Sensor Networks"

Accordingly, the key observations can be summarised as follows:

- Digital Transformation and Forest Monitoring collectively represent 47.8% of the research focus, indicating a strong emphasis on technological advancement in forestry management.
- Fire Prevention and Biodiversity Conservation account for approximately 30% of the articles, highlighting the growing importance of environmental protection and species preservation.

- Resource Optimization Approach, while representing a smaller percentage, demonstrates the increasing recognition of efficiency and user engagement in environmental management systems.

Some articles may address multiple themes but have been categorized based on their primary research focus for analytical clarity. This classification system provides a structured framework for understanding the current research landscape in forestry and environmental management.

4.1. Key findings

• AI technologies in smart forestry are increasingly integrated into conventional forestry practices, demonstrating higher accuracy and effectiveness for a wide range of applications.

• Machine learning and deep learning approaches demonstrate exceptionally good performance in the analysis of remote sensing data for enhanced forest monitoring capabilities.

• Human-centered approaches using AI are gaining momentum, as AI capabilities are combined with the abilities of humans.

• Integration of drone technology, sensors, satellite imaging with AI is creating holistic solutions in forestry management.

The following sections will explain in detail the opportunities and challenges that the forestry sector may derive and encounter, respectively, through the application of artificial intelligence.

4.2. Opportunities and challenges in the implementation of AI in forestry

Increasing forest fires, a decline in biodiversity, and problems with carbon emissions management in forestry have created a pressing need for the introduction of new technologies. AI has emerged as a valuable tool for data analysis, decision-making, and process optimization in forestry management (Zhang and Wang, 2023). However, the adoption of AI in forestry management carries with it a continuum of threats, risks, and opportunities, which are presented in the following sections.

4.2.1 Opportunities

i. Productivity Increase and Optimization

AI has the potential to promote efficiency through the optimization of working processes in forestry management. For instance, many machine learning algorithms have

been able to perform excellent forest inventories, classification, and prediction of tree species' growth (Nguyen and Tran, 2023).

ii. Risk Analysis and Forecast

AI in forecasting all kinds of natural disasters, including wildfires, plays a particularly important role. AI-driven models can make reliable estimations of the risk of fire by analyzing meteorological information (Xu and Li, 2022). Applications allow for rapid intervention and the best possible use of resources.

iii. Conservation of Biodiversity

AI-based image processing technologies and sound recognition systems monitor and protect the species that live in the forest ecosystems. For instance, the detection of bird species by sound detection systems contributes to their protection, which are usually threatened (Nguyen and Tran, 2023).

iv. Carbon Management and Combating Climate Change

AI algorithms can inform the design of carbon management projects through the analysis of forests' carbon sequestration capacity - a large opportunity to tackle climate change (Smith, 2021).

v. Sustainability and Profitability

AI-based methods can optimize the balance between sustainability and economic gain in forestry management. Malo et al. (2021) study showed that continuous cover management strategies are more sustainable and economically advantageous than single-cutting practices. Especially in natural disaster risk situations, AI models have been successful in producing optimal results (Back et al., 2022b).

Challenges

Açıklamalı [YB1]: 2. derece alt başlıklarda öncesi ve sonrası 6 nk ve 1.5 satır aralığı

Based on the systematic review, the following is an in-depth analysis of implementation challenges in AI forestry applications:

i. Technical Challenges

• Data Quality and Infrastructure

Sensor coverage and data acquisition are significantly challenging issues in forestry applications. According to Borz et al. (2022), there exist key limitations in the land remote sensing framework, where thick vegetation cover dominates particular regions. Damaševiius et al. (2024) emphasize ensuring the quality of data is coherent over different geographical conditions.

The infrastructure of the networks poses a big challenge for efficient deployment. Kumar et al. (2023) explain the issues related to real-time data transmission in isolated forest areas, while Giannakidou et al. (2024) highlight the challenges in maintaining reliable communication networks for IoT-based forest monitoring systems.

• Performance of Algorithms

The accuracy and reliability of models remain a significant challenge. Holzinger et al. (2024) discuss the challenges of developing algorithms that can successfully oversee the dynamic nature of forest ecosystems. Salii et al. (2024) discuss challenges in maintaining prediction accuracy under fluctuating environmental conditions and seasonal changes.

ii. Resource Challenges

• Economic Constraints

Financial considerations significantly impact implementation. Raihan (2023) identifies substantial initial investment requirements as a significant barrier to adoption, particularly in developing regions. Lozinska et al. (2024) emphasize the ongoing costs associated with system maintenance and upgrades.

• Human Resource Development

There is a dire need for more qualified personnel. Chisika et al. (2024) note the shortfall between technical expertise and practical forestry knowledge. Ramos (2024) again mentions the need for ongoing training and knowledge transfer programs.

iii. Operational Challenges

• System Integration

The integration with the existing systems is, however, significantly challenging. Buchelt et al. (2024) discuss the complexities of the incorporation of AI technologies in the traditional forestry management techniques. Zitouni et al. (2024) identify the need to standardize data format and processing methods.

• Environmental Factors

The ambient conditions contribute to large variance in the system's performance. For example, Somwong et al. (2023) presented changes due to weather conditions to sensor reliability, and Bogomolov (2021) discussed issues caused by seasonality of data collection.

iv. Regulatory and Organizational Challenges

• Compliance Requirements

Regulatory frameworks also pose great challenges in implementation. Causevic et al. (2024) present the challenges of data privacy and environmental protection management,

while Holzinger et al. (2024) call for standardized protocols that should also meet technical and regulatory requirements.

• Institutional Adaptation

Institutional issues also impact implementation success. Ramos (2024) highlights resistance to technology adoption, whereas Chisika et al. (2024) put a strong case for stakeholder involvement in successful implementation.

Table 7. Challenges of AI applications in forestry.

Challenge Category	Specific Aspects	Key Findings	Citations
Data Quality and Infrastructure	-Sensor coverage limitations - Network reliability - Power management - Data transmission	Remote areas face significant infrastructure limitations affecting data collection consistency and quality. Network reliability presents substantial barriers to real-time monitoring systems.	Borz et al. (2022) Damaševičius et al. (2024) Kumar et al. (2023)
Algorithm Performance	- Model accuracy - Processing requirements -Environmental complexity - Seasonal variations	Complex forest environments challenge model accuracy. Real-time processing demands exceed available computational resources in remote locations.	Holzinger et al. (2024) Salii et al. (2024) Zitouni et al. (2024)
Economic Constraints	- Implementation costs - Maintenance expenses - Technology upgrades - Return on investment	High initial investment requirements present significant adoption barriers, particularly in developing regions. Ongoing maintenance costs affect long-term sustainability.	Raihan (2023) Lozinska et al. (2024)
Human Resource Development	- Technical expertise - Knowledge transfer - Training requirements - Skill gap management	Significant gap exists between technical AI expertise and practical forestry knowledge. Continuous training programs require substantial resource allocation.	Chisika et al. (2024) Ramos (2024)
System Integration	- Technical compatibility - Workflow integration - Data standardization - Interface development	Integration with existing forestry management systems presents significant technical and operational challenges. Standardization issues affect cross-system compatibility.	Buchelt et al. (2024) Zitouni et al. (2024)
Environmental Factors	- Weather impacts - Terrain accessibility - Canopy interference - Seasonal effects	Environmental conditions significantly affect system performance and reliability. Physical access limitations impact maintenance capabilities.	Somwong et al. (2023) Bogomolov (2021)
Regulatory Requirements	- Data privacy -Environmental protection - Cross-border sharing - Compliance protocols	Complex regulatory frameworks require careful consideration in system design and implementation. Privacy concerns affect data collection and sharing capabilities.	Causevic et al. (2024) Holzinger et al. (2024)
Organizational Adaptation	- Technology adoption - Change management - Traditional integration - Strategic planning	Institutional resistance to technology adoption presents significant implementation barriers. Stakeholder engagement crucial for successful implementation.	Ramos (2024) Chisika et al. (2024)
Future Considerations	- Technology evolution	Emerging technologies require scalable and adaptable implementation strategies. Environmental impact	Damaševičius et al. (2024)

	-Scalability requirements -Sustainability needs - Long-term planning	considerations affect long-term sustainability.	Jing et al. (2023)

This comprehensive analysis of technical challenges demonstrates the complex nature of implementing AI systems in forestry applications. Successful implementation requires careful consideration of multiple factors and continued innovation in both technology and methodology.

The following section presents the emerging technologies and the future perspective of AI applications in the forestry sector, as derived from a review of existing scholarly works.

Emerging Technologies and Future Perspectives

Drawing on a wide-ranging review of the available research literature, the following section outlines emerging technologies and future trends in the area of AI for forestry applications, focusing on major technological developments and their potential impacts on the sector.

i. Digital Twin Technologies

Recent research shows significant developments in the application of digital twins for forest management. Damaševičius et al. (2024) developed an Adaptive Digital Twin model based on Reinforcement Learning, which marks significant improvements in forest monitoring capabilities. Their study demonstrates how digital twins can perform real-time simulations and predictions about the development of forests, thus allowing more accurate management decisions.

Nița et al. (2021) further illustrate that integrated digital twin technology with mobile LiDAR scanning develops three-dimensional models of forest ecosystems with high accuracy, thus enabling thorough monitoring of the health and growth status of forests while supporting environmentally friendly operations and conserving biodiversity.

ii. Human-Centered AI

The concept of human-centered AI represents a paradigm shift in forestry technology. In Holzinger et al. (2024), the "Forestry 5.0" concept is discussed, emphasizing that human competencies must be combined with AI. Even though AI can process large datasets and identify patterns, this approach emphasizes the human ability to understand and make decisions for successful forestry management.

Building further on this foundation, Chisika et al. (2024) present the role of human-centered AI in enhancing participatory forestry management. Their findings show that if the development of AI systems is made to support, rather than replace, human decision-making,

Açıklamalı [YB2]: Çizelgelerden sonra 12 nk aralık

Açıklamalı [YB3]: 2. derece alt başlıkların sadece ilk harfi büyük harf olacak

there is significant improvement in community involvement: 90% of stakeholders reported gaining increased confidence in management decisions.

iii. Integrated Sensor Networks

Advances in sensor technology are indicative of bright prospects for future forestry applications. Borz et al. (2022) express that the integration of close-range sensors with AI opens up new avenues for monitoring and managing forests. Their study illustrates the fact that advanced sensor networks can provide a wide range of information on forest health, growth patterns, and potential risks.

Giannakidou et al. (2024) go further to investigate the possibility of integrating IoT technology with AI for higher-order wildfire prevention and detection methods. Their study demonstrates that integrated sensor networks are able to provide early warning systems, besides helping in post-event restoration efforts.

iv. Advanced Imaging and Remote Sensing

The development of AI in forestry depends mainly on the improvement of imaging technology. According to Buchelt et al. (2024), there has been significant progress in the integration of drone-operated imaging systems with AI analysis. Their findings demonstrate how these technologies enable better acquisition of inventory data and timely identification of forest health issues.

Salii et al. (2024) show the potential of genetic algorithms and neural networks in enhancing the analysis of satellite data for the classification of forest conditions. Their work indicates that future developments will lead to even more accurate and automated forest health monitoring systems.

v. Predictive Analytics and Decision Support

Studies show that the role of predictive analytics in forest management is only going to increase. Zitouni et al. (2024) were able to achieve high accuracy in wildfire prediction using spatiotemporal data mining techniques. Their work confirms that future systems will be capable of providing even more accurate predictions about various aspects of forest management.

vi. Sustainable Resource Management

The future trend of AI in forestry indicates much interest in sustainability. Causevic et al. (2024) investigate the capabilities of AI technologies to advance the sustainability of forests through advanced mapping and monitoring capabilities. From their results, it is evident that future AI systems will be crucial in balancing conservation needs with resource use.

vii. Future Considerations

Research points out a set of dynamic challenges that demand attention. Damaševičius et al. (2024) point out scalability issues, since developing technology calls for evolved solutions. Jing et al. (2023) note the importance of developing sustainable implementation strategies with consideration for long-term environmental impact.

Recent work by Holzinger et al. (2024) shows that research in forestry AI is based on human-centered methods aimed at combining technological skills with expert knowledge. In this respect, Ramos (2024) underlines the necessity of formulating standards concerning the gathering and processing of data, especially in territories with restricted technological infrastructure.

Raihan (2023) claims that overcoming such technical challenges requires continued development of hardware and software technologies, along with increased collaboration between forestry experts and developers of AI. As suggested by Chisika et al. (2024), such a collaborative approach would lead to more practical and effective methods of managing forestry.

These developing technologies and future directions demonstrate that forests will be managed and treated very differently than in the past. Indeed, the research trend is toward even more integrated, smart systems with the integration of various technologies by maintaining human supervision and judgment. Successful deployment will demand sustained innovation, collaboration amongst the stakeholder groups, and thoughtful consideration to practical implementation issues.

5. Conclusion

The incorporation of AI in forestry management signifies a revolutionary change in our strategies for forest conservation and the management of resources. Our thorough examination uncovers both the considerable possibilities and intricate difficulties associated with the utilization of AI technologies in forestry operations. As highlighted by recent studies (Holzinger et al., 2024; Causevic et al., 2024), effective implementation necessitates a careful equilibrium between technological potentials and real-world limitations, all while emphasizing sustainable practices.

The development path for AI in the forestry sector will depend on integrated solutions that effectively address several interlinked challenges. Recent studies by Raihan (2023) and Chisika et al. (2024) highlight the need for sound technical infrastructure, improvement in human resource competencies, and comprehensive regulatory frameworks. The integration

of AI with other emerging technologies, particularly IoT and big data analytics, might lead to the development of more sophisticated and integrated approaches toward forest management.

Our analysis shows that AI applications efficiently enhance human-machine collaboration, optimize resource allocation, and increase operational efficiency. However, as Zhang and Wang (2023) note, successful integration requires addressing key challenges, including cost considerations, data privacy concerns, and technical infrastructure constraints. The application of AI-based optimization techniques must carefully balance factors such as data quality, model accuracy, and computational requirements. Looking forward, the development of AI in forestry should be prioritised:

- Enhanced integration with complementary technologies for comprehensive forest monitoring and management
- Development of ethical frameworks and regulatory standards for responsible AI deployment
- Investment in human capital development to bridge the technical expertise gap
- Creation of scalable solutions that can adapt to diverse forestry environments

The successful evolution of AI in forestry will depend on fostering more equitable access to these technologies while ensuring their deployment contributes meaningfully to economic sustainability and ecological conservation. This balanced approach will be crucial for realizing AI's full potential in advancing sustainable forest management practices.

Acknowledgements

This study declares that AI tools have been used for grammar and translation purposes.

References

Akalın, B., & Veranyurt, Ü. (2021). Sağlık Hizmetleri ve Yönetiminde Yapay Zekâ. *Acta Infologica*, *5*(1), 231-240. https://doi.org/10.26650/acin.750857

Alıcılar, H., & Çöl, M. (2021). Usage of Artificial Intelligence in Public Health. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, *47*(1), 151-158. https://doi.org/10.32708/uutfd.891274

Andersson, Å., Kallio, M., & Seppälä, R. (1984). Systems Analysis for the Forest Sector. *IIASA Working Paper*, WP-84-060. Retrieved from: https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/2501/7/WP-84-017.pdf. Access date: 15.11.2024.

Araújo Júnior, C.A., Pereira, B.L.C., Oliveira, A.C., & Leite, H.G. (2017). A multi-agent System for Forest Transport Activity Planning. *Cerne*. *23*(3) https://doi.org/10.1590/01047760201723032335

Ardıç, M. (2018). Bireysel Kalite Göstergesi Olan Motivasyonu Etkileyen Faktörlerin Orman Yönetiminde İncelenmesi: Gümüşhane Ili Örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *19*(2), 194-205. https://doi.org/10.17474/artvinofd.448807

Aspragathos, N., Dogkas, E., Konstantinidis, P., Koutmos, P., Lamprinou, N., Moulianitis, V., & Thanellas, G. (2019). From Pillars to AI Technology-Based Forest Fire Protection Systems. *Intelligent System and Computing*, Chapter *5*, 89-112.

Back, P. (2021). *Real-World Reinforcement Learning: Observations from Two Successful Cases*. 34th Bled eConference Digital Support from Crisis to Progressive Change, 273-285.

Back, P., Suominen, A., Malo, P., Tahvonen, O., Blank, J., & Deb, K. (2022). Towards Sustainable Forest Management Strategies with MOEAs. *Genetic and Evolutionary Computation Conference*, 1046-1054, Cancun, Mexico.

Banu, T., Borlea, G.F., & Banu, C. (2016). The Use of Drones in Forestry. *Journal of Forest Science*, *62*(1), 533-540.

Başcıllar, M., Karataş, M., & Pak, M. (2022). Social Algorithms in The Digital Age: Artificial Intelligence and Social Work. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, *22*(56), 539-565. https://doi.org/10.21560/spcd.vi.1081060

Bell, K.L.C., Chow, J.S., Hope, A., & Quinzin, M.C. (2022). Low-Cost, Deep-Sea Imaging and Analysis Tools for Deep-Sea Exploration: A Collaborative Design Study. *Frontiers in Marine Science*, *9*, 873700.

Bellucci, E., Aguilar, O.M., & Alseekh, S. (2021). The INCREASE project: Intelligent Collections of Food-Legume Genetic Resources for European Agrofood Systems. *Plant Journal*, *108*(3), 646-660.

Bonet-Jover, A., Sepúlveda-Torres, R., Saquete, E., & Martínez-Barco, P. (2023). A Semi-Automatic Annotation Methodology that Combines Summarization And Human-In-The-Loop to Create Disinformation Detection Resources. *Knowledge-Based Systems*, *275*, 110723.

Boroujeni, S.P.H., Razi, A., Khoshdel, S., & Afghah, F. (2024). A Comprehensive Survey Of Research Towards AI-Enabled Unmanned Aerial Systems in Pre-, Active-, And Post-Wildfire Management. *Information Fusion*, *108*, 102369.

Borz, S.A., Talagai, N., Cheţa, M., Chiriloiu, D., & Montoya, A.V.G. (2022). Electronics, Close-Range Sensors and Artificial Intelligence in Forestry. *Forests*, *13*(10), 1669.

Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. UK: Oxford University Press.

Buchelt, A., Grabska, E., Baumann, S., Zielonka, A., Stelmaszczuk-Górska, M.A., & Lausch, A. (2024). Exploring Artificial Intelligence for Applications of Drones In Forest Ecology and Management. *Forest Ecology and Management*, *545*, 121530.

Byrtek, J., Kałuża, M., & Niemiec, W. (2023). *AI-Accelerated Decision Making in Forest Management*. XXII Conference of PhD Students and Young Scientists, 1755-1315, Wrocław, Poland https://doi.org/10.1088/1755-1315/1189/1/012030

Causevic, A., Aljedaani, W., Menouer, T., Kumar, N., & Lybeck, E. (2024). Artificial Intelligence for Sustainability: Opportunities And Risks of Utilizing Earth Observation Technologies to Protect Forests. *Sustainability 1*, 2. https://doi.org/10.1007/s44353-024-00002-2

Chiarello, F., Oliveira Netto, S.B., Almeida, W.P., & Pezzopane, J.E.M. (2019). Artificial Neural Networks Applied in Forest Biometrics and Modeling: State of the Art. *Journal of Forest Engineering*, *30*(3), 223-234.

Copernicus EU. (2023). Sentinel-2: Forest Monitoring with Artificial Intelligence. Retrieved from: https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections/sentinel-data/sentinel-2. Access date: 11/11/2024.

Corona, C., Chirici, G., McRoberts, R.E., Winter, S., & Barbati, A. (2017). Precision Forestry: Riferimenti Concettuali, Strumenti e Prospettive Di Diffusione In Italia. *Forest@*, *14*(1), 1-21.

Crevier, D. (1993). *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*. USA: Basic Books.

Çelik, İ., Arslan, F., Tunç, R., & Yildiz, I. (2021). İlaç Keşfi ve Geliştirilmesinde Yapay Zekâ. *Ankara Universitesi Eczacilik Fakultesi Dergisi*, 17-17. https://doi.org/10.33483/jfpau.878041

Çiçekdemir, R., Bayrakçı, H., & Özkahraman, M. (2021). Tarım Arazilerinde Harcanan Su Miktarını Yapay Zekâ Teknikleri Kullanarak Belirlenmesi1. *Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, *9*(6), 237-250. https://doi.org/10.29130/dubited.1015690

Çivilibal, S., Çevik, K., & Bozkurt, A. (2023). Derin Öğrenme Yardımıyla Aktif Termogramlar Üzerinden Meme Lezyonlarının Sınıflandırması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, *18*(2), 140-156. https://doi.org/10.29233/sdufeffd.1141226

Çoşkun, F., & Gülleroğlu, H. (2021). Geçmişten Günümüze Yapay Zekanın Gelişimi ve Eğitim Alanında Kullanılması. *Ankara Universitesi Egitim Bilimleri Fakultesi Dergisi, 54*(3), 947-966. https://doi.org/10.30964/auebfd.916220

Dainelli, R., Toscano, P., Di Gennaro, S.F., & Matese, A. (2021). Recent Advances in Unmanned Aerial Vehicle Forest Remote Sensing—A Systematic Review. Part I: A General Framework. *Forests*, *12*(3), 327.

Damaševičius, R., Maskeliūnas, R., Paulikas, Š., Połap, D., & Woźniak, M. (2024). Digital Transformation of the Future of Forestry: An Exploration of Key Concepts In The Principles Behind Forest 4.0. *Frontiers in Forests and Global Change, 7*. https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1424327

de Lima Araújo, H.C., Polizel, J.L., Martins, F.R., da Silva Filho, D.F., & Cardil, A. (2021). Artificial Intelligence in Urban Forestry—A Systematic Review. *Urban Forestry and Urban Greening*, *64*, 127293.

Dey, B., Ahmed, R., Ferdous, J., Haque, M. M. U., Khatun, R., Hasan, F. E. & Uddin, S. N. (2023). Automated Plant Species Identification From The Stomata Images Using Deep Neural Network: A Study of Selected Mangrove and Freshwater Swamp Forest Tree Species of Bangladesh. *Ecological Informatics*, *75*, Article 102128. doi: https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102128

Diamantopoulou, M.J., Özçelik, R., & Yılmaz, E. (2023). Artificial Intelligence As an Alternative Modelling Strategy for Reliable Height-Diameter Predictions of Mixed-Oaks Species. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 47*(2), 228-241. https://doi.org/10.55730/1300-011x.3081

Diez, Y., Kentsch, S., Fukuda, M., Caceres, M.L.L., Moritake, K., & Cabezas, M. (2021). Deep Learning in Forestry Using UAV-Acquired RGB Data: A Practical Review. *Remote Sensing*, *13*(14), 2874.

Dost, S. (2023). Yapay Zekâ ve Uluslararası Hukukun Geleceği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *13*(2), 1271-1313. https://doi.org/10.52273/sduhfd.1375673

e Domingo, M., Ortigosa, N., Sevilla, J., & Roger, S. (2021). Cluster-Based Relocation of Stations for Efficient Forest Fire Management in the Province of Valencia (Spain). *Sensors*, *21*(3), 797.

Elbasi, E., Ozdemir, S., & Polat, K. (2023). Artificial Intelligence Technology in the Agricultural Sector: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, *11*, 12345-12367.

Erbaş, S. (2023). Reklamcılıkta ve Pazarlamada Yeni Aktör: Sosyal Robotlar. *Erciyes Akademi*, *37*(3), 919-942. https://doi.org/10.48070/erciyesakademi.1309995

Erdönmez, C. (2020). 50 Days in The Burning Forests: Forestry Lessons in the Observation Of Yaşar Kemal. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *22*(2), 614-632. https://doi.org/10.24011/barofd.744987

Erkutlu, H. (2023). Yapay Zekâ Ve Örgütsel Davranış. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sbe Dergisi*, *13*(3), 1403-1417. https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1246678

Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R.A., Ko, J., Swetter, S.M., Blau, H.M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-Level Classification of Skin Cancer with Deep Neural Networks. *Nature*, *542*(7639), 115-118.

Eugenio, F.C., Silva, K.G., Batista, J.L.F., Drescher, R., Péllico Netto, S., & Rex, F.E. (2020). Remotely Piloted Aircraft Systems and Forests: A Global State of the Art and Future Challenges. *Canadian Journal of Forest Research*, *50*(6), 705-716.

FAO. (2020). *The State of the World's Forests 2020*. Food and Agriculture Organization. Retrieved from: https://www.fao.org/state-of-forests/en/. Access date: 12/11/2024.

FAO. (2021). *The Role of Technology in Sustainable Forestry Management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from: https://www.fao.org/platforms/green-agriculture/areas-of-work/natural-resources-biodiversity-green-production/forestry/sustainable-forest-management/en. Access date: 24/11/2024.

Fardusi, M.J., Chianucci, F., & Barbati, A. (2017). Concept to Practice of Geospatial-Information Tools to Assist Forest Management and Planning under Precision Forestry Framework: a review. *Journal of Forest Science*, *63*(3), 108-116.

Fernandez, A., Garcia, D., & Lopez, R. (2019). Optimization of Forest Harvest Planning Using Genetic Algorithms. *Journal Of Forest Science*, *65*(7), 123-136.

Ferreira, J.F., Pereira, A.I., & Santos, L. (2023). Sensing and Artificial Perception for Robots in Precision Forestry: A Survey. *Robotics*, *12*(5), 139.

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., & Vayena, E. (2018). AI4People—An Ethical Framework for A Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, And Recommendations. *Minds And Machines*, *28*(4), 689-707.

Fransson, J., Rosengren, M., Thierfelder, T., Ulander, L.M.H., & Persson, H.J. (2023). *ForestMap: Mapping Forest Attributes Across the Globe - First Case Study*. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 3891-3894, Pasadena, USA.

Gairola, S.U., Kumar, M., Sharma, J., & Kumar, A. (2023). *Significance of artificial intelligence in forest land management and biodiversity conservation*. International Conference on Green Energy, Computing and Intelligent Technology (GEn-CITy 2023), Iskandar Puteri, Malaysia. https://doi.org/10.1049/icp.2023.1808

Galaz, V., Centeno, M.A., Callahan, P.W., Causevic, A., Patterson, T., Brass, I., & Baum, S. (2021). Artificial Intelligence, Systemic Risks, And Sustainability. *Technology and Society*, *68*, 101741.

Gandikota, D., Dutta, S., Mukherjee, A., & Das, P. (2022). AI Augmentation to Remote Sensing Imagery in Forestry Conservation and Restoration for Increased Responsive Capabilities. IEEE Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR), 1-16, DC, USA. https://doi.org/10.1109/AIPR57179.2022.10092215

Gaudreault, J., Forget, P., Frayret, J.M., Rousseau, A., & D'Amours, S. (2019). L'intelligence Artificielle Au Service De L'industrie Forestière. *Gestion*, *44*(4), 68-71.

Giannakidou, S., Koutroumpogiannis, N., Karachalios, S., Tsakanikas, P., & Sarimveis, H. (2024). Leveraging The Power of Internet of Things and Artificial Intelligence in Forest Fire Prevention, Detection, and Restoration: A Comprehensive Survey. *Internet of Things*, *25*, 101171. https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101171

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. USA: MIT Press.

Grazhdani, H., David, E., Spagnolo, O. V., Buemi, F., Perri, A., Orsogna, N., & Chimenz, R. (2018). Quality Assurance of Ultrasound Systems: Current Status and Review of Literature. *Journal of Ultrasound*, *21*(3), 173-182. https://doi.org/10.1007/s40477-018-0304-7

Güler, S. (2024). The Role of Artificial Intelligence and Remote Sensing Technologies in Forest Ecosystems and Their Importance in Determining Carbon Capture Potential. *Silva World, 3*(1). https://doi.org/10.61326/silvaworld.v3i1.248

Güzel, Ş., Dömbekci, H., & Eren, F. (2022). The Use of Artificial Intelligence in The Health Institutions: A Qualitative Research. *Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *9*(4), 509-519. https://doi.org/10.34087/cbusbed.1140122

Hamedianfar, A., Shafri, H.Z.M., Mansor, S., & Ahmad, N. (2022). Deep Learning for Forest Inventory and Planning: A Critical Review. *Forestry*, *95*(5), 599-619.

Hang, H.T., Ahmed, G.B., Magsi, H., Kumar, S., & Chakraborty, S. (2024). Exploring Forest Fire Susceptibility and Management Strategies in Western Himalaya: Integrating Ensemble Machine Learning and eXplainable AI for Accurate Prediction and Comprehensive Analysis. *Environmental Technology and Innovation, 25*. https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103655

Hasan, R., Khan, M.A., & Singh, V.K. (2024). AI-Driven Strategies for Reducing Deforestation. *The American Journal of Engineering and Technology, 6*(06), 6–20. https://doi.org/10.37547/tajet/volume06issue06-02

Hokans, R.H. (1984). An Artificial Intelligence Application to Timber Harvest Schedule Implementation. *Forest Science*, *30*(1), 183-191.

Holzinger, A., Malle, B., Saranti, A., & Pfeifer, B. (2024). From Industry 5.0 To Forestry 5.0: Bridging the Gap with Human-Centered Artificial Intelligence. *Current Forestry Reports, 10,* 442–455. https://doi.org/10.1007/s40725-024-00231-7

Hsieh, Y.C., Lin, Y.C., & Yang, K.C. (2021). Solving Forest Harvesting Problem with Artificial Intelligence Approaches: An Example in Taiwan. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 40*(4), 7763-7774. 10.3233/JIFS-189597

Huang, J., Wang, X., & Li, Y. (2012). *Forest Growth Simulation Based on Artificial Neural Network*. In: Qian, Z., Cao, L., Su, W., Wang, T., Yang, H. (eds) Recent Advances in Computer Science and Information Engineering. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 124. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25781-0_96

Imada, A. (2014). A Literature Review: Forest Management with Neural Network and Artificial Intelligence. In *Neural Information Processing*, 23-34, Brest, Belarus.

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved from https://ipcc.ch

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R.P., & Suman, R. (2022). Understanding the Potential Applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. *Advanced Agrochem*, *2*(1), 1-15.

Jha, R. K., & Saxena, S. (2020). Contribution Of Artificial Intelligence in Forest Management & Regulation: A Critical Analysis. *Hpnlu Journal of Environment and Disaster Management*, *1*, 112-121. https://www.hpnlu.ac.in/PDF/b6e18aae-fb82-4c63-b75f-e8cd7851a8cb.pdf

Jing, W., Xie, Y., Lei, X., Wang, W., & Liu, G. (2023). Editorial: Big Data and Artificial Intelligence Technologies for Smart Forestry. *Frontiers in Plant Science, 14*. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1149740

Jones, E.W., Hiley, W.E., & Fraser, A.I. (1955). Planning and Control in the Managed Forest. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, *28*(1), 13-24.

Jones, M., Taylor, J., & White, A. (2020). Machine Learning for Wildfire Risk Analysis: Case Study in California. *Fire Ecology Journal*, *16*(3), 45-59.

Jordan, M.I., & Mitchell, T.M. (2015). Machine Learning: Trends, Perspectives, And Prospects. *Science*, *349*(6245), 255-260.

Kanga, S. (2023). Advancements in Remote Sensing Tools for Forestry Analysis. *Sustainable Forestry*, *42*(1), 1-18.

Kays, R., Lasky, M., Allen, M.L., & Dowler, R.C. (2022). Which Mammals Can be Identified from Camera Traps and Crowdsourced Photographs? *Journal of Mammalogy*, *103*(4), 767-775.

Kinaneva, D., Hristov, G., Raychev, J., & Zahariev, P. (2019). *Early Forest Fire Detection Using Drones and Artificial Intelligence.* ICT Conference Proceedings, *1*, 171-176, Opatija, Croatia.

Kothai, G., Devaraj, S., & Muthukumar, V. (2024). *AI-Driven Powered Solution Selection*. In T. Nguyen & N. Vo (Eds.), Using Traditional Design Methods to Enhance AI-Driven Decision Making, 134-165. IGI Global Scientific Publishing. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0639-0.ch006

Kourtz, P. (1990). Artificial Intelligence: A New Tool for Forest Management. *Canadian Journal of Forest Research*, *20*(4), 428-437.

Kumar, M.A., Sriram, V., & Reddy, B.S. (2023). *EcoGuard: Uniting IoT and AI to Secure Forests and Combat Climate Change in Real-Time*. 4th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC), 480-487, Trichy, India. 10.1109/icosec58147.2023.10276080

Kumar, S., Patel, R., & Singh, V. (2022). Deep Learning Approaches for Forest Mapping: Challenges and Opportunities. *Environmental Informatics*, *28*(4), 211-230.

Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep Learning. *Nature*, *521*(7553), 436-444.

Li, Y., Wang, Q., Liu, C., Tang, Z., and Wu, F. (2024). Deep Learning-Based Geological Map Generation Using Geological Routes. *Remote Sensing of Environment*, *309*, 114214.

Liu, J., & Wang, H. (2022). Big Data and AI In Forest Climate Resilience Planning. *Nature Climate Change*, *12*(1), 34-47.

Liu, S.Y. (2020). Artificial Intelligence (AI) in Agriculture. *IT Professional Magazine*, *22*(3), 41-45.

Lopez Serrano, F.R., Rubio, E., Garcia Morote, F.A., & Andrés, M. (2022). Artificial Intelligence-Based Software (AID-FOREST) For Tree Detection: A New Framework for Fast And Accurate Forest Inventorying Using Lidar Point Clouds. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *113*, 103014.

Lozinska, T., Ivantsiv, V., Khomiak, I., & Zelenko, S. (2024). Research of New Technologies and Innovations in The Field of Forestry. *Agrobìologìâ, 1*. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-187-1-268-276

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L.B. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI In Education*. USA: Pearson Education.

Luo, F., Zhang, C., & Xu, X. (2023). *Artificial Intelligence for Climate Smart Forestry: A Forward Looking Vision*. COGMI Conference, 1-10, Atlanta, GA, USA. https://doi.org/10.1109/cogmi58952.2023.00011

Malo, P., Tahvonen, O., Suominen, A., Back, P., & Viitasaari, L. (2021). Reinforcement Learning in Optimizing Forest Management. *Canadian Journal of Forest Research*, *51*(10), 1393-1409.

Marvasti-Zadeh, S.M., Goodsman, D., Ray, N., & Erbilgin, N. (2023). Crown-CAM: Interpretable Visual Explanations for Tree Crown Detection in Aerial Images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, *20*, 1-5, 8500205.

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI magazine,* 27(4), 12-12.

Miguel, E.P., Rezende, A.V., Leal, F.A., & Matricardi, E.A.T. (2016). Artificial Intelligence Tools in Predicting the Volume of Trees within A Forest Stand. *African Journal of Agricultural Research, 11*(21), pp. 1914-1923. 10.5897/AJAR2016.11015

Molinaro, M., Orzes, G., Sarkis, J., & Belussi, F. (2022). From Forest to Finished Products: The Contribution of Industry 4.0 Technologies to The Wood Sector. *Computers in Industry*, *134*, 103558.

Montaño, R., Cruz, R., & Meza, H. (2017). Artificial Intelligence Models to Estimate Biomass of Tropical Forest Trees. *POLIBITS*, *55*, 29-37.

Moreno Arteaga, A.J., Zamudio Sánchez, F.J., & González Guillén, M.J. (2019). Espacialidad Volumétrica de Madera En Plantaciones Forestales Usando Redes Neurales Artificiales Con Imágenes de Satélite. *Acta Agronómica, 68, 142-150*. 10.15446/ACAG.V68N2.78945

Muhammad, A., Sharma, R., & Hasan, K. (2021). Role of Machine Learning Algorithms in Forest Fire Management: A Literature Review. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 9425-9431, Xi'an, China.

Natesan, S., Malayeri, A.A., & Jafari, A. (2019). Resnet-Based Tree Species Classification Using UAV Images. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *XLII-2/W13*, 475-481.

Nguyen, Q., & Tran, D. (2023). AI-Driven Solutions for Biodiversity Monitoring. *Ecological Informatics*, *74*, 101833.

Niță, M.D. (2021). Testing Forestry Digital Twinning Workflow Based on Mobile LiDAR Scanner and AI Platform. *Forests, 12*(11), 1576. https://doi.org/10.3390/F12111576

Nitoslawski, S.A., Wong-Stevens, K., Steenberg, J.W., Witherspoon, K., Nesbitt, L., & Konijnendijk van den Bosch, C. (2021). The Digital Forest: Mapping a Decade of Knowledge on Technological Applications for Forest Ecosystems. *Earth's Future*, *9*(8), e2021EF002123.

Nunes, M., Görgens, E.B., Rodriguez, L.C.E., Alves, A.C., & Tomé, M. (2016). Artificial Intelligence Procedures for Tree Taper Estimation within a Complex Vegetation Mosaic in Brazil. *PLoS ONE*, *11*(5), e0154738.

Nystad, M., Strand, G.H., & Gjertsen, A.K. (2020). Artificial Intelligence in the Pulp and Paper Industry: Current State and Future Trends. *Journal of Science and Technology for Forest Products and Processes*, *8*(4), 42-53.

Oliveira, L.F.P., Moreira, A.P.G.M., & Silva, M.F. (2021). Advances in Forest Robotics: A State-of-the-Art Survey. *Robotics*, *10*(2), 53.

Osorio, C., Fuster, N., Chen, W., Men, Y., & Manotas, M. (2024). Enhancing Accessibility to Analytics Courses in Higher Education through AI, Simulation, and e-Collaborative Tools. *Information*, *15*(8), 430.

Peng, C., & Wen, X. (1999). Recent Applications of Artificial Neural Networks in Forest Resource Management: An Overview. *Environmental Management*, *23*(4), 111-122.

Pettorru, G., Masala, G.L., Grosso, E., Fenu, G., & Pau, P.L. (2023). *Using Artificial Intelligence and IoT Solution for Forest Fire Prevention*. International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), 414-418, Honolulu, HI, USA. 10.1109/ICNC57223.2023.10074289

Picchio, R., Venanzi, R., Latterini, F., Marchi, E., Laschi, A., & Lo Monaco, A. (2019). Recent Contributions of Some Fields of the Electronics in Development of Forest Operations Technologies. *Croatian Journal of Forest Engineering*, *40*(2), 259-275.

Pinto, J., Simões, R., & Marques da Silva, J. (2023). Artificial Intelligence Tools and Vegetation Indices Combined to Estimate Aboveground Biomass in Tropical Forests. *Journal of Applied Remote Sensing, 17*(2). https://doi.org/10.1117/1.JRS.17.024512

Qin, Q. (2022). *Hotspots and trends of higher education quality assurance research*. 3rd International Conference on Modern Education and Information Management (ICMEIM 2022), 4-9, Chengdu, China. 10.2991/978-94-6463-044-2_2

Radzi, F.N.A.M., Ahmad, N., & Hamid, S. (2024). *A Concise Review of Artificial Intelligence Methods for Forest-Fire Monitoring Systems*. IEEE 15th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), pp. 1-5, Shah Alam, Malaysia. 10.1109/ICSGRC62081.2024.10691280

Raihan, A. (2023). Artificial intelligence and machine learning applications in forest management and biodiversity conservation. *Natural Resources Conservation and Research, 6*(2), 3825. https://doi.org/10.24294/nrcr.v6i2.3825

Ramos, A. (2024). Importancia de la Inteligencia Artificial en la Evaluación de la Biomasa Forestal en el Perú. *Revista Forestal del Perú, 39*(1), 11-21. https://doi.org/10.21704/rfp.v39i1.2065

Rasagna Devi, K.L.S., Srinivas, K., & Venkata Rao, K. (2024). *Forest Fire Prediction and Management using AI, ML and Deep Learning Techniques*, IEEE Conference, 324-327, Coimbatore, India. 10.1109/ICISC62624.2024.00062.

Roßmann, J., Schluse, M., Schlette, C., & Waspe, R. (2009). *The virtual forest: Robotics and simulation technology as the basis for new approaches to the biological and the technical production in the forest*. IFAC Proceedings Volumes, 42(3), 44-49, Istanbul, Turkey.

Rudin, C. (2019). Stop Explaining Black Box Machine Learning Models for High Stakes Decisions and Use Interpretable Models Instead. *Nature Machine Intelligence*, *1*(5), 206-215.

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. USA: Pearson Education.

Sakr, G.E., Elhajj, I.H., Mitri, G., & Wejinya, U.C. (2010). *Artificial intelligence for forest fire prediction*. IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 1311-1316, Montreal, Canada.

Sandino, J., Pegg, G., Gonzalez, F., & Smith, G. (2018). Aerial Mapping of Forests Affected by Pathogens Using UAVs, Hyperspectral Sensors, and Artificial Intelligence. *Sensors*, *18*(4), 944.

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Danvers: Crown Business.

Senthilkumar N., Veerasamy, S., & Ramasamy, V. (2023). Machine Learning Approaches for Pest and Insect Management in Forest Scenario: An Outlook. *Uttar Pradesh Journal of Zoology, 44*(23), 312-316. https://doi.org/10.56557/upjoz/2023/v44i233793

Shafik, W. (2024). *Artificial Intelligence Models to Prevent Forest Fires.* In M. Ouaissa, M. Ouaissa, Z. Boulouard, C. Iwendi, & M. Krichen (Eds.), AI and IoT for Proactive Disaster Management (pp. 78-106). IGI Global Scientific Publishing. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3896-4.ch005

Shedrawi, G., Magron, F., Vigga, B., Bosserelle, P., & Moore, B. (2024). Leveraging Deep Learning and Computer Vision Technologies To Enhance Management of Coastal Fisheries in the Pacific Region. *Scientific Reports*, *14*(1), 20915.

Shivaprakash, K.N., Thammaiah, C.K., & Kumar, D. (2022). Potential For Artificial Intelligence (AI) And Machine Learning (ML) Applications in Biodiversity Conservation, Managing Forests, And Related Services in India. *Sustainability*, *14*(12), 7154.

Smith, R. (2021). Leveraging AI For Carbon Sequestration Analysis. *Sustainability Journal*, *13*(8), 4290.

Smith, T., & Zhang, Y. (2021). Early Detection of Tree Diseases Using UAV and Deep Learning. *Remote Sensing Applications*, *15*(6), 78-93.

Somwong, B., Kumphet, K., & Massagram, W. (2023). *Acoustic Monitoring System with AI Threat Detection System for Forest Protection*. *20th International Joint Conference*

on Computer Science and Software Engineering (JCSSE), Phitsanulok, Thailand, 253-257. 10.1109/JCSSE58229.2023.10202043

Sotomayor, J.F.M. (2024). Inteligencia Artificial en el Manejo Forestal: Una Revisión Sistemática Basada en el Marco Metodológico SALSA. *Revista Forestal*, *3*(1). https://doi.org/10.62465/riif.v3n1.2024.79

Stuart, N.A., Hartfield, G., Schultz, D.M., & Wilson, K. (2022). The Evolving Role of Humans in Weather Prediction and Communication. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *103*(8), E1720-E1746.

Suryavanshi, A., Kumar, S., & Singh, R. (2024). *Empowering Forestry Conservation with AI: Severity Classification of Sequoia Canker Using Siamese CNNs*. 2024 International Conference on Electronics, Computing, Communication and Control Technology (ICECCC), 1-5, Bengaluru, India. 10.1109/iceccc61767.2024.10593892

Şener, E., & Şen, G. (2022). Dentomaksillofasiyal Radyolojide Yapay Zeka Uygulamalarinin Rolü: Bölüm 1. *Selcuk Dental Journal*, *9*(2), 713-720. https://doi.org/10.15311/selcukdentj.853884

Tabier, E. (2023). Okul Öncesi Eğitimde Müze Eğitim Ortamları ve Yapay Zekâ Uygulamaları. *Journal Of Social Humanities and Administrative Sciences*, *65*(65), 3082-3088. 10.29228/joshas.70500

Talbot, B., Astrup, R., Rahlf, J., & Stampfer, K. (2017). Applications of Remote and Proximal Sensing for Improved Precision in Forest Operations. *Croatian Journal of Forest Engineering*, *38*(2), 327-336.

Tang, L., Shao, J., Pang, S., Wang, Y., & Liu, D. (2024). Bolstering Performance Evaluation of Image Segmentation Models with Efficacy Metrics in the Absence of a Gold Standard. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *62*, 5408012.

Taylor, R., Davis, S., & Brandt, J. (2020). The Rise of Big Data And Supporting Technologies in Keeping Watch on the World's Forests. *Forest Policy and Economics*, *121*, 102094.

Toming, K., Liu, H., Soomets, T., & Uuemaa, E. (2024). Estimation of the Biogeochemical and Physical Properties of Lakes Based on Remote Sensing and Artificial Intelligence Applications. *Remote Sensing*, *16*(3), 464.

Turing, A.M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, *59*(236), 433-460.

Vasiliev, D.V., Chernykh, V.L., and Popova, O.V. (2022). *Novel applications of GIS and artificial intelligence in forest restoration*. SGEM Conference Proceedings, Vienna, Austria. https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s14.45

Venanzi, R., Picchio, R., & Spinelli, R. (2023). Recent Applications of Smart Technologies for Monitoring the Sustainability of Forest Operations. *Forests*, *14*(4), 737.

Venter, E. R. & Eck, L. v. (2020). Research on Extended External Reporting Assurance: Trends, Themes, and Opportunities. *Journal of International Financial Management &Amp; Accounting*, *32*(1), 63-103. 10.1111/jifm.12125

Vieira, G.C., de Mendonça, A.R., da Silva, G.F., & Zanetti, S.S. (2018). Prognoses of Diameter and Height of Trees Using Artificial Intelligence. *Science of the Total Environment*, *645*, 1086-1093.

Xu, J., & Li, H. (2022). Using Machine Learning to Predict Forest Fire Risks. *Environmental Monitoring and Assessment*, *194*(2), 89-102.

Xu, L., Yu, H., Qin, H., & Chai, Y. (2024). Digital Twin for Aquaponics Factory: Analysis, Opportunities, and Research Challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *20*(4), 5060-5073.

Yilmaz, Y., Yılmaz, D., Yıldırım, D., Korhan, E., & Kaya, D. (2021). Yapay Zeka ve Sağlıkta Yapay Zekanın Kullanımına Yönelik Sağlık Bilimleri Fakültesi Öğrencilerinin Görüşleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, *12*(3), 297-308. 10.22312/sdusbed.950372

Zhang, Y., & Wang, X. (2023). Artificial Intelligence in Forest Management: Opportunities and Challenges. *Journal Of Forest Science*, *69*(4), 345-360.

Zitouni, L., Belaidi, H., & Bekadja, E. (2024). *The Impact of Artificial Intelligence in Predicting Forest Fires Using Spatio-Temporal Data Mining*. IEEE International Conference on Advanced Systems and Emergent Technologies (IC_ASET), 1-6, Hammamet, Tunisia. 10.1109/ic_aset61847.2024.10596239

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 335-357
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1633765

Bursa ili Sağlıklı Kentler Birliği Belediyelerindeki Yönetim Birimlerinin Birlik Faaliyetleri ile ilgili Farkındalığının Değerlendirilmesi *

Evaluation of the Awareness of the Management Units in Bursa Province Healthy Cities Union Municipalities regarding the Union Activities

Emine CAN[1], Osman UZUN[2]

Özet

Sosyal ve ekonomik bakımdan eşitsizliklerin görüldüğü kentlerde sınırlı olan kaynaklara herkesin erişilebilirliği kent planlamalarının önemini vurgulamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından başlatılmış olan Sağlıklı Kent hareketi; sağlığı amaç edinmiş, huzurlu, yaşanabilir kent olmak için gerekli yapısal değişiklikleri ve ilerleyişi sürdürmeyi hedeflemektedir. 1948'de Dünya Sağlık Merkezi, sağlığı'' tamamen fiziksel, zihinsel ve sosyal refah durumu'' olarak tanımlamıştır. Çalışmalar ülkemizde 1993'te başlamıştır. Sağlıklı Kentler Birliği, Türkiye'de sağlıklı kent yaklaşımının gelişmesini, benimsenmesini, uygulanmasını ve uzun vadede sürdürülebilirliğini desteklemek hedefiyle kurulmuş mahalli idare birliğidir. Birlik, 22 Aralık 2004 tarihinde Resmî Gazete 'de yayımlanarak yasal statü kazanmıştır. Çalışma alanı olan Bursa İli özelinde birlik üyesi belediyelerin çalışmaları, Sağlıklı Kentler Birliğinin bu çalışmalarda ne kadar yer aldığı, birbirlerine sağladıkları katkı, belediyede yönetici pozisyonunda çalışanların Sağlıklı Kentler hakkındaki bilgi, görüş ve fikirleri, birlik etkinlikleri, üye kent örnekleri incelenmiş olup, sürdürülebilirlik çerçevesinde yapılmış uygulamalar ve çalışmaların ne derecede algılandığı yorumlanmıştır. Bu analizler için, çalışma alanı olan Bursa'da birlik üyesi belediyelerin birim müdürlükleri ile 102 adet anket çalışması yapılmıştır. Anket verilerine göre üye belediyelerin sürdürülebilirlik ve sağlıklı şehir değerlendirmeleri, buna ilaveten birlik faaliyetleri ile ilgili farkındalığın değerlendirilmesi yapılarak bazı öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bursa, Sürdürülebilir kentler, Sağlıklı şehir ve sağlıklı peyzaj.

Abstract

In cities where social and economic inequalities are seen, the accessibility of limited resources for everyone emphasizes the importance of urban planning. The Healthy City movement, initiated by the World Health Organization, aims to continue the structural changes and progress necessary to become a healthy, peaceful, livable city. In 1948, the World Health Center defined health as "a state of complete physical, mental and social well-being." Studies started in our country in 1993. Healthy Cities Association is a local government association established with the aim of supporting the development, adoption, implementation and long-term sustainability of the healthy city approach in Türkiye. The Union gained legal status by being published in the Official Gazette on 22 December 2004. In the study area of Bursa Province, the work of the member municipalities of the union, the extent to which the Healthy Cities Union is involved in these works, the contributions they provide to each other, the knowledge, views and ideas of those working in managerial positions in the municipality about Healthy Cities, union activities, member city examples were examined and the extent to which the practices and works carried out within the framework of sustainability were perceived was interpreted. For these analyses, 102 surveys were conducted with the unit directorates of the union member municipalities in the study area of Bursa. According to the survey data, sustainability and healthy city evaluations of member municipalities, as well as evaluation of awareness about union activities, were made and some suggestions were made.

Keywords: Bursa, Sustainable cities, Healthy city and healthy landscape.

Geliş Tarihi: 05.02.2025, Düzeltme Tarihi: 11.02.2025, Kabul Tarihi: 27.05.2025
Adres: [1]Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Düzce
[2] Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Düzce,
E-mail: osmanuzun@duzce.edu.tr
* Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda ''Sağlıklı Kentler ve Yerel Yönetim İlişkisi: Bursa Büyükşehir Örneği'' isimli yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

1. Giriş

Günümüz dünyasında insan nüfusunun yarısından fazlası şehirlerde yaşamaktadır. Eğitim olanakları, iş fırsatları, teknoloji, sosyal yaşam gibi birçok sebepten dolayı kırsaldan kente göç olmaktadır. Kentlerde artan nüfusa paralel çevre sorunları da artmaktadır. Barınma ihtiyacı sonucu konut sayısındaki artış, çarpık kentleşme, alt yapı ve kanalizasyon sorunu, ulaşım, hızlı sanayileşme, kişi başına hesaplanan yeşil alanın azalması, gürültü kirliliği, atık yönetimi, gibi sorunlar kenti yaşanması zor hale getirmiştir. Kaynakların korunarak çevreye yapılan baskıların en aza indirgenmesi için oluşturulan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu Sürdürülebilirlik kavramını ortaya çıkarmıştır. Sürdürülebilirlik, doğal ve kültürel kaynakları en verimli şekilde kullanarak devamlılığın sağlanmasıdır. Kentlerin sürdürülebilirliğinde akıllı kent, eko kent, dirençli kent, sakin kent, yaşanabilir şehir, yavaş şehir, sağlıklı kent gibi kavramlar sürdürülebilir şehirler oluşumuna katkı sağlamaktadır (Okçu ve Kaya, 2008).

Kentlerin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında ve birbirleriyle olan ilişkilerinin geliştirilmesinde yerel yönetim birlikleri de önemli bir rol oynamaktadır. Mahalli idare birlikleri, yerel yönetim birliklerinin ihtiyaçları neticesinde oluşmuştur. Mahalli hizmetlerin sunumunda önemli rolü olan, yerel yönetim niteliğinde kamu tüzel kişileridir. Mahalli idareler birliklerinin; kentsel kaynakların korunması, eşitsizliklerin ortadan kaldırılması ve yönetimlerin kent insanının mutluluğu için ihtiyaçlarına cevap verebilmesi bakımından önemli olduğu bilinmektedir.

Ülkemizde ulusal ve uluslararası düzeyde bir araya gelmiş birlikler bulunmaktadır. Zorunlu birlikler, Ülke düzeyinde birlikler, Üye sayısı yüzün üstünde olan birlikler, köylere hizmet götürme birlikleri, çevre ve alt yapı birlikleri, turizm alt yapı birlikleri, diğer birlikler ulusal düzeydeki birliklerdir. Uluslararası düzeyde, Türk Dünyası Belediyeler Birliği, Avrupa Belediyeler Birliği, Tarihi Kentler Birliği, İslam Başkentleri Örgütü, Güneydoğu Avrupa Yerel Yönetim Birlikleri, Birleşmiş Kentler Örgütü, Birleşmiş Kentler ve Yerel Yönetimler-Ortadoğu ve Batı Asya Teşkilatı, Afrika Birliği, Karadeniz Ekonomik İş Birliği Teşkilatı, Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Teşkilatı, Türk Dili Konuşan Ülkeler İş birliği Konseyi, Avrupa Kentler Birliği sayılabilir.

Yerel yönetim birlikleri, yerel yönetimlerin kendilerine verilen zorunlu ya da ihtiyari görevlerin bazılarını ortaklaşa yürütmek üzere diğer yerel yönetim birlikleri ile oluşturdukları ortak idarelerdir. Yerel hizmetlerin sunumunda alternatif bir kurum olan yerel yönetim birlikleri, çeşitli iş birlikleri yapmak üzere amaçları ve işlevlerine göre kendi

ülkelerinin hukuk sistemleri çerçevesinde örgütlenmektedirler (Koçak, 2019). Bu birliklerden bir tanesi "Sağlıklı kentler birliği" dir.

1987 yılında Dünya Sağlık Örgütü ((DSÖ), 7 Nisan 1948 tarihinde, Birleşmiş Milletler (BM) tarafından kurulan) önderliği ile başlatılan sağlıklı şehirler projesi, kentte barınan ve çalışan insanların ruhsal, fiziksel, sosyal ve kültürel huzurunu artırmayı ve yerel yönetimlerin gündemlerinde sağlığı konu edinmeyi amaçlayan küresel bir hareket olarak başlatılmış projedir. Ülkemizde DSÖ sağlıklı şehirler projesinin ilk üyesi Bursa büyükşehir belediyesi olup birliğin kurulmasına öncülük etmiş ve başka belediyelere örnek teşkil edecek çalışmalarda bulunmuştur (Okçu ve Kaya, 2008). Sağlıklı kentlerin ülkemizde kabul görmesi, gelişmesi ve hayata geçirilmesi hedefiyle, 2 Aralık 2004 tarihli ve 2004/8226 sayılı Bakanlar kurulu kararı doğrultusunda, 5355 sayılı Mahalli idare birlikleri kanunu kapsamında sağlıklı kentler birliği kurulmuştur. Birlik, Bursa, Yalova, Ürgüp, Tepebaşı, Kadıköy, Van, Ordu, Afyonkarahisar, Çankaya ve Kırıkkale belediyelerinin öncülüğünde oluşturulmuş ve 22 Aralık 2004 tarihli Resmî Gazete 'de yayımlanarak resmen yürürlüğe girmiştir. 3 Şubat 2005 tarihinde Sağlıklı Kentler Birliği'nin Kuruluşu gerçekleştirilmiştir.

Sağlıklı kentler birliğinin amacı, sağlıklı kentleri ve aday kentleri bir araya getirmek, Kentlerde sürdürülebilir gelişme, yönetim ve sosyal destek yaratmak, kent içi ve kentler arası eşitsizlikleri azaltmak, kentlerdeki yaşam alanlarının en iyi seviyeye ulaştırılması ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda herkes için kaliteli bir yaşam sunmak, sağlıklı kentler yaratmak ve yaşatmaktır. Kentlerin birliğe üye olabilmeleri için, sağlığı geliştirme hedefi doğrultusunda Kent sağlık profili ile kent sağlık veya sağlık geliştirme planı hazırlamaları beklenmektedir. Kent sağlık profili, bir kentte yaşayanların sağlığını ve sağlığı etkileyen her türlü nitel ve nicel etkenleri ifade etmektedir. Şehrin sağlık sorunlarını belirler, bu sorunların çözümü için öneriler sunmaktadır. Şehir sağlığı hakkında yerel yöneticilere, halka, politikacılara ve karar vericilere bilgi vermek için kaynak oluşturmaktadır. Ayrıca yerel halkın kent sağlığı ile fikir ve görüşlerini kapsamaktadır. Kentte yaşayanların sağlığını geliştirme amacı ile hazırlanmaktadır. Her kentin şehir sağlık profili farklıdır çünkü her şehrin sorunları farklıdır. Nüfus ve yaşam istatistikleri bu profilin yapısını oluşturmaktadır. Sağlık geliştirme planı, kentteki sağlığı geliştirmeye yönelik sosyal hizmetler, sağlık, ulaşım, eğitim, çevre, güvenlik, barınma gibi sağlığı etkileyen konularda plan dönemini kapsayacak boyutta olmalıdır.

Ülkemizde 2024 yılı itibarı ile birliğe üye toplam 151 kent bulunmaktadır. Bursa ili üye sayısı Yıldırım Belediyesinin birliğe üyeliği ile 6 olmuştur (Sağlıklı Kentler Birliği, 2025).

Bu çalışmanın amacı Bursa ilinde sağlıklı kentler birliğine üye belediyelerle ilgili olarak, Sağlıklı Kentler Birliği ilkelerinin, sağlıklı kentlerin niteliklerinin, sağlıklı kentlerin insan yaşamına olan etkilerinin, sağlıklı kentler birliğinin yararlarının, sağlıklı kentler birliğinin misyon, vizyon ve amaçlarının ve hedeflerinin, sağlıklı kentler birliği konusundaki faaliyetlerin hangi platformlardan takip edileceğinin, belediyenin hangi faaliyetler üzerinde yoğunlaşması gerektiğini ve bu kriterlerin uygulanması anlayışının değerlendirilmesi ve yorumlanmasıdır. Çalışma Yıldırım belediyesinin üyeliğinden önce gerçekleştirildiği için 5 belediye üzerinden yürütülmüştür.

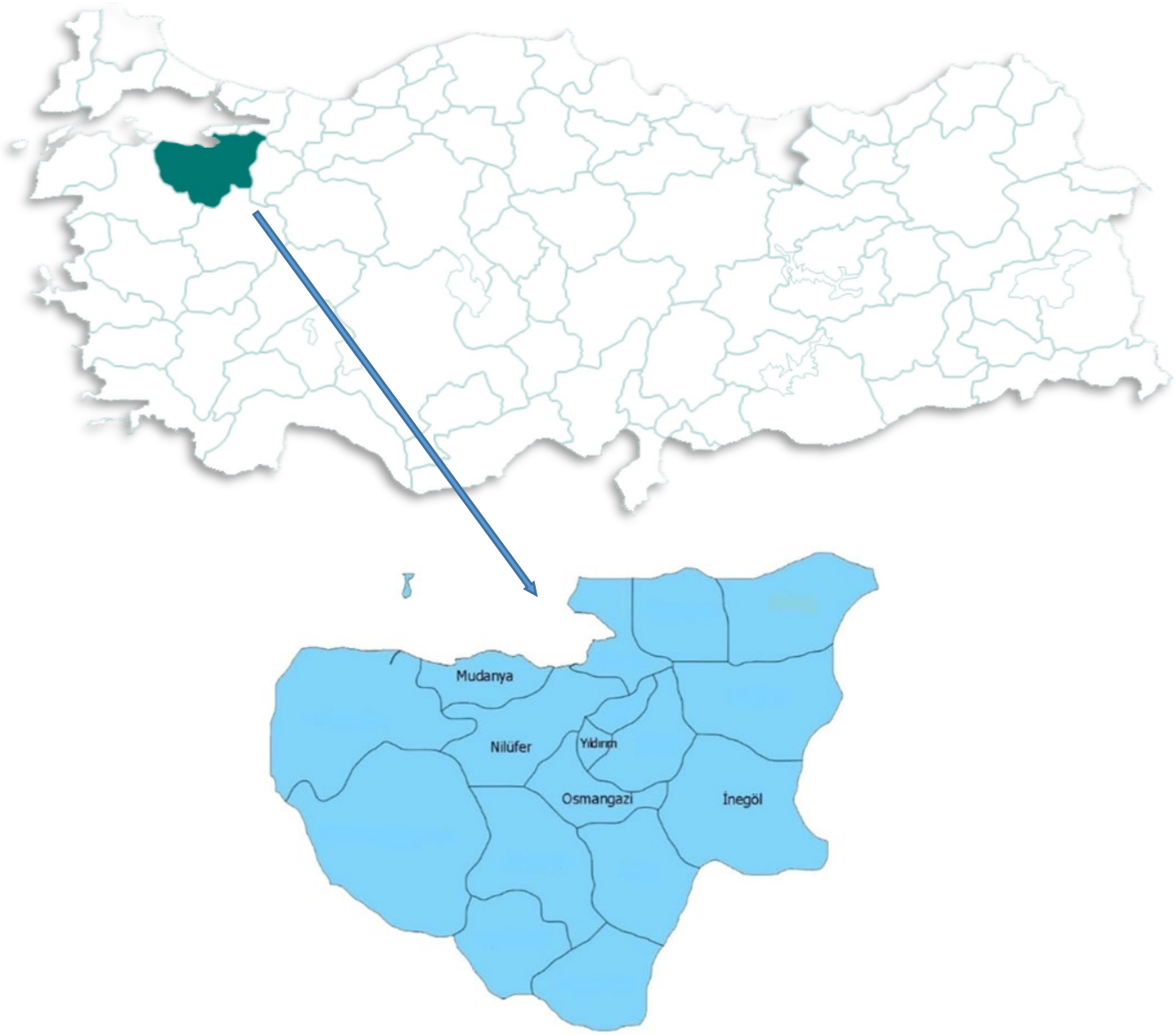
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Marmara Bölgesi Güney Marmara kısmında, 40° batı boylam ve 29° kuzey enlem daireleri arasında bulunan Bursa ülkenin en büyük dördüncü şehri olup, nüfusu 2020 verilerine göre 3.101.833 olarak belirtilmiştir. Marmara Bölgesinin en kalabalık 2. Kentidir. 2016 Dünya yaşanabilir kentler arasında yapılan sıralamada dünyada 28, Türkiye'de 1. Sırada bulunmaktadır. Çalışma alanı olan Bursa ve ilçe konumları harita 2.1'de verilmektedir.

2.1.1. Çalışma alanı

Araştırmanın temel materyali, Bursa il kapsamında sağlıklı kentler üyesi belediyeler İnegöl Belediyesi, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Nilüfer Belediyesi, Mudanya Belediyesi ve Osmangazi Belediyesi çalışma alanını oluşturmaktadır. Anket sorularının hazırlanması ve değerlendirmelerde Bursa'da birlik üyesi belediye web sayfalarından, belediyelerin stratejik planları ve faaliyet raporlarından, akademik çalışmalardan, sağlıklı kentler birliği internet sayfasından, birlik stratejik planları, faaliyet raporlarından benzer konularda, daha önce yapılmış araştırmalarda kullanılan soru ve bilgi formlarından, yararlanılmıştır. Çalışma alanı olan Bursa ve ilçe konumları harita 2.1.'de verilmektedir.



Harita 2.1. Bursa ve üye ilçelerin konumlarını gösteren harita (Sağlıklı kentler birliği üye belediyeler sayfasından alınmıştır).

2.2. Yöntem

Bu araştırmada, Bursa ili genelinde Sağlıklı kentler birliği üyesi belediyelerin, idari personelinin birlikle ilişkilerinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Yöntem birbirini takip eden 3 aşamadan oluşmaktadır. Uygulanacak anket soruları yapılan literatür taraması sonucu ve 5 ‘li likert ölçeğine göre hazırlanmıştır ve verilen aşamalara göre değerlendirmeler yapılmıştır.

1. Aşama, anket formlarının hazırlanması ve tasarımıdır: Sağlıklı kent planlama modeline yönelik yapılmış çalışmalar, Kent sağlığı geliştirme politikaları, kentlerde sürdürülebilirliğin sağlanması hedefi ile ilgili çalışmalar, sağlıklı şehir ve sağlıklı peyzaj

planlama ile ilgili çalışmalar, mahalli idare birlikleri ile ilgili çalışmaları, Bursa ili sağlıklı kentler birliğinin (SKB) çalışmaları, dünyada ve ülkemizde sağlıklı kentler birliği ile ilgili örneklerin incelenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Sağlıklı kentler birliğine bağlı İnegöl Belediyesi, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Nilüfer Belediyesi, Mudanya Belediyesi ve Osmangazi Belediyesinin alt kadrolarında çalışmakta olan ve her bir belediyedeki daire başkanlıkları veya şube müdürlüğündeki görevli 179 kişiye birebir anket uygulanılması hedeflenmiştir. Bu değerlendirmelerin yapılması için çalışmada uygulanacak anket 5'li likert ölçeği ile hazırlanmıştır. Anket 96 sorudan oluşmaktadır. Araştırmada kullanılan bu anket ile Bursa'da birlik üyesi belediye müdürlüklerinin sağlıklı kentler konusundaki eğilimlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. İlk 12 soru ankete katılanların genel profilini belirlemeye yönelik sorulardan oluşmaktadır. Ankettin ikinci bölümünde, sağlıklı kentler birliği ilkelerinin ilgili belediye için değerlendirilmesi, sağlıklı kentlerin niteliklerinin ilgili belediye için değerlendirilmesi, sağlıklı kentlerin insan yaşamına olan etkilerine ilişkin ifadelerin değerlendirilmesi, sağlıklı kentler birliğinin yararlarının değerlendirilmesi, sağlıklı kentler birliğinin misyon, vizyon ve amaçlarının ve hedeflerinin değerlendirilmesi, sağlıklı kentler birliği konusundaki faaliyetlerin hangi platformlardan takip edileceği konusunun değerlendirilmesi, belediyenin hangi faaliyetler üzerinde yoğunlaşması gerektiğinin değerlendirilmesi olarak 7 başlık üzerinde durulmuştur.

2. Aşama, anketin uygulanmasıdır: ilçelerin birbirine uzak olması ve bir ilçeye gidildiğinde ilgili şube müdürlerine erişim sağlanamadığı için, her ilçe ve müdürlüğe en az 3 sefer gidilmiştir. Anket çalışması mesai saatleri içinde, yüz yüze görüşmeye dayalı, belediyenin idari birimlerinde sorumlu müdür veya müdür yardımcıları ile ilgili birimde gerçekleştirilmiştir. Anketlerin yapılmasında pandemi dönemine denk gelindiği için (2021 Mart-Nisan) 5 belediyede hedeflenen toplam 179 kişiden oluşan idari yöneticilerden 102 kişiye anket uygulanmıştır. Çalışmaya; Bursa Büyükşehir Belediyesi'nden 47 kişi (%46), Osmangazi Belediyesi'nden 13 kişi (%13), Nilüfer Belediyesi'nden 15 kişi (%15), Mudanya Belediyesi'nden 16 kişi (%15), İnegöl Belediyesi'nden 11 kişi (%11) katılım sağlamıştır.

3. 3. aşama anket sonuçlarının değerlendirildiği ve bazı önerilerin getirildiği sentez bölümüdür. Anket değerlendirme sonuçları Excel programı içinde betimletici analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular çerçevesinde bazı öneriler getirilmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde, yöntem bölümünde verilen ankette sorgulanan aşamalarla ilgili elde edilen bulgulara ilişkin bilgiler verilmiştir.

Sağlıklı kentler birliği ilkelerinin ilgili belediyeler için değerlendirilmesi çizelge 1.'de özetlenmiştir.

Sağlıklı kentler birliğine üye belediyelere yönelik belirlenen ilkeler belediyeler özelinde değerlendirildiğinde; ''birleştirici, tarafsız, güvenilir, katılımcı, sürdürülebilir, yenilikçi, kolaylaştırıcı, insan odaklı, şeffaf, toplumsal cinsiyet eşitliğine duyarlı ve sorumluluk sahibi olma gibi ölçütler öne çıkmaktadır. Bu kapsamda yapılan değerlendirmelerde, Nilüfer Belediyesi söz konusu ilkeler açısından en yüksek puanlara sahipken, Osmangazi Belediyesi en düşük puanlara sahip belediye olarak görülmektedir. Bu ilkeler incelendiğinde Nilüfer Belediyesi'nin sağlıklı kentler birliği ile ilişkilerinin daha fazla olduğu ve idarecilerin birliğe daha ilgili olduğunu düşündürmektedir. Oranlar içinde en düşük oranlarında Osmangazi Belediyesi verileri olduğu görülmektedir. En az ilginin bu belediyede olduğu düşünülebilir. İnegöl Belediyesi sağlıklı kentler birlik çalışmalarını takip etmekte, Mudanya Belediyesi birlikten haberdar ve çalışmalarını kendi çalışmalarına entegre etmiş durumda, Bursa Büyükşehir Belediyesi birlik çalışmalarından genel olarak haberdar ve çoğunluk takip etmektedir.

Çizelge 1. Sağlıklı kentler birliği ilkelerinin ilgili belediyeler için değerlendirilmesi.

Sağlıklı Kentler birliğine üye belediyeler için verilmiş ilkeler	**Bursa Büyükşehir Belediyesi**		**Osmangazi Belediyesi**		**Nilüfer Belediyesi**		**Mudanya Belediyesi**		**İnegöl Belediyesi**	
	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %
Güvenilir	33	70	7	54	13	87	11	69	8	73
Birleştirici	32	68	8	62	13	87	11	69	8	73
Kolaylaştırıcı	32	68	7	54	12	80	11	69	8	73
Tarafsız	31	66	7	54	12	80	11	69	8	73
Katılımcı	33	70	8	62	13	87	11	69	7	64
Yenilikçi	32	68	7	54	13	87	11	69	8	73
İnsan odaklı	33	70	8	62	13	87	11	69	8	73
Şeffaflık	31	66	8	62	12	80	11	69	8	73
Sürdürülebilirlik	32	68	8	62	12	80	11	69	8	73
Toplumsal cinsiyet eşitliğine duyarlı	29	62	6	46	12	80	11	69	8	73
Sorumluluk sahibi	31	66	7	54	11	73	11	69	8	73

Çizelge 2'de Sağlıklı kentler birliğine üye belediyelerden birlik nitelikleri sorusuna yanıt veren kişi sayıları ve yüzdeleri verilmiştir.

Temiz, güvenli ve kaliteli bir fiziksel çevrenin sağlanması ile kent sakinlerinin gıda, su, barınma ve güvenlik gibi temel ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik çalışmalar açısından değerlendirildiğinde, en yüksek katılım Nilüfer Belediyesi'nde, en düşük katılım ise Osmangazi Belediyesi'nde gerçekleşmiştir.

Dengeli, sürdürülebilir bir ekosistem niteliği, güçlü, birbiri ile dayanışma içinde sömürülmeyen toplum niteliği, kişinin sağlığı ve huzuruna etki eden kararların alımında etkili olma ve katılımı niteliği, kentlerde barınanların temel gereksinimlerinin karşılanması (su, gıda, güvenlik, barınma), mevcut kaynaklara erişme ve deneyimler kazanmak için farklı iletişim niteliği, başka yaşam için zorunlu olan yenilikçi kent ekonomisi niteliği, geçmişteki tarihi, kültürel ve biyolojik mirasını gözeten kentliler, herkes tarafından erişilebilen, yeterli seviyede halk sağlığı ve bakım hizmeti, üst seviyede sağlık niteliği en fazla katılım İnegöl Belediyesi'nden, en az katılım Osmangazi Belediyesi'nde gerçekleşmiştir.

Sağlıklı kentlerin nitelikleri konusunda İnegöl Belediyesi'nin ön plana çıkmış olması konuların içselleştirildiğini göstermektedir.

Bir kenti korumak ve korunmasını sağlamak sağlıklı kent kavramının anlamıdır. Yani kentte barınanların sağlık ve refahını bozan, bu konuda tehdit oluşturabilecek her etkenden korumak ve korunmasını sağlamak esastır. Sağlıklı kent mutlu kent demektir. Bu noktada yerel yönetimler kent ve kentli için huzurlu, temiz, aktif, güvenli ve adil bir ortam zemini oluşturmak için sağlıklı kent kriterlerini ilke edinmelidirler (Kentli Dergisi, 2021). Bu bağlamda anket soruları değerlendirildiğinde; Sağlıklı kentlerle ilgili ifadelere ilişkin yargılar (Kriterler) değerlendirildiğinde (Çizelge 3). Belediyemizin sağlıklı kentler birliğine üye olmasının faydalı olduğunu düşünüyorum ifadesine en fazla oranla (%87) katılan Nilüfer Belediyesi'dir. Nilüfer Belediyesi idarecilerinin ve diğer üç belediye idarecilerinin bu kritere olumlu baktığı, üye olmayı faydalı buldukları ve memnun oldukları düşünülmektedir. Bu kritere en az oranla (%69) katılım sağlayan Osmangazi Belediyesi'dir. Diğer belediyelerden ortalama değerin üzerinde katılım olmuştur.

Çizelge 2. Sağlıklı kentler birliğine üye belediyelerden birlik nitelikleri sorusuna yanıt veren kişi sayıları ve yüzdeleri.

Sağlıklı Kentlerin Nitelikleri	Bursa Büyükşehir Belediyesi		Osmangazi Belediyesi		Nilüfer Belediyesi		Mudanya Belediyesi		İnegöl Belediyesi	
	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %
Temiz, güvenli, kaliteli fiziksel çevre	33	70	8	62	13	87	12	75	9	82
Sürdürülebilir ve dengeli bir ekosistem	32	68	8	62	12	80	12	75	9	82
Güçlü, birbiri ile dayanışma içinde sömürülmeyen toplum	31	66	6	46	10	67	12	75	9	82
Kişinin sağlığı ve huzuruna etki eden kararların alımında etkili olma ve katılımı	31	66	5	38	11	73	12	75	9	82
Kentlerde barınanların temel gereksinimlerinin karşılanması (su, gıda, güvenlik, barınma)	33	70	7	54	13	87	12	75	9	82
Mevcut kaynaklara erişme ve deneyimler kazanmak için farklı iletişim	33	70	6	46	11	73	12	75	9	82
Başka yaşam için zorunlu olan yenilikçi kent ekonomisi niteliği	33	70	6	46	12	80	12	75	9	82
Geçmişteki tarihi, kültürel ve biyolojik mirasını gözeten kentliler	34	72	9	69	11	73	12	75	9	82
Herkes tarafından erişilebilen, yeterli seviyede halk sağlığı ve bakım hizmeti, üst seviyede sağlık	33	70	5	38	12	80	12	75	9	82
Yüksek sağlık düzeyi	31	66	7	54	12	80	12	75	9	82

Belediyemiz Dünya Sağlık Örgütü Sağlıklı Kentler Projesi'ne üyedir ifadesine en fazla oranla (%80) katılım Nilüfer Belediyesi'nden olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre bu belediyede ankete katılan idarecilerin çoğu birlik üyesi olduğu bilgisine sahiptir. Bu kritere en az oranla (%46) katılım Osmangazi Belediyesi'dir. Elde edilen sonuçlara göre bu soruyu

cevaplayan kişilerden bu konu hakkında bilgisi olmayan kişiler olduğu görülmektedir. Diğer belediyelerden ortalama değerin üzerinde katılım olmuştur. Belediyemizin sağlıklı etki değerlendirme konusunda çalışmaları bulunmaktadır ifadesine, belediyemizin sağlıklı yaşlanma konusunda çalışmaları bulunmaktadır ifadesine, belediyemizin sağlıklı kent planlaması konusunda çalışmaları bulunmaktadır ifadesine, belediyemizin kent sağlık profili bulunmaktadır ifadesine, belediyemiz kentsel karbon ayak izi envanteri hazırlamıştır bulunmaktadır ifadesine, belediyemiz kentsel sürdürülebilir enerji eylem planı yürürlüktedir bulunmaktadır ifadesine, en fazla oranla katılım Nilüfer Belediyesi'nden olmuştur en az oranla katılım Osmangazi Belediyesi'dir. Belediyemizin şehir sağlık gelişim planı bulunmaktadır ifadesine bakıldığında ankete katılım sağlayan belediyeler arasında en fazla katılım oranı Mudanya Belediyesi'nden, en az oranla katılım Osmangazi Belediyesi'dir.

Çizelge 3. Sağlıklı kentlere ilişkin ifadeler.

Sağlıklı kentlerle ilgili ifadelere ilişkin yargılar (Kriterler)	**Bursa Büyükşehir Belediyesi**		**Osmangazi Belediyesi**		**Nilüfer Belediyesi**		**Mudanya Belediyesi**		**İnegöl Belediyesi**	
	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %
Belediyemizin sağlıklı kentler birliğine üye olmasının faydalı olduğunu düşünüyorum.	33	70	9	69	13	87	11	69	9	82
Belediyemiz dünya sağlık örgütü sağlıklı kentler projesine üyedir.	29	62	6	46	12	80	11	69	8	73
Belediyemizin sağlıklı etki değerlendirme konusunda çalışmaları bulunmaktadır.	30	64	8	62	12	80	12	75	7	64
Belediyemizin sağlıklı yaşlanma konusunda çalışmaları bulunmaktadır	30	64	8	62	13	87	12	75	7	64
Belediyemizin sağlıklı kent planlaması konusunda çalışmaları bulunmaktadır.	30	64	6	46	13	87	11	69	7	64
Belediyemizin kent sağlık profili bulunmaktadır.	28	59	6	46	12	80	12	75	7	64

Belediyemizin şehir sağlık gelişim Planı bulunmaktadır.	29	62	6	46	10	67	11	69	7	64
Belediyemiz kentsel karbon ayak izi envanteri hazırlamıştır.	30	64	6	46	11	73	11	69	7	64
Belediyemiz kentsel sürdürülebilir enerji eylem planı yürürlüktedir.	30	64	7	54	12	80	11	69	7	64
Sağlıklı Kentler Birliğinin Yararları										
Sağlıklı kentler birliği "sürdürülebilir kalkınma" ve "sürdürülebilir kentler yaratmak" için gerekli bir organizasyondur.	31	66	8	62	13	87	12	75	7	64
Kentler arası ve kent içi eşitsizlikleri en aza indirmek için çalışmalara birlik öncülük yapar.	30	64	7	54	13	87	12	75	7	64
Dünya sağlık örgütü sağlıklı şehirler hareketinin yaygınlaşması sağlıklı kentler birliği tarafından sağlanır.	31	66	7	54	13	87	12	75	7	64
Sağlıklı kentler birliği kent sağlığı konu başlıklarında eğitim faaliyeti ile panel, kongre, çalıştay, konferans, seminer, gibi çalışmalar hazırlamaktadır.	31	66	8	62	12	80	13	81	7	64
Sağlıklı kentler birliği her yıl sağlıklı şehirler en iyi uygulama yarışması düzenleyerek üye belediyelerin projelerini değerlendirir ve ödüllendirir	30	64	7	54	12	80	12	75	7	64
Sağlıklı kentler birliği şehir sağlığı ile alakalı yazılı ve görsel sunum yapar, araştırma ve geliştirme etkinliğinde bulunur	28	60	7	54	11	73	11	69	7	64

Sağlıklı kentler birliği mahalli idareler ile ilgili hazırlanan sistematik çalışmalara danışmanlık yapar.	30	64	7	54	12	80	13	81	7	64
Sağlıklı kentler birliği ulusal, bölgesel ve yerel düzeyde katılıma açık sportif, kültürel, eğitsel ve bilimsel organizasyon ve yarışmalar hazırlar.	30	64	7	54	13	87	12	75	7	64
Sağlıklı kentler birliği yurt içi ve yurtdışı faaliyetlerde hizmet verimliliğini arttırma hedefiyle kurumsal kapasiteyi güçlendirir ve sürekli gelişimini sağlar.	29	62	7	54	13	87	13	81	7	64
Sağlıklı kentler birliği birleşmiş milletlerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile alakalı uluslararası mevcut örneklerini üyesi olan belediyeler ile paylaşır.	30	64	8	62	13	87	12	75	7	64
Sağlıklı kentler birliği üye bulunan belediyeler arasında birleştirici ve güçlü iletişim ağını ilerletir.	30	64	8	62	13	87	12	75	7	64

Sağlıklı kent kanunda (T.C. Anayasası 56.Madde.) yapılan açıklamaya göre *'Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir*' şeklinde ifade edilmiştir. Bundan yola çıkarak kentlerde toplumsal huzurun sağlanması, kişi ihtiyaçlarının eşit erişilebilir şekilde karşılanabilmesi için sağlıklı kentler birliği çalışmaları çok önemlidir. Kent yöneticileri olan yerel yönetimler sorumlu oldukları bu kentlerde neye ihtiyaç var, sağlıklı sürdürülebilir kent oluşması nasıl sağlanabilir düşüncesi ile kendi içinde örnek kent uygulamalarını geliştirip, o kentin ihtiyacına göre uygulamalıdır. Birlik üyesi olmanın önemi bu noktada anlaşılmaktadır. Sağlıklı kentler birliği, kentsel sürdürülebilirliğin sağlanması ve kalkınma hedeflerini ilke edinerek yerel yönetimlerin yapacakları çalışmalarda yol gösterici ve destek olacak niteliktedir (Kentli Dergisi, 2022).

Sağlıklı kentler birliği ilkeleri, nitelikleri, yararları, birliğin misyon, vizyon, birliğin takip edilebileceği platformlar ve birliğin hangi konularda yoğun çalışması gerektiği konularında veriler elde edilmiştir. Sağlıklı kentler birliğinin, Bursa'daki birlik üyesi belediyelerin her biri tarafından isminin bilindiği fakat birliğin faaliyet alanları, işleyişi ve amaçları hakkında yeteri kadar bilgi sahibi olmadıkları çalışma konuları, işleyişi, amaç ve faaliyetlerinden yeteri kadar haberdar olunmadığı ortaya konulmuştur.

Çizelge 3'te yer alan veriler, sağlıklı kentler birliğine üye olan beş belediyenin (Bursa Büyükşehir, Osmangazi, Nilüfer, Mudanya ve İnegöl) sağlıklı kentler kavramına ve bu kapsamda yürütülen faaliyetlere ilişkin yaklaşımlarını karşılaştırmalı olarak ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgulara göre, Nilüfer Belediyesi tüm değerlendirme kriterlerinde en yüksek katılım oranlarına sahip olup, sağlıklı kent yaklaşımını benimseme, uygulama ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda en başarılı belediye olarak öne çıkmaktadır. Nilüfer'i sırasıyla Mudanya ve İnegöl Belediye'leri takip etmekte, Bursa Büyükşehir Belediyesi ise orta düzeyde bir katılım sergilemektedir. Buna karşın, Osmangazi Belediyesi birçok kriterde en düşük katılım oranlarına sahip olup, sağlıklı kent uygulamaları konusunda diğer belediyelere kıyasla daha geri planda kalmaktadır. Özellikle kent sağlığı profili oluşturulması, sağlıklı kent planlaması, sürdürülebilir enerji eylem planları ve dünya sağlık örgütü sağlıklı kentler projesi üyeliği gibi göstergelerde Nilüfer Belediyesi'nin %80'in üzerindeki oranlarla öne çıkması, kurumsal kapasitenin ve farkındalığın yüksekliğine işaret etmektedir. Bu sonuçlar, sağlıklı kentler yaklaşımının yerel yönetim düzeyinde farklı şekillerde benimsendiğini ve uygulanma düzeylerinin belediyelerin kurumsal yapıları, vizyonları ve toplumsal katılım olanaklarına göre değiştiğini göstermektedir.

Sağlıklı kentler birliği kent sağlığı konu başlıklarında eğitim faaliyeti ile panel, kongre, çalıştay, konferans, seminer, gibi çalışmalar hazırlamaktadır, kriterine en fazla oranla katılım Mudanya Belediyesi'nden en az oranla katılım Osmangazi Belediyesi'dir.

Sağlıklı kentler birlik kriterleri (misyonu, vizyon ve amaçlar ve hedefler) için üye belediyelere yöneltilen sorulardan elde edilen veriler çizelge 4.'de özetlenmiştir.

Doğal çevreyi korumak, sürdürülebilir şehirler ve yerleşmeler oluşturmaktır ifadesine bakıldığında en fazla oranla (%75) katılım Mudanya Belediyesi'nden olmuştur. Mudanya Belediyesi idarecilerince bu ifadenin önemsendiği söylenebilir. Bu ifadeye en az oranla (%62) katılım Osmangazi Belediyesi'ndendir. Birlik üyesi diğer üç belediyede ortalama sonuçlar elde edilmiştir.

Sağlıklı kentler misyonunu ve vizyonunu Mudanya Belediyesi'nin (%75) en fazla oranla, Osmangazi Belediyesi'nin (%62) en az oranla içselleştirdiği görülmüştür.

Sağlıklı kentler amaçları açısından 4 amaç için, Mudanya Belediyesi'nin en fazla oranla, Osmangazi belediyesi'nin en az oranla içselleştirdiği görülmüştür.

Sağlıklı kentler hedefleri açısından 10 hedef için, Nilüfer Belediyesi'nin en fazla oranla, Osmangazi belediyesi'nin en az oranla içselleştirdiği görülmüştür.

Çizelge 4. Sağlıklı kentler birliğine üye belediyelerden birlik kriterleri sorusuna yanıt veren kişi sayıları ve yüzdeleri (Misyon, vizyon, amaçlar ve hedefler).

Sağlıklı kentler birlik kriterleri (Misyon, vizyon, amaçlar ve hedefler).	**Bursa Büyükşehir Belediyesi**		**Osmangazi Belediyesi**		**Nilüfer Belediyesi**		**Mudanya Belediyesi**		**İnegöl Belediyesi**	
	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %
Doğal çevreyi korumak, sürdürülebilir şehirler ve yerleşmeler oluşturmaktır.	32	68	8	62	10	67	12	75	7	64
Sağlıklı Kentler Birliğinin Misyonu										
Yerel yönetim hedefleri doğrultusunda birlik üyesi belediyeler arasındaki tüm politikalarda sağlığı en yukarı seviyeye ulaştırmak.	31	66	8	62	11	73	12	75	8	73
Sağlıklı Kentler Birliğinin Vizyonu										
Odak noktası sağlık hedefi ile sürdürülebilir kentsel çevre oluşturulmasına dair stratejiler belirlenerek kentlerin kapasitelerinin artışına katkı sağlamak.	32	68	8	62	11	73	12	75	8	73
Sağlıklı Kentler Birliğinin Amaçları										
DSÖ sağlıklı şehirler hareketinin yaygınlaşmasını sağlamak.	32	68	8	62	11	73	12	75	8	73
Üye belediyelerin kurumsal kapasitelerini artırmak için şehircilik ve kent sağlığı konularında, başarılı örnekler	32	68	7	54	11	73	12	75	8	73

ve uygulamalar araştırarak, üyelerin çalışmalarının devamlı iyileştirilmesi hedefiyle uluslararası ve ulusal konferanslar, kongreler, çalıştaylar, farkındalık çalışmaları ve yarışmalar, teknik eğitimler ve basılı ve görsel yayınlar yaparak yardımcı olmak.										
Yurt içi ve yurt dışı hizmet verimliliğini artırmak için kurumsal kapasiteyi devamlı geliştirmek ve güçlendirmek.	32	68	7	54	11	73	12	75	7	64
Üye belediyelerin birbirleri ile güçlü ve birleştirici iletişim ağını ilerletmek.	32	68	8	62	11	73	12	75	7	64
Sağlıklı Kentler Birliğinin Hedefleri										
Kurumlar arası iletişimi güçlendirerek sağlıklı şehirler hareketini milli ve milletlerarası ortamlarda ifade etmek.	33	70	8	62	12	80	12	75	8	73
Birliğin görsel ve basılı yayınlarına sosyal medya ve diğer iletişim kanalları vasıtası ile halkın erişimini sağlamak.	33	70	7	54	12	80	12	75	8	73
DSÖ Avrupa Sağlıklı Şehirler ağına üye şehirlerinin uygulanmış iyi örneklerini ve farkındalık çalışmalarını birlik üyelerine ve diğer yerel paydaşlara	33	70	7	54	12	80	12	75	8	73

çalıştay, eğitim vb. toplantılarla göstermek.										
Birlik üyesi belediyelerin şehir sağlık gelişim planlarını ve şehir sağlık planı oluşturmalarını onaylamak	33	70	8	62	12	80	12	75	8	73
Birlik üyesi belediyelerin karbon ayak izi ve sıfır atık gibi temel konular olmak üzere kentte yaşam standardını etkileyen konularda envanterler çalışmalarını onaylamak.	33	70	7	54	12	80	12	75	8	73
Birlik üyesi belediyelerin sorunlarının çözüm noktasında farkındalık oluşturacak nitelikli çalışmalar ve yayınlar oluşturmak.	33	70	7	54	12	80	12	75	8	73
Üye belediyelerin ihtiyaçlarına ilişkin çalıştay, eğitim ve sempozyumlar planlamak.	32	68	7	54	12	80	12	75	8	73
Birliğin üye belediyelere yaptığı hizmet kalitesini yükseltmek hedefi ile personelin verimliliğini, personel sayısını ve yetkinliğini öne çıkaracak hizmet içi eğitimler oluşturmak.	33	70	7	54	12	80	12	75	8	73
Birlik tarafından düzenlenecek olan konferans, çalıştay, kongre ve eğitimlere katılan üye belediye miktarını yükseltmek.	33	70	7	54	12	80	12	75	8	73

Üye belediyeler arasında iletişim ağı kurmak.	32	68	7	54	12	80	12	75	8	73

Üye belediyelerin sağlıklı kentler birliği faaliyetlerini nerelerden takip edilmesi ile ilgili verilen cevaplar doğrultusunda; belediye web sitesi ifadesi, sağlıklı kentler birliği web sitesi, basın bülteni ifadesine en fazla katılım oranı Nilüfer Belediyesi idarecileri tarafından en az katılım oranı Osmangazi Belediyesi idarecilerinden gelmiştir.

Birlik ise belirli periyotlarda üye belediyeleri ziyaret ederek tüm müdürlüklerin personeline tanıtım ve bilgi amaçlı toplantılar düzenlemelidir. İnsanların birçoğu sağlıklı kentler birliğinden habersiz olup haberi olanlarda içeriği hakkında görüş sahibi değildir. Bu toplantılarda kentsel sorunlarla ilgili konuların eğitimi verilebilir ve diğer belediyelerin ilgili etkinlikleri örnek olarak anlatılabilir. Sağlıklı kentler birliğini üye belediyelerden takip etme durumu ise; Nilüfer Belediyesi'nde takip eden kişi oranı %86, İnegöl Belediyesi'nde takip eden kişi oranı %82 dir. Bursa Büyükşehir Belediyesi'nde takip eden kişi %71, Mudanya ve Osmangazi Belediyesi'nde takip eden kişi oranı sırasıyla %56, %54 dür.

Broşür ifadesine en fazla katılım oranı (%75) Mudanya Belediyesi idarecileri tarafından, yerel gazete ifadesine en fazla katılım oranı (%62) Bursa Büyükşehir Belediyesi idarecileri tarafından, twitter facebook ifadesine en fazla katılım oranı Nilüfer Belediyesi idarecileri tarafından gelmekle birlikte en az katılımlar Osmangazi Belediyesi'nden gelmiştir.

Üye belediyelerin sağlıklı kentler birliği faaliyetlerini nerelerden takip edilmesi ile ilgili verilen cevapları genel olarak değerlendirdiğimizde ise, tüm belediyelerde en düşük değeri alan iletişim aracı olan yerel gazete tercih edilmemektedir. Yüz yüze yapılan anket uygulaması sırasında belirtilen ise belediye ile birlik sayfasının bağlantılı olması, birliğin sayfasında paylaşılan her türlü çalışma ve etkinliğin aynı anda belediyenin sayfasında da görünmesidir. Çünkü birliği tanımadıkları için sayfasına girip incelemekte ilgilerini çekmemektedir. Diğer bir sözlü ifade ise, birlik tarafından üye belediyelerin idarecilerinin cep telefonlarına sms şeklinde mesajla bilgi verilmesidir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Sağlıklı kentler birlik üyesi belediyelerin birlik faaliyetlerini takip edilebileceği platformların kişi sayısı ve yüzdesi .

Belediyenin Sağlıklı Kentler Birliği faaliyetlerinin nerelerden takip edilmesi	Bursa Büyükşehir Belediyesi		Osmangazi Belediyesi		Nilüfer Belediyesi		Mudanya Belediyesi		İnegöl Belediyesi	
	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %
Belediye web sitesi	35	74	8	62	12	80	12	75	8	73
Sağlıklı kentler birliği web sitesi	34	72	6	46	13	87	11	69	8	73
Basın bülteni	29	62	6	46	13	87	11	69	7	64
Broşür	30	64	6	46	11	73	12	75	7	64
Yerel gazete	29	62	6	46	9	60	8	50	6	55
Twitter	30	64	7	54	11	73	11	69	6	55
Facebook	30	64	7	54	11	73	11	69	6	55

Bir kentin sosyal ve ekonomik bakımdan gelişimi gerçekleşirken sürdürülebilirliği de düşünülmelidir. Kentsel planlamalar hazırlanırken sürdürülebilir kentler oluşturmak esastır. Özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerleşimler kaynak tüketimi bakımından risk altındadır. Bu noktada mevcut doğal kaynakların daha az kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanımı ve atık dönüşümünün yapılması çok önemlidir. Çizelge 6'da belediyenin yoğunlaşması belirtilen faaliyetlerle ilgili elde edilen veriler görülmektedir.

Belediyenin yoğunlaşması belirtilen faaliyetlerle ilgili elde edilen verilerde tüm kriterler açısından İnegöl Belediyesi'nde en fazla, Osmangazi Belediyesi'nde en az uygunluk belirtmiştir.

Çizelge 6. Belediyenin yoğunlaşması belirtilen faaliyetlerle ilgili elde edilen veriler.

Belediyenizin aşağıda belirtilen hangi faaliyetler üzerinde yoğunlaşmasını uygun buluyorsunuz?	Bursa Büyükşehir Belediyesi		Osmangazi Belediyesi		Nilüfer Belediyesi		Mudanya Belediyesi		İnegöl Belediyesi	
	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %	Kişi sayısı toplam	Yüzde %
Belediyenin kent sağlığı konusunda yoğunlaşması uygundur.	31	66	7	54	12	80	10	63	9	82
Belediyenin kentsel dönüşüm gibi sosyal yaşama olanak sağlayan nitelikli yapılaşma çalışmaları olması.	32	68	7	54	12	80	11	69	8	73
Belediyenin eğitim faaliyetleri konusunda yoğunlaşması uygundur.	31	66	5	39	9	60	11	69	9	82

Belediyenin ulaşım konusunda yoğunlaşması uygundur.	32	68	8	62	10	67	11	69	9	82
Belediyenin sağlıklı kent planlaması üzerine yoğunlaşması uygundur.	32	68	8	62	12	80	12	75	9	82
Belediyenin kentte yaşayan insanlara istihdam sağlayacağı ve yeni iş fırsatları oluşturma üzerinde yoğunlaşması uygundur.	31	66	7	54	11	73	12	75	9	82
Belediyenin yeşil alanların arttırılması konularında yoğunlaşması uygundur.	32	68	8	62	11	73	12	75	9	82
Belediyenin katı atıkların bertarafı konusunda yoğunlaşması uygundur.	30	64	8	62	12	80	12	75	9	82
Belediyenin temizlik hizmetleri konusunda yoğunlaşması uygundur.	31	66	8	62	11	73	12	75	9	82
Belediyenin kültür konusunda yoğunlaşması uygundur.	31	66	8	62	11	73	12	75	10	91
Belediyenin spor/spor alanları konusunda yoğunlaşması uygundur.	31	66	8	62	12	80	12	75	9	82
Belediyenin sanatsal faaliyet konusunda yoğunlaşması uygundur.	30	64	7	54	11	73	12	75	9	82

Sürdürülebilir sağlıklı şehir ve toplum oluşturma amacıyla, mevcut kaynakların korunması, gelecek nesil için devamlılığın sağlanabilmesi proaktif akıllı kent modeli ile mümkün olacaktır. Kentsel bilgi-verilerin toplanması, bu verilerin yönetilmesi ve kentin başrolü olan yerel yönetimlerin aktifliğinin artırılmasına yönelik geliştirilmiş kent bilgi sistemidir. Salgın hastalıklar, deprem gibi toplumu sosyal, ekonomik, psikolojik olarak olumsuz etkileyen felaketler proaktif akıllı kent kavramı ile şehirlerin yeniden şekillenerek topluma sağlıklı kent niteliklerine uygun yaşam olanaklarını sunmaktadır (Kentli Dergisi, 2021).

5. Sonuçlar

Sanayi devriminden bugüne kadar insan etkisi ile dünya üzerinde büyük değişiklikler meydana gelmiştir. Nüfusun hızlı artışı ile doğal kaynakların tüketimi artmıştır ve ciddi çevre sorunları başlamıştır. Rio zirvesinde gündeme gelen sürdürülebilirlik kavramı bu sorunlara çözüm açısından önem arz etmektedir. Sürdürülebilir kentleşmede başarının arttırılması için neler yapılabilir, sorusuna en güzel yanıt sürdürülebilir sağlıklı kentleşme stratejilerine hizmet eden kentsel kavramlardır.

Bu kapsamda kentler; sürdürülebilirliğin hedeflendiği, buna yönelik kaynakların hızla yok olduğu kontrolsüz genişleyen, her türlü soruna rağmen insanlar için cazip ve çekici hale getirilen ve bunlar sebebi ile de sürdürülebilirliği tehdit altında olan mekanlardır. (Rasouli, 2012), (Gültekin Baytok, 2012), (Yılmaz, 2019), (Yavuz, 2018), (Ak, 2018) ve (Pawlowicz, 2017) gibi araştırmacılar çalışmalarında, kentlerde sürdürülebilirliğin çevreyi korumak odaklı sağlanabilmesi için yapılması gerekenleri konu edinmişledir. Bu çalışmalarda sakin şehir uygulamaları, kentsel tarım faaliyetleri ve kent bostanları gibi yerelde üretim çalışmaları, aktif yeşil alanların çoğaltılması, bisiklet kullanımı teşviki ve yayaların yürüyerek ulaşımı gibi sürdürülebilirliğe destek olacak görüşlere odaklanılmıştır. Ayrıca ‘’akıllı kentler’’, ‘’ekolojik kent’’, ‘’sakin şehir, ‘’dirençli kentler’’, ‘’sağlıklı kentler’’ gibi kavramlarla sürdürülebilirliğin kentsel düzeyde nasıl uygulamaya geçirilebileceğinin örnekleri bulunmaktadır.

Mahalli idare birlikleri, kamu yararını gözeten, hükümetin siyasi etkisinden etkilenmeden hizmet üreten, yerel yönetim boyutunda kamu tüzel kuruluşlardır. Mahalli idare birliklerinin kurulmasının belediyelere bazı faydaları bulunmaktadır (Özdemir Şengül, 2008). Bunlar; üye belediyelerin eğitimine katkı sağlamak, üye belediyelere danışmanlık sağlamak, bölgesel planlama çalışmaları yapılması, çevre koruma çalışmaları, yayın etkinlikleri ve üye belediyelerde sigorta işleri faaliyetleri olarak sıralanmaktadır (Toros, 2004), (Yolcu, 2006), (Mıhçı, 2010), (Köseoğlu, 2010), (Can, 2018) (Atılgan, 2016).

Yerel yönetimler kentte altyapı, ulaşım, kanalizasyon, yeşil alan düzenlemesi, atık yönetimi, kentsel sağlık hizmetleri, sosyal etkinlikler, doğal ve kültürel varlıkların korunması gibi görevlere sahiptir. Bu görevlerin yerine getirilmesi aşamasında mahalli idare birlikleri yerel yönetimlere destek durumundadır. İlaveten katılımcılığın arttırılması açısından sağlıklı kentler birliği gibi oluşumlar benzer çalışmalarda faaliyetlerde bulunarak sürece katkı sağlamaktadır.

Bu makalede, sağlıklı kentler birliğinin temel ilkeleri, nitelikleri, yararları, sağlıklı bir kentin insan yaşamına etkileri incelenmiştir. Ayrıca birliğin misyon, vizyon, amaç ve hedeflerinin anlatımı ve anket sonuçlarının yorumlanarak değerlendirmesi yapılmıştır. Birliğin takip edilebileceği platformlar ve birliğin hangi konularda yoğun çalışması gerektiği analizleri yapılmıştır. Bursa ilinde sağlıklı kentler birliği üye belediyelerin birlik faaliyetleri ve yapılan uygulamaların farkındalık seviyesi incelenmiş ve yerel durum analizi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, sürdürülebilir sağlıklı kentler oluşturmak için yerel yönetimlerin en üst merkezi yönetimler ve mahalli birlikler ile daha güçlü bağlantılar kurmasının gerekliliği vurgulanmıştır. İletişimin desteklenmesi ve yapılacak çalışmaların bir birlik tarafından tanımlanması, kaynakların sürdürülebilir kullanılması ve gelecek nesillere yaşanabilir kentler bırakılması açısından önemli bir çerçeve oluşturmaktadır.

Sağlıklı kentler birliğinin üye belediyeler için önemli bir yol gösterici olduğu görülmektedir. Ulaşım, atık yönetimi, hava kirliliğinin azaltılması, salgın hastalıklardan korunma ve mücadele, sağlıklı yaşlanmaya teşvik, madde bağımlılığı ile mücadele, çevre temizliği, sokak hayvanlarının bakımı, doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir yönetimi gibi pek çok alanda devam eden faaliyetler, sadece birlik üyesi belediyeler için değil, üye olmayan belediyeler için de önemli bir şans olarak görülmektedir. Nitekim bu kapsamlı yaklaşım, üye belediyelerin stratejik planlamalarına ve kentsel tasarım projelerine altlık oluşturmakta ve ön fikir vermektedir.

Birliğin yürüttüğü çalışmalar ve faaliyetler hakkında belediye bünyesindeki müdürlüklerin birçoğu yeterince bilgi sahibi değildir. Bu durum, Birliğin kent genelinde ne derece aktif olduğu konusunda farkındalığın düşük olmasına neden olmaktadır. Birliğin ana faaliyetleri konusunda ilgili müdürlükler kapsamında bir tanıtım çalışmasına ihtiyaç bulunduğu düşünülmektedir. Sağlıklı kentler birliği üye belediye müdürlüklerine yönelik iletişim alt yapısını güçlendirmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Belediyelerde birlik temsilcisi olan koordinatörlerin tüm müdürlüklerle etkin iletişim kurarak birlik içeriğini tanıtması ve birlik çalışmalarının detayları hakkında müdürlüklere bilgilendirme yapması önem oluşturur. Birlik temsilcisi koordinatörün meslek alanı çalışmaların seyrini belirler. Bu noktada belediyelerdeki birlik çalışma grubunun farklı meslek gruplarından oluşturulması çalışmaların çeşitliliğini artıracaktır. Ayrıca birlik çalışmalarına yönelik eğitimler yapılması, çalışmalara müdürlüklerin entegre olması sağlanarak belediye ile birlik ilişkisi güçlendirilmelidir.

Birliğin hazırladığı envanterler ve raporlar her belediyenin müdürlüğünde eğitimlerle anlatılarak iletişim araçları ile takibinin yapılması teşvik edilmelidir. Müdürlüklerde, birlik

faaliyetlerinin paylaşılacağı şekilde bir sistem oluşturularak idarecilerin bilgi edinmesi sağlanmalıdır. Konuyla ilgili proaktif ve girişimci yaklaşımlar geliştirilmeli, birliğin sahip olduğu sosyal medya kanalları tanıtılmalı ve paylaşımların daha çok müdürlüğe uluşması için etkileşim arttırılmalıdır. Çeşitli sayfalarda bulunan uygulamalar eş güdüm olarak çalışacak biçimde organize edilmeli ve erişilebilirlik artırılmalıdır.

Sonuç olarak Sağlıklı kentler, sağlıklı bir toplum için gereklidir. Merkezi ve yerel yönetimler tarafından bütüncül bir yönetim anlayışıyla hayata geçirilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma Emine Can'ın Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde Prof. Dr. Osman Uzun danışmanlığında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasından (Can, 2021) üretilmiştir. Çalışma, Düzce Üniversitesi BAP-2021.02.01.1148 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir. Çalışma süresince çalışmayı destekleyen Bursa Sağlıklı Kentler Birliği Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Ak, A. (2018). Kentsel form ve yürünebilirlik: Ankara'nın yürünebilirlik kapasitesinin değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Atılgan, B. (2016). Yerel yönetim birliklerinin yeniden yapılandırılması üzerine bir çözümleme. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Ankara.

Baytok, Z. G. (2012). Sürdürülebilir kentsel gelişme ve neoliberal politikaların sürdürülebilir kentsel gelişime etkisi: Kurtköy Bölgesi örneği. Yüksek Lisans Tezi, Doctoral dissertation, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Can, H. (2018). Yerel yönetim birliklerinin belediyelerin kardeş şehir ilişkilerine katkıları: Türk Dünyası Belediyeler Birliği örneği. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Kütahya.

Kentli Dergisi. (2025, 23 Haziran). Proaktif Akıllı Şehirler. Erişim adresi: file:///C:/Users/Emine%20Can/Dropbox/My%20PC%20(EmineCan)/Downloads/Kentli%20Dergisi%2040.%20Say%C4%B1.pdf

Kentli Dergisi. (2025, 23 Haziran). Toplu konutlar. Erişim adresi: https://apiskb.izmirteknoloji.com.tr/wp-content/uploads/2021/11/Kentli-Dergisi-Sayi-42-.pdf

Kentli Dergisi. (2025, 23 Haziran). Kentler ve Bulaşıcı Hastalıklar. Erişim adresi: https://apiskb.izmirteknoloji.com.tr/wp-content/uploads/2022/02/Kentli-Dergisi-Sayi-43.pdf

Koçak, B. (2019). Yerel yönetim birliklerinin daha etkin kullanılması için çözüm önerileri. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 8(4), 78-87.

Köseoğlu, M. (2010). Türkiye'de Yerel Yönetim Birlikleri: Yapısı, Hukuki Dayanakları ve Sorunları. Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı Kentleşme ve Çevre Sorunları Bilim Dalı, Ankara.

Mıhçı, H. (2010). Yerel yönetim birlikleri (Gölcük Köylere Hizmet Götürme Birliği örnek olayı). Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Kocaeli.

Okçu, M., & Kaya, E. (2008). Sağlıklı şehirler oluşturma sürecinde yerel yönetimlerin rolü. *1. Ulusal Yerel Yönetimler Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 363-376.

Özdemir, D. Ş. (2008). Türkiye'de mahalli idare birlikleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Bilim Dalı, Konya.

Pawłowicz, JA. (2017). Çevre Bağlamında Kentsel Mekanların Sürdürülebilir Şekillendirilmesi. *Ekolojik Mühendislik Dergisi*, 18 (6).

Rasouli, S. (2012). Sürdürülebilir Kentsel Tasarımda Kentsel Tarımın Rolü, "İstanbul Örneği". Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sağlıklı Kentler Birliği. (2025, 23 Haziran). Erişim adresi: https://www.skb.gov.tr/uyelerimiz/

Yavuz, B. (2018). "Sürdürülebilir kentsel çevreler konusunda geliştirilen yaklaşımlarda kent peyzajı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Yılmaz, F. H. (2019). Sürdürülebilirlik bağlamında yeşil kent yönetimi: Avrupa Yeşil Başkentleri üzerinden bir değerlendirme. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.

Yolcu, Y. G. (2006). Türkiye'de mahalli idare birlikleri ve Isparta mahalli idare birliklerinin yapısal analizi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.

Toros, A. (2004). Yerel yönetim birlikleri. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 358-375
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1566999

Kent parklarında bitki örtüsü ve tozlayıcı etkileşiminin değerlendirilmesi: Barış mahallesi, Bursa örneği*

The evaluation of the plant-pollinator interaction in urban parks: the case study of Bursa, Barış neighborhood

Betül SÜELTÜRK [1], Çiğdem COŞKUN HEPCAN [2]

Özet

Bu çalışmada kent parklarında bitki örtüsü ve tozlayıcı etkileşiminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma Bursa kentinde yer alan Menekşe, Dalyan ve Ilgın parklarında yürütülmüş olup bu parklardaki bitki ve tozlayıcılar arasındaki etkileşim RStudio 4.2.3 (R Core Team, 2023) yazılımında gerçekleştirilen Ekolojik Ağ, Kümeleme, Temel Bileşenler analizleriyle belirlenmiştir. Bulgular parkların tozlayıcılara yaşam alanı sağladığını bununla birlikte bitki tür çeşitliliği ve sayısına bağlı olarak tozlayıcı bolluğu ve çeşitliliğinin düşük düzeyde olduğunu göstermiştir. Parklarda, çiçek sinekleri familyasına (Syrphidae) dahil türler, arı türleri arasında Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*) ve kelebek türlerinden Küçük beyaz melek kelebeği (*Pieris rapae*) en bol bulunan tozlayıcı türler olarak tespit edilmiştir. Tibet Dağ Muşmulası (*Cotenaster franchetti* Bois), Alev Çalısı (*Photinia* × *fraseri* Dress), Gaura (*Oenothera lindheimeri* (Engelm. & A. Gray) W. L.Wagner & Hoch), Lavanta (*Lavandula officinalis* Chaix) ve Tüylü Kartopu (*Viburnum tinus* L.) ise tozlayıcılar tarafından en çok ziyaret edilen bitki türleridir. Tozlayıcıların tercih ettiği bitkilerin çiçek renklerinin ise çoğunlukla beyaz ve mor olduğu saptanmıştır. Araştırma bulgularına dayanarak, kent parklarında biyoçeşitliliği artırmak ve tozlayıcı türleri korumak için çeşitli öneriler sunulmuştur. Bu öneriler arasında, doğal çayır bitkilerinin kullanılması, farklı yüksekliklerde bitkilerle katmanlı bitkilendirme yapılması ve bitki seçerken sadece çiçeklerin şekli ve rengi değil, aynı zamanda yılın farklı zamanlarında tozlayıcılara sürekli besin sağlamak için bitkilerin çiçeklenme dönemlerinin birbirini takip etmesi dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Bitki-tozlayıcı etkileşimi, kentsel biyoçeşitlilik, mahalle parkları, RStudio, tozlayıcı dostu kentler.

Abstract

This study aimed to evaluate the interaction between plants and pollinators in urban parks. The research was conducted in Menekşe, Dalyan, and Ilgın parks, located in the city of Bursa, and the interaction between plants and pollinators in these parks was determined using Ecological Network, Cluster, and Principal Component analyses performed in RStudio 4.2.3 (R Core Team, 2023). The findings showed that while the parks provide habitats for pollinators, pollinator abundance and diversity were low, depending on the diversity and number of plant species. In the parks, species belonging to the hoverfly family (*Syrphidae*), the European honeybee (*Apis mellifera*) among bee species, and the Small white butterfly (*Pieris rapae*) among butterfly species have been identified as the most abundant pollinator species. The plant species most frequently visited by pollinators were Franchet's Cotoneaster (*Cotoneaster franchetii* Bois), Red Tip Photinia (*Photinia* × *fraseri* Dress), Gaura (*Oenothera lindheimeri* (Engelm. & A. Gray) W. L.Wagner & Hoch), Lavender (*Lavandula officinalis* Chaix), and Laurustinus (*Viburnum tinus* L.). It was found that the flower colors of the plants preferred by pollinators were predominantly white and purple. Based on the research findings, several recommendations have been proposed to enhance biodiversity and conserve pollinator species in urban parks. These recommendations include the use of native meadow plant species, the implementation of layered vegetation with plants of varying heights, and the consideration of not only flower shape and color but also the sequential blooming periods of plants to ensure a continuous food supply for pollinators throughout different times of the year.

Keywords: Plant-pollinator interaction, urban biodiversity, neighborhood parks, RStudio, pollinator friendly cities.

Geliş Tarihi:16.10.2024, Düzeltme Tarihi:05.02.2025, Kabul Tarihi:25.03.2025

Adres:[1]Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
[2]Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
E-mail: suelturkbetul@gmail.com

*Bu çalışma, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda "Kent Parklarında Bitki Örtüsü ve Tozlayıcı Etkileşiminin Değerlendirilmesi: Barış Mahallesi, Bursa Örneği" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

Kentsel matris içindeki yeşil alanlar, ekosistemlerimiz için kritik öneme sahip olan tozlayıcılara yaşam alanı sağlayarak kentsel gelişimin olumsuz yönlerini azaltmaktadır (Lerman ve ark., 2018). Kentler, çeşitli bitki türlerinin ve dolayısıyla çiçeklerin bir mozaik gibi bir araya geldiği alanlar olarak nitelendirilebilir. Bu çiçek türlerinin çeşitliliği, tozlayıcı türlerin gelişimini teşvik etmektedir (Sikora ve ark., 2020). Bu durum, kentsel biyoçeşitliliğin temelini oluşturmaktadır ve bitkiler ile tozlayıcılar arasındaki karşılıklı etkileşimin önemini vurgulamaktadır (Ebeling ve ark., 2008).

İklim değişikliği, tozlayıcıların barınma ve beslenme kaynaklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, biyoçeşitlilik krizine yol açarak, çeşitli tehdit ve stres faktörlerinin artmasına ve bitki ile tozlayıcı etkileşimlerinin dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. İklim değişikliğine bağlı sıcaklık değişimleri sonucunda kentlerdeki bitkilerin çiçek açma zamanlarının değişmesi (Lerman ve ark., 2018), kentsel yayılma ile meydana gelen ekosistem ve habitat kaybı (Lowenstein ve ark., 2015), birçok kentsel yeşil alanın sık biçme gibi yoğun yönetilmeye tabi tutulması, geçirimsiz malzemelerin kullanılması, tozlayıcı dostu bitkilerin giderek azalması ve bitki seçiminin estetik ve pazarlama temeline oturtulması (Sikora, ve ark., 2020) gibi faktörler tozlayıcı popülasyonlarının azalmasına neden olmaktadır.

Ekolojik olarak kırılgan ve parçalanmış kentsel yeşil alanların işleyişini ve dayanıklılığını destekleyen bu canlıların (Bellamy ve ark., 2017) hayatta kalması için çiçekli bitkilerin varlığı ve çeşitliliği oldukça önemlidir. Bitkiler ile tozlayıcılar arasındaki etkileşime dayanan tozlaşma, kentlerde iklim değişikliği etkilerini hafifletmek ve bu etkilere karşı direnç geliştirmek için düzenleyici ekosistem servisi olarak hayati bir rol üstlenmektedir (Coşkun Hepcan, 2019).

Kentsel yeşil alanlar tozlayıcı türler için yaşam alanları sağlayarak, giderek bozulan kültürel peyzajlarda tozlayıcı çeşitliliğinin rezerv alanı olarak hizmet etme potansiyeline sahiptir. Bu doğrultuda kentsel yeşil alanların tozlayıcılar için bir sığınak olduğunu ispatlamayı ve bitkiler ile tozlayıcıların arasındaki etkileşimleri değerlendirmeyi hedefleyen bilimsel çalışmalar bulunmaktadır (Baldock ve ark., 2015; Tam ve Bonebrake, 2016; Banaszak-Cibicka ve ark., 2018; Lowenstein ve ark., 2018; Yang ve ark., 2019; Dylewski ve ark., 2020; Marín ve ark., 2020; Sikora, ve ark.,2020; Daniels ve ark., 2020).

Dünyada kentsel ekosistemlerde bitki örtüsü ve tozlayıcı arasındaki ilişki üzerine yapılan ekolojik çalışmalar yaygın hale gelmeye başlasa da Türkiye'de bilimsel yayınlar

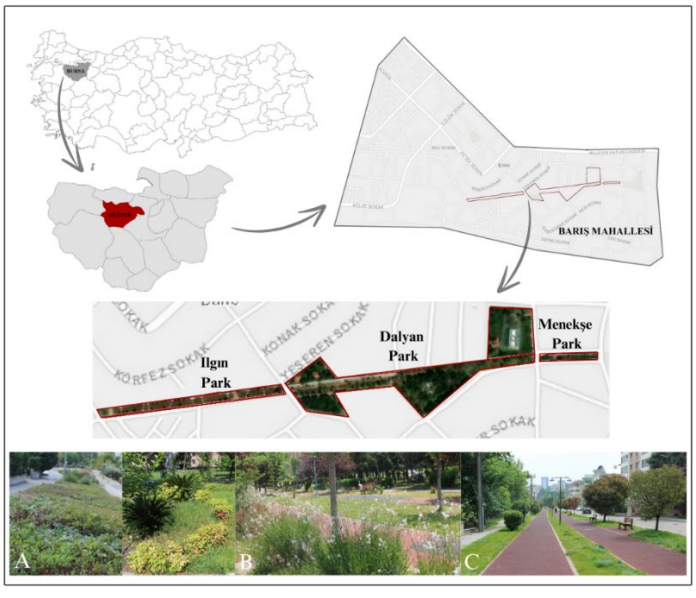
tarandığında bu ve benzeri çalışmalara rastlanmamıştır. Yapılan çalışmaların genellikle kent ekosistemlerinde biyolojik çeşitliliğin genel durumu üzerine odaklanmakta veya kentteki tozlaşma bahçeleri hakkında olup Özdemir ve Ulus (2018) ve Sarı (2021) parklarda bitki-tozlayıcı etkileşim ağlarını inceleyen gözleme dayalı yayımlanmış çalışmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışmanın Türkiye'de kent parklarındaki tozlayıcı-bitki etkileşimlerini istatistiksel açıdan değerlendiren ilk araştırmalardan biri olması, literatürdeki bu boşluğu doldurma açısından önemli ve özgün bir katkı sağlayacaktır. Ayrıca böcek ve bitki çeşitliliğini belirlemeye yönelik çalışmalar farklı bilim dallarında elbette mevcuttur. Ancak bu araştırmalar genellikle tarımsal alanlar, doğal habitatlar veya kırsal ekosistemler üzerine odaklanmıştır.

Bu çalışmada ise kentsel ekosistemlerde yer alan parklardaki (Menekşe, Dalyan ve Ilgın) bitki örtüsü ile üç ana tozlayıcı grubun (arılar, kelebekler, çiçek sinekleri) etkileşiminin istatistiksel yöntemler ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma materyalini, Bursa ili Nilüfer ilçesi Barış Mahallesi sınırları içinde, konut alanlarıyla çevrili Menekşe, Dalyan ve Ilgın parkları oluşturmaktadır. Menekşe Parkı 6,21 da, Dalyan Parkı 10,2 da ve Ilgın Parkı 6,27 da büyüklüğündedir. Çalışmada tozlayıcı ve bitki örtüsü etkileşimine odaklanıldığı için parkların seçiminde belirli kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Bu kriterler; parkların büyüklüğü, tozlayıcıların hareket alanı içinde bulunması ve tozlayıcıları çeken bitki örtüsüne sahip olmalarıdır (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma alanı (Parklar; (A) Menekşe Park, (B) Dalyan Park, (C) Ilgın Park).

2.2. Yöntem

Menekşe, Dalyan ve Ilgın parklarındaki bitki örtüsü ile tozlayıcılar arasındaki etkileşimin belirlenmesi üzerine kurgulanan araştırma yöntemi, veri üretimi ve veri analizi aşamalarından oluşmaktadır. Araştırmada ağaç türlerinin çiçeklerini ziyaret eden tozlayıcı türlerin belirlenmesi teknik kısıtlılıklar nedeniyle mümkün olmadığı için parklardaki çalı türleri yerinde gözlemlerle tanımlanmıştır. Bu makale, lisansüstü çalışması kapsamında ilkbahar döneminde yürütülen saha araştırmasına dayanmaktadır. Tozlayıcı türlerini belirlemek amacıyla vejetasyon döneminin başlangıcı dikkate alınarak, 2023 yılının Mart ve Haziran ayları arasında ayda iki kez olmak üzere toplam 8 kez yerinde gözlem yapılmıştır. Gözlemler konu ile ilgili literatürde (Dylewski ve ark., 2020) belirtildiği üzere 10:00-16:00 saatleri arasında, minimum hava sıcaklığı 20 °C'de, rüzgarsız veya hafif rüzgarlı hava koşullarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının fiziksel yapısı göz önüne alınarak en iyi örneklem oluşturabilecek şekilde literatüre bakılarak alanda bölümlemeler yapılmıştır. Her park için gözlem çerçevelerinin büyüklüğü 7 m x 30 m olarak ölçülmüştür (Sikora ve ark., 2020; Baldock ve ark., 2015; Baldock ve ark., 2019). Menekşe Parkı'nda 5, Dalyan Parkı'nda 4 ve Ilgın Parkı'nda 2 olmak üzere toplam 11 adet gözlem çerçevesi belirlenmiştir. Belirlenen çerçevelerde, 30 dakika boyunca uçtan uca yürüyüşler yaparak tozlayıcı ziyaretleri gözlemlenmiş, bu türlerin tanımlanması için fotoğraflar çekilmiş ve botanik uzmanlarına danışılmıştır. Gözlemlerde her tozlayıcı ziyareti için ziyaret edilen bitki türleri ve tozlayıcı sayısı not alınarak tozlayıcı verileri oluşturulmuştur. Veriler, R 4.2.3 (R Core Team, 2023) yazılımında ekolojik ağ, kümeleme ve temel bileşenler analizlerine tabi tutulmuştur.

• **Ekolojik Ağ Analizi (Ecological Network Analysis)**

Parklarda bulunan tozlayıcı bitkiler ile tozlayıcılar arasındaki etkileşim ağının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Etkileşim ağı oluşturulurken R Studio'da 'igraphs' ve 'bipartite' paketleri kullanılmıştır (Csárdi, 2023; Dormann ve ark., 2008).

• **Kümeleme Analizi (Cluster Analysis)**

Tozlayıcı topluluklarının bitki türü tercihlerine göre gruplandırılması ile aralarındaki benzerlikleri ortaya koymak amacıyla uygulanmıştır. Benzerlik dendrogramı oluşturulurken R Studio'da 'factoextra', 'scales', 'ggsci', 'Stats', 'grDevices' paketleri kullanılmıştır (Kassambara and Mundt, 2020; Wickham ve ark., 2023; Xiao, 2023; R Core Team, 2023).

• **Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis- PCA)**

Tozlayıcıların ziyaret ettiği bitki türleri ve hangi çiçek renk tonları tercih etme eğiliminde olduğunu anlamak için uygulanmıştır. Bu analiz için R Studio'da 'Corrr', 'vegan', 'corrplot', 'factoMineR', 'factoextra', 'ggcorrplot', 'ggplot2' paketleri kullanılmıştır (Kuhn ve ark., 2022; Oksanen ve ark., 2023; Wei and Simko, 2021; Lê ve ark., 2008; Kassambara and Mundt, 2020; Kassambara and Patil, 2023; Wickham, 2016). Temel Bileşenler Analizi'nde, özdeğer katsayıları 1'in üzerinde olan ve varyans açıklama yüzdesi %10'un üzerinde olan eksenler istatistiksel açıklama yüzdesinin anlamlılığı açısından dikkate alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

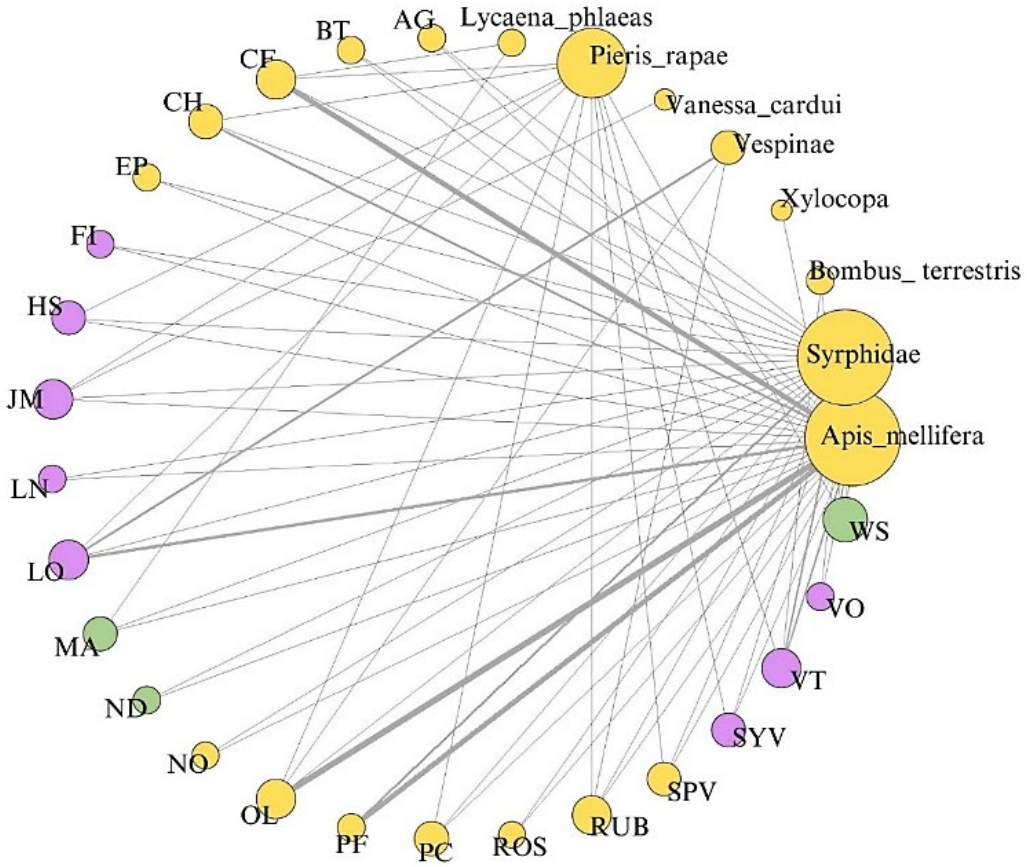
Parklarda Abelya (*Abelia* x *grandiflora* (Rovelli ex André) Rehder) , Tibet Dağ Muşmulası (*Cotoneaster franchetii* Bois), Yayılıcı Dağ Muşmulası (*Cotoneaster horizontalis* Decne.), Çalı Papatyası (*Euryops pectinatus* (L.) Cass.), Altın Çanak (*Forsythia* × *intermedia* Zabel), Ağaçhatmi (*Hibiscus syriacus* L.), Kül Çiçeği (*Jacobaea maritima* (L.) Pelser & Meijden), Defne (*Laurus nobilis* L.), Lavanta (*Lavandula officinalis* Chaix), Sarı Boya Çalısı (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.), Cennet Bambusu (*Nandina domestica* Thunb.), Zakkum (*Nerium oleander* L.), Gaura (*Oenothera lindheimeri* (Engelm. & A. Gray) W. L.Wagner & Hoch), Alev Çalısı (*Photinia* × *fraseri* Dress), Ateş Dikeni (*Pyracantha coccinea* M. Roem.), Gül (*Rosa* L.), Kırmızı Yapraklı Hanım Tuzluğu (*Berberis thunbergii* DC.), Böğürtlen (*Rubus* L.), Keçi Sakalı (*Spiraea* × *vanhouttei* (Briot) Zabel), Leylak (*Syringa vulgaris* L.) , Çınar Yapraklı Kartopu (*Viburnum opulus* L.), Tüylü Kartopu (*Viburnum tinus* L.), Mor Salkım (*Wisteria sinensis* (Sims) DC.) türleri olmak üzere tek tek sayımla toplamda 1825 çalı ve Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*), Çiçek sinekleri (Syrphidae), Tüylü arı (*Bombus terrestris*), Oduncu arısı (*Xylocopa sp.*), Eşek arısı (Vespinae), Diken kelebeği (*Vanessa cardui*), Küçük beyaz melek kelebeği (*Pieris rapae*), Benekli bakır kelebeği (*Lycaena phlaea*s) türleri olmak üzere tek tek sayımla toplamda 877 tozlayıcı saptanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Bitki ve tozlayıcı etkileşimleri (A: Lavanta (*Lavandula officinalis* Chaix), Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*); B: Gaura (*Oenothera lindheimeri* (Engelm. & A. Gray) W. L.Wagner & Hoch), Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*); C: Alev Çalısı (*Photinia* × *fraseri* Dress), Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*); D: Yayılıcı Dağ Muşmulası (*Cotoneaster horizontalis* Decne.), Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*); E: Çalı Papatyası (*Euryops pectinatus* (L.) Cass.), Çiçek sineği (Syrphidae); F: Sarı Boya Çalısı (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.), Çiçek sineği (Syrphidae); G: Kül Çiçeği (*Jacobaea maritima* (L.) Pelser & Meijden), Diken kelebeği (*Vanessa cardui*); H: Leylak (*Syringa vulgaris* L.), Küçük beyaz melek kelebeği (*Pieris rapae*); I: Böğürtlen (*Rubus* L.), Eşek arısı (Vespinae)).

• **Ekolojik Ağ Analizi (Ecological Network Analysis)**

Tüm tozlaştırıcı gruplar ve parklarda mevcut çiçekli çalı türleri arasındaki etkileşim analizinin sonucu grafikle gösterilmektedir (Şekil 3). Grafikte düğümleri birbirine bağlayan çizgilerin kalınlığı, bitkiler ve tozlayıcılar arasındaki etkileşim yoğunluğuna yani bitki üzerinde gözlenen tozlayıcı sayısına bağlı olarak artmaktadır. Düğümlerin farklı renklerde olması ise etkileşim ağındaki farklı işlevleri belirtmektedir. Sarı düğümler tozlayıcı türleri ve yoğun ziyaret edilen bitki türlerini, pembe düğümler orta derece, yeşil düğümler ise az ziyaret edilen bitki türlerini ifade etmektedir.



Şekil 3. Bitki ve tozlayıcı etkileşim ağı (Bitki isimlerinin kısaltması: AG: *Abelia* × *grandiflora*; BT: *Berberis thunbergii*; CF: *Cotoneaster franchetii*; CH: *Cotoneaster horizontalis*; EP: *Euryops pectinatus*; FI: *Forsythia* × *intermedia*; HS: *Hibiscus syriacus*; JM: *Jacobaea maritima*; LN: *Laurus nobilis*; LO: *Lavandula officinalis*; MA: *Mahonia aquifolium*; ND: *Nandina domestica*; NO: *Nerium oleander*; OL: *Oenothera lindheimeri*; PF: *Photinia* × *fraseri*; PC: *Pyracantha coccinea*; ROS: *Rosa* spp.; RUB: *Rubus sp.*; SPV: *Spiraea* × *vanhouttei*; SYV: *Syringa vulgaris*; VT: *Viburnum tinus*; VO: *Viburnum opulus*; WS: *Wisteria sinensis*).

Şekil 3'de düğümlerin büyük ve iç içe geçmesi, Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*) ve Çiçek sineklerinin (Syrphidae) parklardaki birçok bitki türünü tercih ettiği ve bu türlerle arasında güçlü etkileşim olduğunu göstermektedir. Her iki türün de sık tercih ettiği Alev Çalısı (*Photinia* × *fraseri* Dress) türüdür. Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*) türünün Tibet Dağ Muşmulası (*Cotenaster franchetti* Bois), Alev Çalısı (*Photinia* × *fraseri* Dress), Gaura (*Oenothera lindheimeri* (Engelm. & A. Gray) W. L.Wagner & Hoch) bitki türlerini sıklıkla ziyaret ettiği görülmektedir. Fakat Cennet Bambusu (*Nandina domestica* Thunb.), Altın Çanak *(Forsythia* × *intermedia* Zabel), Zakkum (*Nerium oleander* L.) türleri az tercih edilmiştir. Parklardaki ziyaretçiler arasında Tüylü arı (*Bombus terrestris*), Oduncu arısı

(*Xylocopa sp.*) ve Diken kelebeği (*Vanessa cardui*) türlerinin bitkilerle zayıf bir etkileşimi olduğu ve belirli bitki türünü tercih ettiği görülmektedir.

Parklarda en fazla bulunan arı türünün Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*) ve en fazla bulunan kelebek türünün Küçük beyaz melek kelebeği (*Pieris rapae*) olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar Dylewski ve ark. (2019)'nın bulgularıyla tutarlılık göstermektedir. Mach and Potter (2018)'nın sonuçlarında da Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*) türü en fazla bulunmuştur. Alanda en az bulunan arı türü ise Tüylü arı (*Bombus terrestris*)'dır. Daniels ve ark. (2020) çalışmasında Kedi Nanesi (*Nepeta* x *faassenii* Bergmans ex Stearn) ve Yabani Adaçayı (*Salvia nemorosa* L.) bitki türlerine Tüylü arı (*Bombus terrestris*)'nın yoğun ilgisi olduğu görülmektedir fakat bu çalışma alanında bu bitkilerin olmaması Tüylü arı (*Bombus terrestris*) sayısının az olması ile ilişkilendirilebilir. Çalışma alanında Tüylü arı (*Bombus terrestris*) ve Oduncu arısı (*Xylocopa sp.*) türlerini çekebilecek bitkilerin bulunmadığı ve bu tozlayıcıların ilgisini çeken Mor Salkım (*Wisteria sinensis* (Sims) DC.) türünün alanda az bulunması, bu tozlayıcıların azlığı ile ilişkilendirilebilir.

Etkileşim ağ grafiğinde Gaura (*Oenothera lindheimeri* (Engelm. & A. Gray) W. L.Wagner & Hoch), Alev Çalısı (*Photinia* × *fraseri* Dress), Tibet Dağ Muşmulası (*Cotenaster franchetti* Bois), Lavanta (*Lavandula officinalis* Chaix) ve Tüylü Kartopu (*Viburnum tinus* L.) türlerinin çok sayıda tozlayıcı çektiği belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu bitkiler Mor Salkım (*Wisteria sinensis* (Sims) DC.), Leylak (*Syringa vulgaris* L.), Gül (*Rosa* L.) türlerine göre tozlayıcılar tarafından daha fazla ziyaret edilmiştir. Bu durum Gaura (*Oenothera lindheimeri* (Engelm. & A. Gray) W. L.Wagner & Hoch), Alev Çalısı (*Photinia* × *fraseri* Dress), Tibet Dağ Muşmulası (*Cotenaster franchetti* Bois), Lavanta (*Lavandula officinalis* Chaix) ve Tüylü Kartopu (*Viburnum tinus* L.) türlerinin alanda sayıca daha fazla bulunmalarıyla da açıklanabilir. Buna karşılık Yayılıcı Dağ Muşmulası (*Cotenaster horizontalis* Decne.) alanda az sayıda olmasına rağmen Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*) için güçlü bir tozlayıcı çeken bitki olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgu Sarı (2021)'nın bal üretim potansiyeli yüksek bir tür olarak *Cotoneaster sp.*'nin bal arıları için önemli bir kaynak olduğu yönündeki bulgularıyla tutarlılık göstermektedir. Araştırma alanında az sayıda bulunan bir başka tür olan Böğürtlen (*Rubus* L..)'nin farklı tozlayıcı grupları tarafından ziyaret edildiği belirlenmiştir. Bu durum Deveci vd. (2015)'nin böğürtlenin polen, nektar ve salgı üretimi açısından ülkemizde yetişen en önemli çalı türleri arasında yer aldığını belirten çalışmasıyla uyumludur.

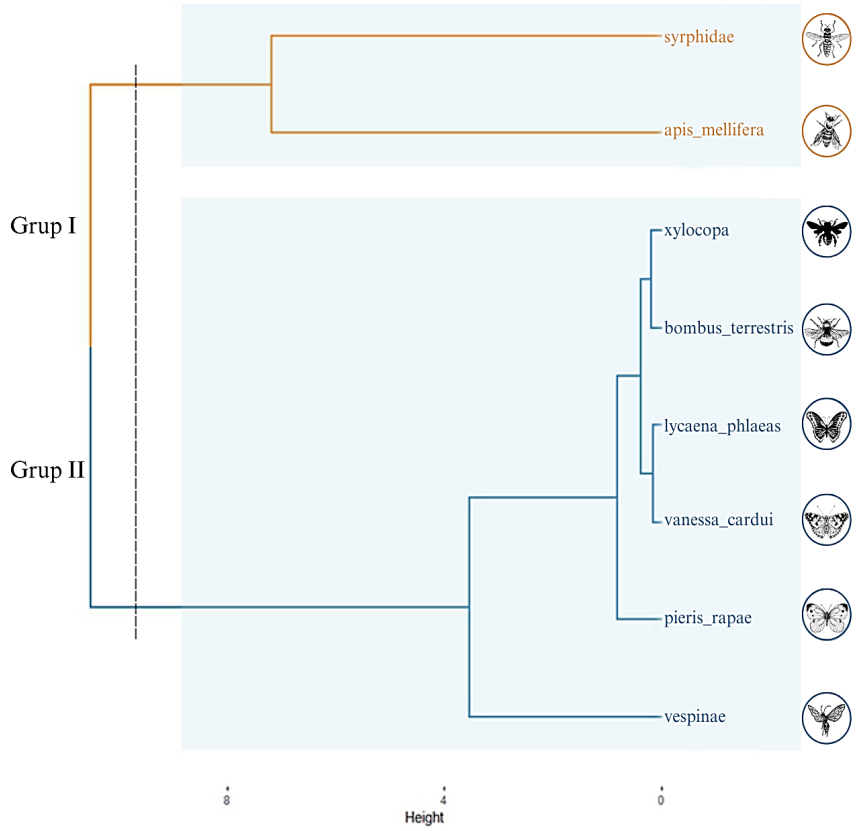
Alanda bulunan bazı bitki türlerinin çiçeklenme döneminin gözlem süresinden sonra olması nedeniyle bu bitkilerin tozlayıcılarla ilişkisini değerlendirmek mümkün olmamıştır.

Ancak her ne kadar gözlem yapılamamış olsa da çalışma alanında bulunan Haziran'dan sonra çiçeklenen bitkilerin de tozlayıcı türler için süregelen periyotlar şeklinde bir besin kaynağı sirkülasyonu sağlayacağı düşünülmektedir. Örneğin bu çalışmada gözlem sırasında çiçek açmamış olan Abelya (*Abelia* × *grandiflora* (Rovelli ex André) Rehder)'da az sayıda tozlayıcı görülmüştür. Ancak çiçeklenme döneminde Abelya (*Abelia* × *grandiflora* (Rovelli ex André) Rehder)'nın çok sayıda arıyı kendine çektiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Mach and Potter, 2018). Bu kapsamda bulgular, kent parklarındaki tozlayıcı dostu bitki çeşitliliğinin, tozlayıcılar için önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

- **Kümeleme Analizi (Cluster Analysis)**

Tozlayıcıların benzer bitki türlerini tercih etmesi itibariyle tozlayıcıların gruplandırılması amacıyla yapılan Kümeleme Analizi sonuçları Şekil 4'de verilmiştir. Kümeleme Analizi sonucunda tozlayıcıların parklardaki bitki türleri tercihlerine göre belirlenen en uygun grup sayısı ikidir. Bu ayrıma göre iki tozlayıcı türü bir grupta (Grup I), altı tozlayıcı türü ise diğer grupta (Grup II) yer almıştır (Şekil 4). Dendrogramdaki her iki grupta birbirine yakın konumlardaki dallanmalar, türlerin genel tercihi açısından daha fazla benzerlik gösterdiğini açıklamaktadır.

İlk grupta Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*) ve Çiçek sinekleri (Syrphidae) birbirine en çok benzerlik gösterirken, bu iki tür bitki tercihi açısından diğer gruptaki 6 tozlayıcı türden ayrışmaktadır. İkinci grupta ise Oduncu arısı (*Xylocopa sp.*) ve Tüylü arı (*Bombus terrestris*), Benekli bakır kelebeği (*Lycaena phlaeas*) ve Diken kelebeği (*Vanessa cardui*) benzer özellikler açısından yakın ilişkiye sahiptir. Aynı grupta bulunan Eşek arısı (Vespinae) ve Küçük beyaz melek kelebeği (*Pieris rapae*) aynı kümeleme grubunda (Grup 2'de) yer aldığı 4 tozlayıcı tür ile bitki tercihleri açısından Grup 1'deki 2 türe kıyasla daha yüksek bir benzerlik olduğu görülmekle birlikte bu türlerin bitki tercihi açısından Grup 2'deki diğer 4 türden öncelikli olarak ayrışan türler oldukları da görülmektedir.



Şekil 4. Tozlayıcı türlerinin parklardaki bitki türleri tercihlerine göre dendrogramı.

- **Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis- PCA)**

Tozlayıcıların ziyaret ettiği bitki türleri ve bu bitkilerde gözlenen tozlayıcılar ele alınarak çiçek renk sınıflarıyla birlikte ilişkileri tanımlayan Temel Bileşenler Analizi'nin sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. PCA eksenine ait özdeğerler ve varyans (%) açıklama katsayıları.

PCA Eksenleri	Özdeğer	Varyans (%)	Kümülatif Varyans (%)
Eksen 1	2.44	30.5	30.5
Eksen 2	1.73	21.6	52.1
Eksen 3	1.27	15.9	68.1
Eksen 4	1.06	13.3	81.4

Çizelge 1'de görüldüğü üzere özdeğer katsayısı 1'den büyük olan ve veri matrisindeki varyansı en yüksek düzeyde açıklayan temel bileşenler olan ilk 4 eksen kullanılmıştır. Bu 4 eksen, veri setindeki toplam varyansın %81,4'ünü açıklamaktadır. Temel Bileşenler Analizi sonucunda istatistiksel olarak en yüksek anlamlılık düzeyine sahip olan ilk 4 eksen üzerinde

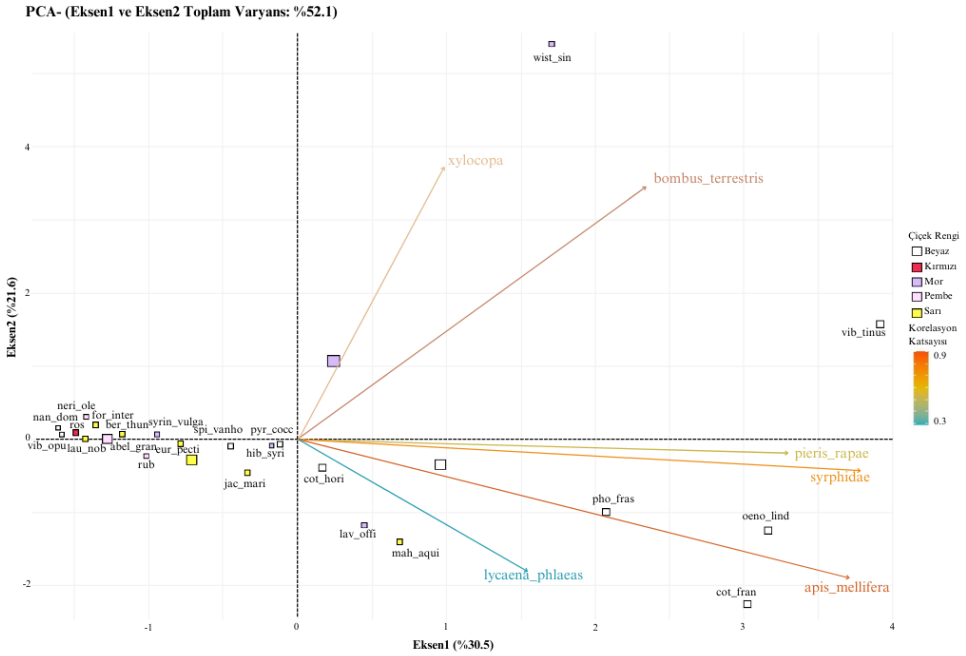
tozlayıcıların bitki türleri tercihlerine göre oluşturulan eksenlerin korelasyon değerleri Çizelge 2'de listelenmiştir.

Çizelge 2. İlk 4 PCA ekseni üzerinde tozlayıcılara ait korelasyon katsayıları (r).

	Eksen 1	**Eksen 2**	**Eksen 3**	**Eksen 4**
apis_mellifera	0.837	-0.426	0.070	-0.034
syrphidae	0.855	-0.093	-0.287	0.012
bombus_terrestris	0.531	0.788	0.036	-0.013
xylocopa	0.222	0.844	-0.070	-0.053
vespinae	0.002	-0.184	0.634	-0.651
vanessa_cardui	-0.044	-0.068	0.508	0.792
pieris_rapae	0.745	-0.041	0.514	0.076
lycaena_phlaeas	0.350	-0.405	-0.508	0.051

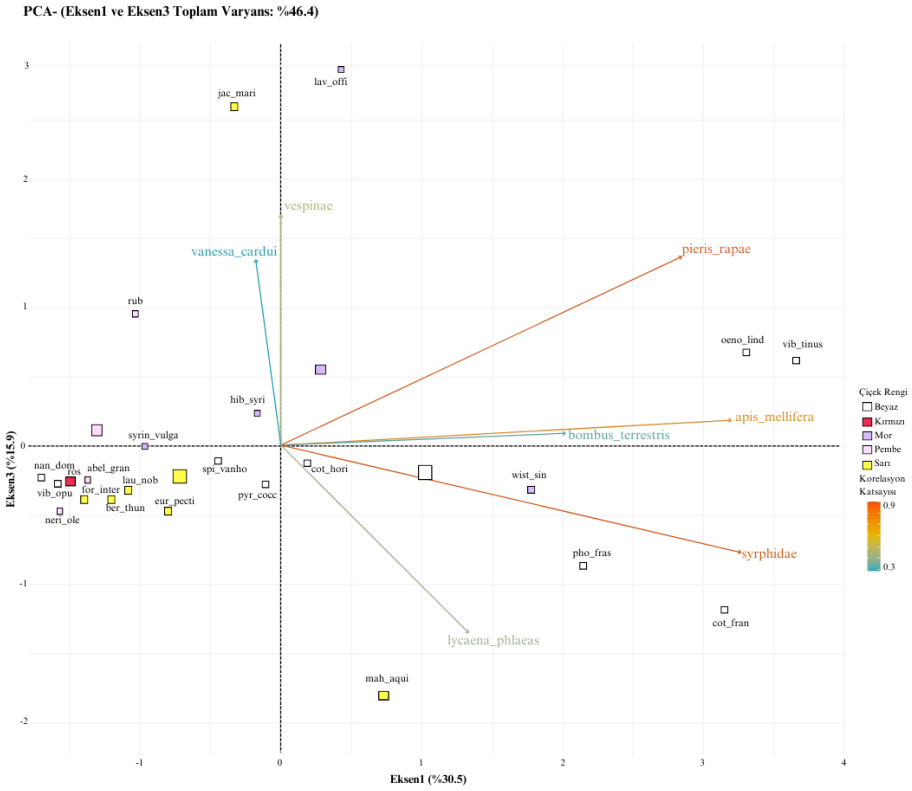
4 eksen içerisinde varyans açıklama yüzdesi en yüksek olan Eksen 1 (%30,5) üzerinde Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*) (r: 0.837), Çiçek sineği (Syrphidae) (r: 0.855), Küçük beyaz melek kelebeği (*Pieris rapae*) (r: 0.745) tozlayıcı türlerinin parklardaki bitki türlerini tercihleri bakımından birbirleriyle en yüksek pozitif korelasyona sahip değişkenler oldukları görülmektedir (Şekil 5). Ziyaret ettikleri Alev Çalısı (*Photinia* × *fraseri* Dress), Tibet Dağ Muşmulası (*Cotenaster franchetti* Bois), Gaura (*Oenothera lindheimeri* (Engelm. & A. Gray) W. L.Wagner & Hoch), Tüylü Kartopu (*Viburnum tinus*) bitkilerinin çiçek renk değişkeni ile ilişkilendirildiklerinde ağırlıklı olarak beyaz çiçekli bitkileri tercih ettikleri görülmektedir. Ayrıca bu türlerden Avrupa bal arısı (*Apis mellifera*)'nın Lavanta (*Lavandula officinalis* Chaix) ve Sarı Boya Çalısı (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.) türlerini ziyaret ederek mor ve sarı çiçekli bitkileri de tercih etmiştir.

Eksen 2 (%21,6) üzerinde ise Tüylü arı (*Bombus terrestris*) (r: 0.788) ve Oduncu arısı (*Xylocopa sp.*) (r: 0.844) türlerinin parklardaki bitki türlerini tercih etme bakımından birbirleriyle pozitif ilişkisi olan tozlayıcılar oldukları görülmektedir (Şekil 5). Tüylü arı (*Bombus terrestris*)'nın Tüylü Kartopu (*Viburnum tinus* L.) ve Mor Salkım (*Wisteria sinensis* (Sims) DC.) bitkilerini tercih etmesi beyaz ve mor çiçekli bitkilerle, Oduncu arısı (*Xylocopa sp.*)'nın Mor Salkım (*Wisteria sinensis* (Sims) DC.)'ı tercih etmesi mor çiçekli bitkilerle ilişkili olduğu görülmektedir. Sikora ve ark. (2020)'nın çalışmasına göre Tüylü arıların (*Bombus terrestris*) en sık mor ve pembe çiçekleri ziyaret ettiği saptanmıştır.



Şekil 5. Eksen 1 ve Eksen 2 üzerinde tozlayıcılar ile bitki türlerinin konumu ve çiçek renk sınıflarının görünümü.

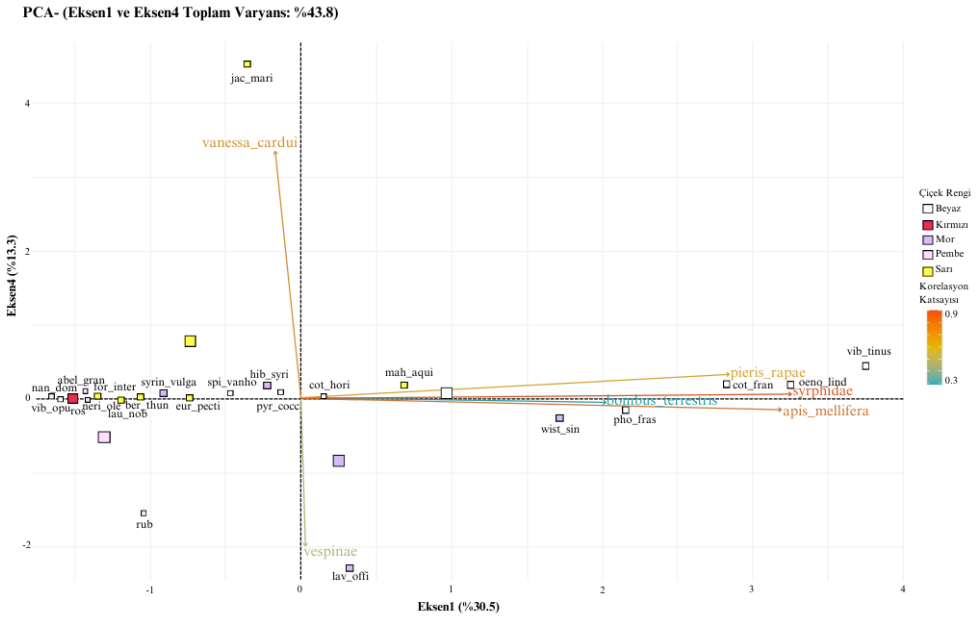
Eksen 3 (%15,9) üzerinde konumlanan Benekli bakır kelebeği (*Lycaena phlaeas*) (r: -0.508) en yüksek negatif korelasyona sahip tozlayıcıdır (Şekil 6).



Şekil 6. Eksen 1 ve Eksen 3 üzerinde tozlayıcılar ile bitki türlerinin konumu ve çiçek renk sınıflarının görünümü.

Bu eksen üzerinde Benekli bakır kelebeği (*Lycaena phlaeas*) türünün bitki türlerini tercihi açısından diğer tozlayıcı türlerle arasında yüksek bir ilişkisinin olmadığı görülmektedir. Benekli bakır kelebeği (*Lycaena phlaeas*)'nin Sarı Boya Çalısı (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.) ve Tibet Dağ Muşmulası (*Cotenaster franchetti* Bois) bitkilerini tercih etmesi beyaz ve sarı çiçekli bitkilerle ilişkili olduğu görülmektedir.

Eşek arısı (Vespinae) (r: -0.651) ve Diken kelebeği (*Vanessa cardui*) (r: 0.792) türleri ise en yüksek korelasyonu Eksen 4 (%13,3) üzerinde göstermiştir. Bu iki türün bitki türlerini tercih bakımından ilişkilerinin negatif olduğu görülmektedir (Şekil 7). Eşek arısı (Vespinae)'nın Lavanta (*Lavandula officinalis* Chaix) ve Böğürtlen (*Rubus* L.) türlerini ziyaret ederek mor ve pembe çiçekli bitkileri tercih ederken, Diken kelebeği (*Vanessa cardui*) sarı çiçekli Kül Çiçeği (*Jacobaea maritima* (L.) Pelser & Meijden)'ni tercih ettiği görülmektedir.



Şekil 7. Eksen 1 ve Eksen 4 üzerinde tozlayıcılar ile bitki türlerinin konumu ve çiçek renk sınıflarının görünümü.

Benekli bakır kelebeği (*Lycaena phlaeas*)'nin Sarı Boya Çalısı (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.) ve Diken kelebeği (*Vanessa cardui*)'nin sarı çiçekli Kül Çiçeği (*Jacobaea maritima* (L.) Pelser & Meijden) bitkisini tercih ettiği grafiklerde görülmektedir. Short and Florida (2008)'nın kelebek türlerinin sarı çiçekli bitkileri tercih ettiğini saptayan çalışma sonuçları ve bu çalışmanın bulguları örtüşmektedir.

Bu çalışmada, Nilüfer ilçesinde bulunan üç kent parkında tozlayıcı-bitki etkileşimi araştırılmış olup bulgular, parklardaki tozlayıcı bolluğunun yüksek olmadığını göstermiştir. Bu durum, çalışmanın bazı kısıtlılıklarıyla da açıklanabilir; örneğin, gözlem süresi uzatıldığında ve kent içerisindeki parklar bir yeşil alan sistemi olarak ele alındığında, tozlayıcı bolluğu ve çeşitliliği açısından farklı sonuçlara ulaşmak mümkün olabilir. Ayrıca çalışma kapsamında yapılan gözlemlerde tozlayıcıların besin tercihleri, yaşam yerleri ve yuvalanma biçimleri gibi kriterler değerlendirilmemiştir fakat gözlemler boyunca çeşmenin yanı sıra, duvar oyuklarından ve barbakanlardan su içen arılar görülmüştür. Bu nedenle tozlayıcıların beslenme ve barınma ihtiyaçlarına yönelik çalışmalar geliştirilmesi, otsu bitkiler ve tozlayıcılar arasındaki etkileşimin değerlendirilmesi kentsel biyoçeşitlilik açısından önemli faydalar sağlayacaktır.

4. Sonuç ve Öneriler

Bulgular, Nilüfer İlçesi Barış Mahallesi'nde yer alan Menekşe, Dalyan ve Ilgın parklarının farklı tozlayıcı türler için yaşam alanları sağlama konusunda önemli rol oynadığını göstermektedir. Parkların tozlayıcı çeşitliliği ve sayısı açısından düşük değere sahip olması, parklardaki bitki çeşitliliğinin az olması ve tozlayıcı çeken bitki türlerinin tercih edilmemesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bitki-tozlayıcı etkileşimlerinin istatistiksel analizleri, tozlayıcı sayısı ile çiçek sayısı arasındaki pozitif ilişkinin önemini ortaya koymaktadır.

Geleceğe yönelik küresel değişim senaryoları, iklim kriziyle birlikte tozlayıcı türlerin risk altında olduğunu ve gün geçtikçe sayılarının daha da azalarak yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğunu öngörmektedir. Buna çözüm olarak kentlerin iklime dirençli hale getirilmesi ve kentlerdeki tozlayıcılar için koruma stratejilerinin geliştirilmesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda araştırmaya konu olan parklarda tozlayıcı çeşitliliği ve bolluğunun artması, bitki ve tozlayıcı etkileşiminin iyileştirilmesi için tozlayıcı dostu planlama ve tasarım önerileri geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan bitki örtüsü ve tozlayıcı etkileşimi açısından parklardaki Tibet Dağ Muşmulası (*Cotenaster franchetti* Bois), Yayılıcı Dağ Muşmulası (*Cotenaster horizontalis* Decne.), Alev Çalısı (*Photinia* × *fraseri* Dress), Gaura (*Oenothera lindheimeri* (Engelm. & A. Gray) W. L.Wagner & Hoch) ve Tüylü Kartopu (*Viburnum tinus* L.) bitkileri tozlayıcı türlerin ağırlıklı olarak ilgisini çektiği belirlenmiştir. Aynı zamanda, Mor Salkım (*Wisteria sinensis* (Sims) DC.), Leylak (*Syringa vulgaris* L.), Lavanta (*Lavandula officinalis* Chaix) bitkilerinin Tüylü

arı (*Bombus terrestris*) ve Oduncu arısı (*Xylocopa sp.*) gibi belirli türler için gösterge bitki türü olduğu saptanmıştır fakat bu bitkilerin sayılarının alanda az olması nedeniyle bu tozlayıcıların da az bulunmasına neden olmuştur.

Çalışma alanında yeniden bitkilendirilme yapılırken, doğa ve ekosistem temelli çözümler kapsamında Lavanta (*Lavandula officinalis* Chaix), Adaçayı (*Salvia officinalis* L.), Biberiye (*Salvia rosmarinus* Spenn.), Nane (*Mentha* L.), Leylak (*Syringa vulgaris* L.), Hayıt (*Vitex agnus-castus* L.) gibi bitkilerin kullanılması, farklı boylardan oluşan katmanlı (kademeli) bir bitkilendirme yapılması ve çim yerine doğal çayır bitkilerinin kullanılması kentin biyolojik çeşitliliğini ve iklim direncini artıracaktır (Coşkun Hepcan, 2022).

Parklardaki bitki tür seçimlerinde çiçeklerin form ve renklerinin yanı sıra yılın farklı dönemlerinde alanda bulunan tozlayıcılar için bitkilerin çiçeklenme dönemlerinin birbirini takip etmesine özellikle dikkat edilmelidir (Sikora ve ark., 2020). Tozlayıcı habitat işaret levhaları ve ekolojik dengeyi destekleyen tozlayıcı yuvalama blokları (yuvalama tüpleri, polinatör evleri, arı blokları, arı duvarları, arı otelleri) yerleştirilebilir. Bu yuvalar, kuru kütüklere veya tahta bloklara delikler açarak oluşturulabilir (Coşkun Hepcan ve Özeren Alkan, 2017). Buna ek olarak su kaynaklarına yakın olmayan alanlarda yapay su kaynakları (arı kapları, kuş havuzu, çamurlu su birikintisi) oluşturulmalıdır (Özdemir ve Ulus, 2018). Ayrıca Bursa kentine özgü tozlayıcı koruma rehberleri ve tozlayıcı dostu bitki listeleri kentsel biyoçeşitlilik konusundaki farkındalığı artıracak ve tozlayıcı-bitki etkileşiminin öneminin algılanmasını sağlayacaktır. Bu farkındalık insanların biyoçeşitliliği gözlemlemeye ve kaydetmeye teşvik edecek, dolayısıyla Bursa kenti için bir tozlayıcı-bitki etkileşimi veri tabanı oluşturmaya yardımcı olacaktır.

Bu araştırma, kent parklarındaki tozlayıcı-bitki etkileşimini istatistiki açıdan değerlendiren Türkiye'de yapılmış ilk çalışma olması nedeniyle özgün ve önemli bir değere sahiptir. Toplanan veriler ve bu verilerin istatistiki açıdan değerlendirilmesi, kent parklarındaki tozlayıcı-bitki etkileşiminin korunmasına ve biyoçeşitliliğin artmasına katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

Baldock, K. C., Goddard, M. A., Hicks, D. M., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Osgathorpe, L. M., Potts, S. G., Robertson, K. M., Scott, A. V., Stone, G. N., Vaughan, I. P., & Memmott J. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proc. R. Soc. B*, *282*(1803), 20142849.

Baldock, K. C., Goddard, M. A., Hicks, D. M., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Morse, H., Osgathorpe, L. M., Potts, S. G., Robertson, K. M., Scott, A. V., Staniczenko, P., Stone, G. N., Vaughan, I. P., & Memmott, J. (2019). A systems approach reveals urban pollinator hotspots and conservation opportunities. *Nature Ecology and Evolution*, *3*(3), 363-373.

Banaszak-Cibicka, W., Twerd, L., Fliszkiewicz, M., Giejdasz, K., & Langowska, A. (2018). City parks vs. natural areas - is it possible to preserve a natural level of bee richness and abundance in a city park? *Urban Ecosystems*, *21*(5), 599-613.

Bellamy, C. C., van der Jagt, A. P. N., Barbour, S., Smith, M., & Moseley, D. (2017). A spatial framework for targeting urban planning for pollinators and people with local stakeholders: A route to healthy, blossoming communities? *Environmental Research*, *158*, 255-268.

Coşkun Hepcan Ç., & Özeren Alkan, M. (2017). Quantifying the Biodiversity of Ege University Rectorship Garden. *The Problems of Landscape Ecology*, *44*, 89-98.

Coşkun Hepcan, Ç. (2019). Kentlerde İklim Değişikliği ile Mücadele İçin Yeşil Altyapı Çözümler. *İklim Değişikliği Eğitim Modüller Serisi 12*, Ankara.

Coşkun Hepcan, Ç. (2022). Doğa Temelli Çözümler ve Kentsel Dirençlilik. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, *1*(2), 19-40.

Csárdi, G., Nepusz, T., Traag, V., Horvát, S., Zanini, F., Noom, D., Müller, K. (2023). igraph: Network Analysis and Visualization in R. Zenodo. Erişim Adresi: https://CRAN. R-project.org/package= igraph. Erişim Tarihi: 30.03.2023.

Daniels, B., Jedamski, J., Ottermanns, R., & Ross-Nickoll, M. (2020). A "plan bee" for cities: Pollinator diversity and plant-pollinator interactions in urban green spaces. *PLoS ONE*, *15*(7), e0235492.

Deveci, M., Cınbırtoğlu, Ş., & Demirkol, G. (2015). İlkbahar dönemi bitkileri ve arıcılıkta polen kaynağı bakımından önemi. *Akademik Ziraat Dergisi*, *4*(1), 1-12.

Dormann, C. F., Gruber, B., & Fründ, J. (2008). Introducing the bipartite package: analyzing ecological networks. *R News*, *8*(2), 8-11.

Dylewski, Ł., Maćkowiak, Ł., & Banaszak-Cibicka, W. (2019). Are all urban green spaces a favourable habitat for pollinator communities? Bees, butterflies and hoverflies in different urban green areas. *Ecological Entomology*, *44*(5), 678-689.

Dylewski, Ł., Maćkowiak, Ł., & Banaszak-Cibicka, W. (2020). Linking pollinators and city flora: how vegetation composition and environmental features shapes pollinators composition in urban environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, *56*, 126795.

Ebeling, A., Klein, A. M., Schumacher, J., Weisser, W. W., & Tscharntke, T. (2008). How does plant richness affect pollinator richness and temporal stability of flower visits? *Oikos*, *117*(12), 1808-1815.

Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). *Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses* (R Package Version 1.0.7).

Kassambara, A., & Patil, I. (2023). *Visualization of a Correlation Matrix using 'ggplot2' in R*.

Kuhn, M., Jackson, & S., Cimentada, J. (2022). *corrr: Correlations in R*.

Lerman, S. B., Contosta, A. R., Milam, J., & Bang, C. (2018). To mow or to mow less: Lawn mowing frequency affects bee abundance and diversity in suburban yards. *Biological Conservation*, *221*, 160-174.

Lowenstein, D. M., Matteson, K. C., & Minor, E. S. (2015). Diversity of wild bees supports pollination services in an urbanized landscape. *Oecologia*, *179*(3): 811-821.

Lowenstein, D. M., Matteson, K. C., & Minor, E. S. (2018). Evaluating the dependence of urban pollinators on ornamental, non-native, and 'weedy' floral resources. *Urban Ecosystems*, *22*(1), 293-302.

Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, *25*(1), 1-18.

Mach, B. M., & Potter, D. A. (2018). Quantifying bee assemblages and attractiveness of flowering woody landscape plants for urban pollinator conservation. *PLoS ONE*, *13*(12), 1-18.

Marín, L., Esther Martínez-Sánchez, M., Sagot, P., Navarrete, D., & Morales, H. (2020). Floral visitors in urban gardens and natural areas: Diversity and interaction networks in a neotropical urban landscape. *Basic and Applied Ecology*, *43*, 3-15.

Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M., Lahti, L.,

McGlinn, D., Ouellette, M., Ribeiro Cunha, E., Smith, T., Stier, A., Ter Braak, C., & Weedon, J. (2023). *vegan: Community Ecology Package* (R package version 2.6-5). Erişim Adresi: https://github.com/vegandevs/vegan. Erişim Tarihi: 30.03.2023.

Özdemir, A., ve Ulus, A. (2018). Kent ekolojisinde farklı bir yaklaşım: Tozlaşma bahçeleri. *Inonu University Journal of Art and Design*, *8*(18), 17-28.

R Core Team, (2023). *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/.

Sarı, D. (2021). Kent parklarında kullanılan bazı odunsu süs bitkilerinin polinasyon değerleri bakımından irdelenmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, *5*(2), 562-577.

Short, J., & Florida, T. (2008). The effect of reward and color pattern on butterfly foraging in Lantana camara (Verbenaceae). *Tropical Ecology and Conservation (Monteverde Institute)*, *21*.

Sikora, A., Michołap, P., & Sikora, M. (2020). What kind of flowering plants are attractive for bumblebees in urban green areas? *Urban Forestry & Urban Greening*, *48*(1803), 126546.

Tam, K. C., & Bonebrake, T. C. (2016). Butterfly diversity, habitat and vegetation usage in Hong Kong urban parks. *Urban ecosystems*, *19*(2), 721-733.

Yang, F., Ignatieva, M., Wissman, J., Ahrné, K., Zhang, S., & Zhu, S. (2019). Relationships between multi-scale factors, plant and pollinator diversity, and composition of park lawns and other herbaceous vegetation in a fast growing megacity of China. *Landscape and Urban Planning*, *185*, 117-126.

Wei, T., & Simko, V. (2021). *corrplot: Visualization of a Correlation Matrix* (R package version 0.92). Erişim Adresi: https://github.com/taiyun/corrplot. Erişim Tarihi: 30.03.2023.

Wickham H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* (2nd ed.). Springer.

Wickham, H., Pedersen, T., & Seidel, D. (2023). *scales: Scale Functions for Visualization* (R package version 1.3.0). Erişim Adresi: https://github.com/r-lib/scales. Erişim Tarihi: 30.03.2023.

Xiao, N. (2023). *ggsci: Scientific Journal and Sci-Fi Themed Color Palettes for 'ggplot2'*.

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp. 376-393
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1643105

Effects of Microwave Irradiation on the Color and Turbidity of Wastewater from Paper Recycling

Kağıt Geri Dönüşümünden Elde Edilen Atık Suyun Renk ve Bulanıklık Özelliklerine Mikrodalga Işınlamasının Etkileri

Uğur ÖZKAN[1], Halil Turgut ŞAHİN[2]

Abstract

This study aims to determine the general optical properties of wastewater generated during the paper recycling process and to investigate the effects of microwave (MW) irradiation on color properties and turbidity removal. The lowest turbidity values were achieved at the highest MW power (360 W) and the longest irradiation time (60 seconds), that more effective results observed when combined with high-speed centrifugation (4000 rpm). The highest turbidity removal efficiency was achieved in sample YD6, with a reduction of 20.3 NTU, confirming that MW irradiation enhanced the separation of suspended solids when used in conjunction with centrifugation. It was revealed that increasing the centrifugation speed enhanced the turbidity removal efficiency. However, color analysis clearly demonstrated that MW irradiation altered brightness (L*), redness-greenness (a*), and yellowness-blueness (b*) color coordinates to a certain extent. The highest total color difference values were recorded in samples XD1 (ΔE: 4.60) and YC2 (ΔE: 5.02), indicating that MW treatment induced significant changes in the color composition of wastewater. Moreover, Hue angle (h^0) analysis further demonstrated the shift in color composition after MW irradiation and centrifugation, reinforcing the potential of this approach for improving wastewater optical quality. It is notable that when the MW power increases, some optical variations occur in color properties of wastewater samples. The findings of this study may suggest that MW irradiation has potential impact, as a pre-treatment method for wastewater treatment in industrial processes such as paper recycling.

Keywords: Paper recycling, wastewater, microwave irradiation, optical properties, turbidity

Özet

Bu çalışmanın amacı, kağıt geri dönüşüm prosesi sırasında oluşan atık suyun genel optik özelliklerini belirlemek ve mikrodalga (MW) ışınlamanın renk özellikleri ve bulanıklık giderimi üzerindeki etkilerini araştırmaktır. En düşük bulanıklık değerleri en yüksek MW gücünde (360 W) ve en uzun ışınlama süresinde (60 saniye) elde edilmiş, yüksek hızlı santrifüjleme (4000 rpm) ile birleştirildiğinde daha etkili sonuçlar gözlemlenmiştir. En yüksek bulanıklık giderme verimliliği 20,3 NTU'luk bir azalma ile YD6 numunesinde elde edilmiş ve MW ışınlamasının santrifüjleme ile birlikte kullanıldığında askıda katı maddelerin ayrışmasını arttırdığını doğrulamıştır. Santrifüj hızının arttırılmasının bulanıklık giderme verimliliğini arttırdığı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, renk analizi MW ışınlamasının parlaklık (L*), kırmızılık-yeşillik (a*) ve sarılık-mavilik (b*) renk koordinatlarını belli bir düzeyde değiştirdiğini açıkça göstermiştir. En yüksek toplam renk farkı değerleri XD1 (ΔE: 4.60) ve YC2 (ΔE: 5.02) numunelerinde kaydedilmiştir, bu da MW işleminin atık suyun renk bileşiminde önemli değişikliklere neden olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Hue açısı (h^0) analizi, MW ışınlama ve santrifüjlemeden sonra renk bileşimindeki değişimi daha da göstererek bu yaklaşımın atık su optik kalitesini iyileştirme potansiyelini güçlendirmiştir. MW gücü arttığında, atık su numunelerinin renk özelliklerinde bazı optik değişimlerin meydana gelmesi dikkat çekicidir. Bu çalışmanın bulguları, kağıt geri dönüşümü gibi endüstriyel süreçlerde atık su arıtımı için bir ön arıtma yöntemi olarak MW ışınlamanın potansiyel bir etkiye sahip olduğunu gösterebilir.

Anahtar Kelimeler: Kağıt geri dönüşümü, atık su, mikrodalga ışınlama, optik özellikler, bulanıklık

Received: 19.02.2025, Revised: 09.04.2025, Accepted: 28.04.2025
Address: [1]Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forest Industry Engineering, Isparta, Türkiye
E-mail: ugurozkan@isparta.edu.tr

1. Introduction

The depletion of natural resources has led to a growing interest in paper recycling as an environmentally sustainable practice worldwide (Čabalová et al., 2011; Sahin, 2013). This process plays a crucial role in the paper industry by enabling the conversion of recovered paper into new products. However, the production of high-quality paper, particularly for printing and writing applications, often requires virgin pulp (Biermann, 1996). The recycling process consists of multiple stages, including repulping, screening, deinking, and papermaking. The repulping process involves dispersing waste paper in water to separate fibrous and non-fibrous materials, while the screening removes large fibrous and non-fibrous contaminants such as staples and metallic impurities. Moreover, deinking (via washing or flotation methods) is a important step in paper recycling and is essential for the removal of ink particles, particularly those smaller than 25 μm (Borchardt et al., 1998; Zhenying et al., 2009; Kamali and Khodaparast, 2015).

Despite its environmental benefits, paper recycling introduces various pollutants into wastewater, including chemical additives and by-products used or formed during the recycling process, such as hydrogen peroxide, chlorinated bleaching agents, starch residues, calcium ions (Ca^{2+}), synthetic adhesives, and sulfate compounds. Since these contaminants pose significant environmental threats, it is crucial to identify effective treatment methods and and develop effective water treatment and management strategies tailored for the paper recycling industry (Pokhrel and Viraghavan, 2004; Toczyłowska-Mamińska, 2017; Han et al., 2021; Coskun, 2022). Therefore, wastewater treatment in the pulp and paper industry is particularly challenging and costly, necessitating multi-stage approaches that include primary, secondary, and tertiary treatment processes (Hubbe et al., 2016; Han et al., 2021). Effective wastewater treatment is critical for ensuring ecological sustainability. Over the years, various physical, chemical, and biological methods have been developed to address this issue. Commonly used techniques include sedimentation and flotation, coagulation and precipitation, filtration, reverse osmosis, adsorption, oxidation and ozonation, as well as biological and physicochemical treatment methods (Annadurai et al., 2002; Huang and Logan, 2008; Kamali and Khodaparast, 2015). A typical microwave system consists of an applicator, which directs microwaves to the target area, and a generator, which is known as a magnetron. Microwaves are emitted as controlled beams and absorbed by surrounding materials, facilitating energy transfer (Özkan and Şahin, 2023; Kardeş et al., 2024). MW systems stand out as an innovative solution based on the principles of electromagnetic wave

interactions within the microwave spectrum (Clark and Sutton, 1996). Specifically designed MW systems enable the transfer of high energy to molecules, generating substantial thermal energy within a short period. This energy can either completely disrupt structural components or enhance molecular mobility to a limited extent, leading to heat generation through friction (Appleton et al., 2005). MW radiation possesses higher energy levels compared to ultraviolet (UV) and infrared radiation, allowing it to break molecular bonds and influence chemical interactions through electromagnetic energy.

In this study, microwave technology was employed as a pre-treatment method for the removal of wastewater, generated during the paper recycling process. Following microwave irradiation, a centrifugation process was applied to enhance the removal of color and turbidity from the wastewater. The results obtained at various microwave power levels and exposure times were compared to evaluate their effectiveness.

2. Material and Method

The wastewater used in this study was obtained from a laboratory-scale newspaper recycling process. Newspaper sheets were cut into small pieces (1–5 cm) and pre-soaked for 24 hours at 20 °C under 65% relative humidity. The humidity level was maintained using a controlled-environment chamber to ensure consistent soaking conditions. A 1:5 weight/volume ratio (1000 g newspaper to 5000 ml water) was used during soaking. After complete wetting, the secondary pulp was prepared using a laboratory pulper. The resulting wastewater was separated by filtering through a 200-mesh sieve, which was chosen to effectively remove residual fiber fragments and solid impurities while allowing dissolved and fine particulate matter to pass through for further analysis (Özkan, 2023).

For treatment, wastewater samples (120 ml each) were subjected to microwave irradiation in a 500 ml glass beaker, placed at the center of a household microwave oven. MW treatment was applied at four power levels (90, 180, 270 and 360 W) for six durations (10-60 seconds, in 10-second intervals). Following MW treatment, samples were centrifuged using a YUDO-800D centrifuge at either 1000 rpm (low speed) or 4000 rpm (high speed) for three minutes. The study included 51 groups: one untreated raw wastewater sample (labeled as C, representing the control without any centrifugation or MW exposure), two centrifuged control samples (XC0 and YC0) representing samples centrifuged at 1000 rpm and 4000 rpm without MW treatment, and 48 MW-treated samples (A1–A6 for 90 W, B1–

B6 for 180 W, C1–C6 for 270 W, and D1–D6 for 360 W). The experimental design is summarized in Table 1.

Table 1. Experimental Design.

	X (1000 RPM)		Y (4000 RPM)	
Samples	**MW (W)**	**Time (second)**	**MW (W)**	**Time (second)**
C	-	-	-	-
C0	-	180	-	180
A1	90	10	90	10
A2	90	20	90	20
A3	90	30	90	30
A4	90	40	90	40
A5	90	50	90	50
A6	90	60	90	60
B1	180	10	180	10
B2	180	20	180	20
B3	180	30	180	30
B4	180	40	180	40
B5	180	50	180	50
B6	180	60	180	60
C1	270	10	270	10
C2	270	20	270	20
C3	270	30	270	30
C4	270	40	270	40
C5	270	50	270	50
C6	270	60	270	60
D1	360	10	360	10
D2	360	20	360	20
D3	360	30	360	30
D4	360	40	360	40
D5	360	50	360	50
D6	360	60	360	60

2.1. Color and Turbidity Measurements

The brightness/darkness (L*), redness/greenness (a*), yellowness/blueness (b*), and total color difference (ΔE) values of the water samples were measured according to the CIE Lab* 1976 (Commission Internationale d'Eclairage) standard. The measurements were performed automatically using an X-Rite 962 (Grand Rapids, Michigan) spectrophotometer under a 2° observer angle and 6500 Kelvin daylight (D65) standard illumination. The liquid samples were placed in optically clear glass cells with a fixed path length of 10 mm, ensuring a consistent sample thickness during measurement. All measurements were conducted at

room temperature, and the instrument was calibrated with a standard white tile before use. The turbidity properties of MW-treated samples and control samples subjected to two different centrifugation parameters (X and Y) were evaluated in accordance with the ISO 7027 standard. For each sample group, six measurements were taken using a Hanna HI 93703 turbidity meter (Woonsocket, USA). Light microscopy at 10x magnification was used to observe sample appearance. The general visual and light microscopic (x10) appearance of samples were made in laboratory conditions.

3. Results and Discussion

3.1. General and Microscopic Evaluation of Samples

Figure 1 shows the general appearance of raw contaminated water (C), control samples with only centrifugation at two different levels (XC0 and YC0) and water samples (XD6 and YD6) subjected to MW irradiation at 360 W for 60 seconds. As observed here, it is understood that the colour of the water samples lightened to a certain extent with MW treatment.

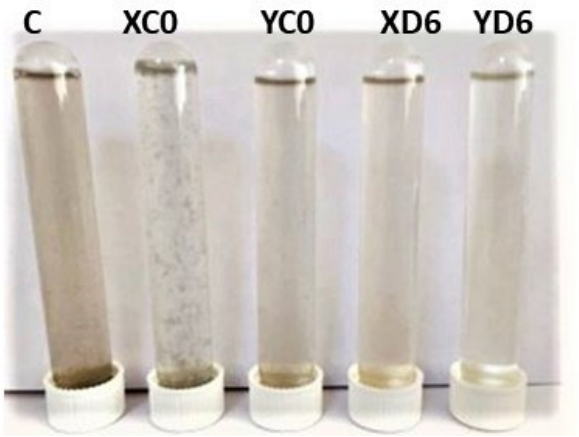


Figure 1. General view of the samples.

To better observe the effects of MW radiation and subsequent centrifugation, samples were examined under light microscopy (10x magnification), and the results are shown in Figure 2. Compared to the control samples (C and XC0 and YC0), it is seen that centrifugation has an effect on the aggregation (XC0) and removal (YC0) of colloidal substances in the water, while MW application (XD6/YD6) has a significant effect on the color of the water and the removal of suspended substances.

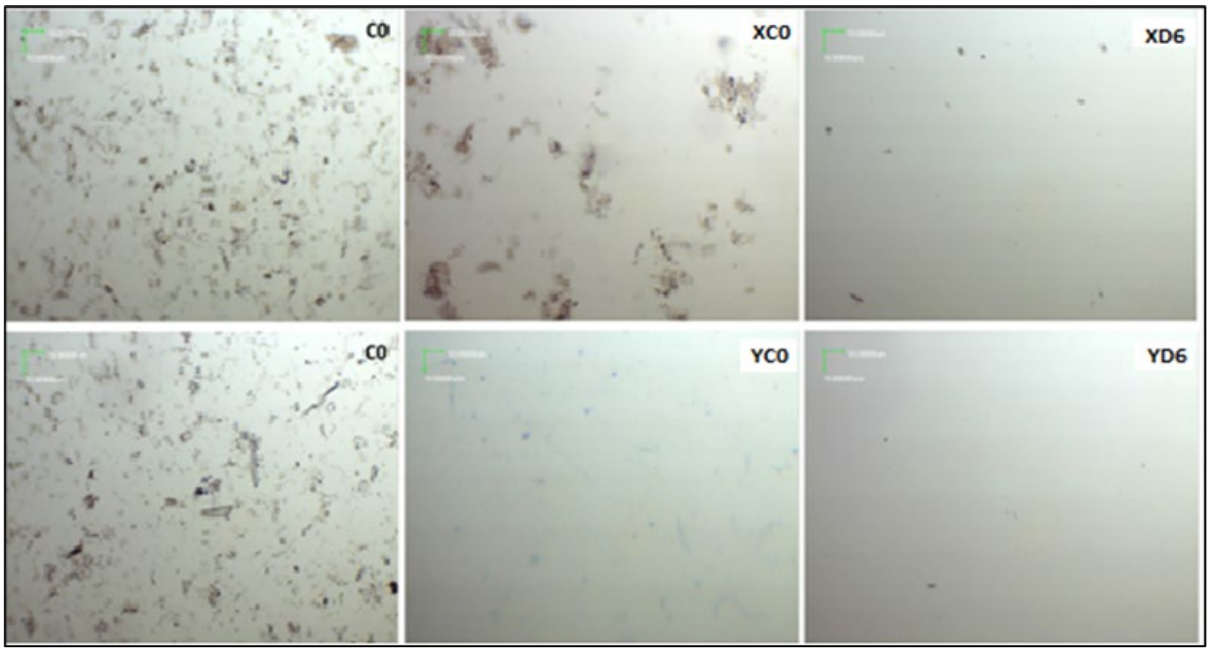


Figure 2. View of the samples under light microscopy at 10x magnification.

3.2. Turbidity Properties of Samples

The comparative turbidity values of the samples subjected to two different centrifuge speed levels and subsequent MW treatment are shown in Table 2. The turbidity value of the raw control water sample without any removal process was measured as 161 NTU. However, in low speed centrifugation (X), the turbidity value decreased to 53.5 NTU. MW treatment appeared to significant reductions in the turbidity values of the water samples. Moreover, the turbidity values of the samples decreased continuously in accordance with MW time and power.

In the samples centrifuged at low speed, the lowest turbidity value of 28.7 NTU was observed in the test sample of XD6 at 360 W and 60 seconds. This value indicates that the turbidity decreased approximately -12.5 NTU compared to the control sample (XC0: 53.5 NTU). However, the turbidity value of the control sample centrifuged at high speed was measured as 37.3 NTU. The similar trend found in the other low speed centrifuged sample was also observed in the high speed and MW trials. The lowest turbidity value of 17.0 NTU or the highest turbidity removal (-20.3 NTU) was observed in the 360 W and 60 seconds with sample of YD6.

Table 2. Effect of MW application on turbidity characteristics.

	X		Y	
Samples	**T (NTU)**	**ΔT (NTU, XC0 from)**	**T (NTU)**	**ΔT (NTU, YC0 from)**
Controls				
C	161	-	161	-
C0	53.5	-107.5	37.3	-123.7
90 W				
A1	41.0	-12.5	24.8	-12.5
A2	37.8	-15.7	24.3	-13,0
A3	36.7	-16.8	23.5	-13.8
A4	34.7	-18.8	22.8	-14.5
A5	33.2	-20.3	21.2	-16.1
A6	31.7	-21.8	20.8	-16.5
180 W				
B1	37.7	-3.3	24.5	-12.8
B2	36.3	-4.7	23.7	-13.6
B3	35.7	-5.3	22.0	-15.3
B4	33.8	-7.2	20.7	-16.6
B5	32.7	-8.3	20.0	-17.3
B6	31.2	-9.8	19.7	-17.6
270 W				
C1	36.7	-4.3	23.3	-14,0
C2	35.8	-5.2	22.8	-14.5
C3	34.3	-6.7	20.7	-16.6
C4	32.2	-8.8	19.5	-17.8
C5	30.3	-10.7	18.8	-18.5
C6	29.2	-11.8	18.3	-19
360 W				
D1	33.8	-7.2	21.5	-15.8
D2	33.3	-7.7	20.5	-16.8
D3	32.5	-8.5	18.8	-18.5
D4	30.8	-10.2	18.0	-19.3
D5	29.2	-11.8	17.5	-19.8
D6	28.5	-12.5	17.0	-20.3

Since the turbidity characteristic of the water source has significant effects on the quality of the water, the effectiveness of the water treatment/disposal process compared to the control is important for the success of the selected method. In Figure 3, the turbidity removal rate (%) of the MW treated samples compared to the control sample is given comparatively for both centrifugation cycles. When the graphs are analyzed, it is clearly seen that MW treatments have a positive effect on the reduction of turbidity properties of the samples after both centrifugation cycles, and that higher speed (Y) is more effective in reducing turbidity than lower speed (X). The highest turbidity removal rate (%) in both centrifuge groups was observed in XD6 and YD6 samples with the highest MW power (360 W) and the longest time (60 seconds), 46.73% and 54.42%, respectively.

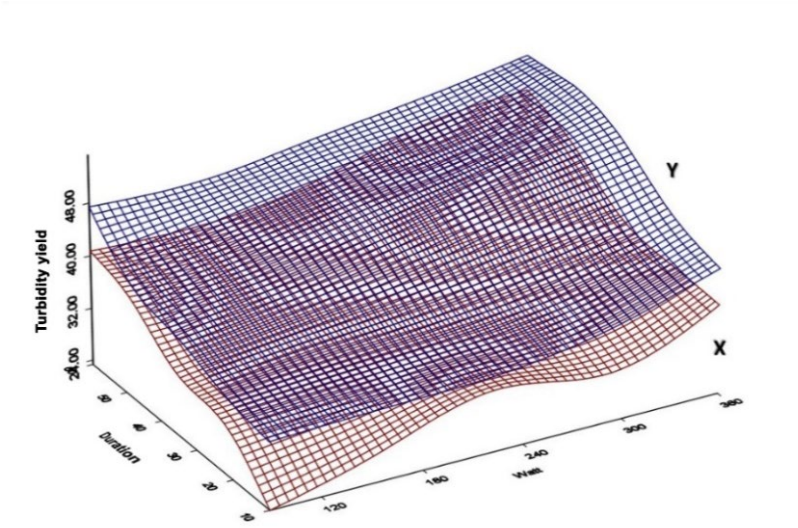


Figure 3. Effect of MW time and power on the turbidity yield.

3.2. Color Characteristics of Samples

In many standards and experimental applications, it is generally recommended to measure the color (true color) of turbidity of water after centrifugation and filtration (with using 0.45 mm filter paper) (Cırık et al., 2013; Sawyer et al., 2020). In the color measurement of wastewater samples after MW process was used and color values were determined. In Table 3, according to CIE L*a*b* (1976) standard, the true color values of the post MW irradiated wastewater generated from waste paper recycling under similar conditions after two different centrifugation applications are shown comparatively. For L* properties, all centrifuged and MW treated samples shown lower L* values than the control samples (L*= 9.83 (XC0); L*= 10.45 (YC0)). However, the lowest L* value of 5.42 and 5.99 were found with samples XD6 and YD6 with the highest MW power and time treatment at both centrifuge speeds, respectively.

When the a* of the water were examined, both green (-a) and red (+a) color values were determined in the samples centrifuged at low speed. The lowest red value of 0.03 was found in sample of XD6 and the highest greenness value of -0.61 was found in sample of XA4. The highest redness value a*: 0.40 was calculated in YC3 sample and the highest greenness value a: -0.34 was calculated in YD6 sample. However, it should be noted that most a* and b* values remained within the low range (between approximately -0.6 and +0.6), which is close to the repeatability threshold of the spectrophotometer (±0.2 to ±0.3, depending on sample clarity). Therefore, slight shifts between positive and negative values, such as those seen in samples a* may partly result from the inherent variability of the

instrument, particularly for transparent or low-colored liquid samples. Additionally, such fluctuations can be influenced by minor changes in suspended particle content, light scattering, or slight differences in the optical path during measurement. For b* properties, a more complicated results were observed. The highest yellow color value of b*: 0.81 found in YB6 sample and the highest blue color b*: -2.16 was observed in YD3 sample. Similar trend was also observed in the samples subjected to high speed centrifugation after MW application. However, the samples showed more blue (-b*) color properties at high power level (360 W). The highest blueness value of b*:-2.20 found with sample YC4. It is notable that the 360 W MW power conditions impact more blue (-b) color while lower MW power applied samples show more yellow (+b) color characteristics, in all durations. The changes in the obtained findings are thought to be related to the formation or breakdown of chromophoric compounds during microwave irradiation. The high energy input may affect the light absorption in the blue region by altering the organic structures in the wastewater.

Table 3. Effect of MW application on color characteristics (CIE L*a*b*).

Samples	X			Y		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Controls						
C	9.91	0.54	-2.12	9.91	0.54	-2.12
C0	9.83	0.13	-1.70	10.45	-0.50	1.07
90 W						
A1	8.59	-0.38	0.48	8.91	0.29	-2.01
A2	7.54	-0.23	0.24	8.03	-0.28	-2.08
A3	7.81	-0.25	0.41	9.25	0.28	-1.86
A4	8.09	-0.61	0.75	8.98	0.17	-2.08
A5	7.16	-0.12	0.10	8.84	-0.08	-2.10
A6	7.27	-0.03	0.21	9.37	0.19	-2.08
180 W						
B1	8.23	-0.47	0.60	8.59	0.35	-2.19
B2	8.09	-0.45	0.60	7.80	0.39	-2.25
B3	6.04	-0.19	0.10	9.22	0.30	-1.78
B4	7.31	-0.17	0.15	8.10	0.23	-1.71
B5	7.75	-0.49	0.79	6.48	-0.01	-1.73
B6	6.98	-0.36	0.81	7.74	-0.09	-1.26
270 W						
C1	8.17	-0.39	1.11	7.78	0.37	-1.84
C2	5.53	-0.13	0.15	8.07	0.18	-1.71
C3	6.28	-0.23	0.20	8.94	0.40	-1.82
C4	5.76	-0.26	0.23	7.53	0.18	-2.20
C5	8.80	-0.35	0.24	8.58	0.45	-2.03
C6	6.11	-0.28	0.07	7.32	0.11	-1.77
360 W						
D1	6.82	0.34	-2.0	6.0	-0.29	0.20
D2	6.14	0.14	-1.73	8.44	-0.22	0.87
D3	6.36	0.2	-2.16	6.27	-0.16	0.34
D4	6.78	0.34	-2.13	6.25	-0.39	0.42
D5	6.54	0.10	-1.83	6.38	-0.20	0.50
D6	5.42	0.03	-1.68	5.99	-0.34	0.23

In order to find the correlation between color coordinate properties and MW irradiation parameters (durations and power levels), the obtained color values presented in Table 3 were used to create Figure 4 for L* coordinate, Figure 5 for a* coordinate and Figure 6 for b* coordinate, respectively. The coefficient of determination (R^2) values were calculated using linear regression analysis based on the least squares method. For L* properties a coefficient value of $R^2 = 0.6978$ was obtained for low speed centrifugation, while $R^2 = 0.4841$ was found for high speed centrifugation. This indicates a lower correlation between brightness and MW parameters at higher centrifugation speeds. These results may suggest that MW effects on color properties are more pronounced under low-speed centrifugation conditions.

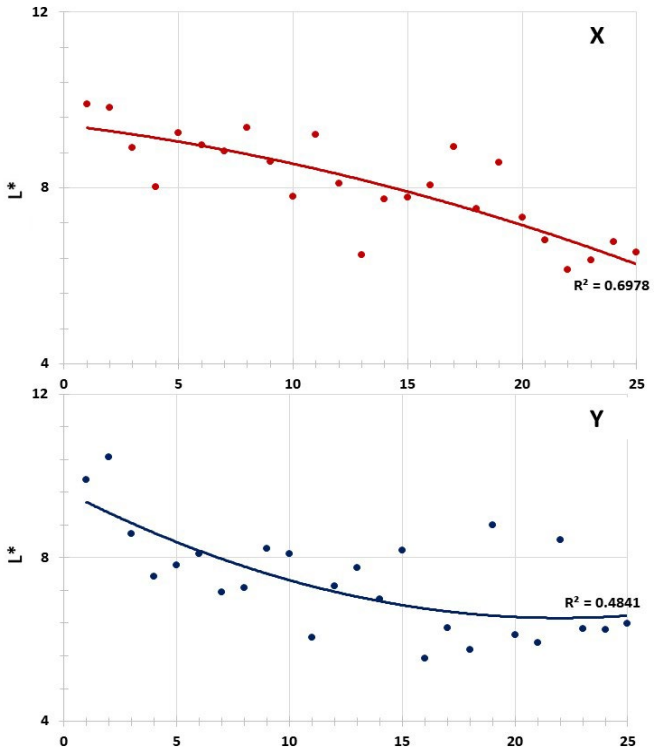


Figure 4. Effect of MW power and duration on L* coordinate of wastewater samples.

Figure 5 shows the relationship between the measured a* values of MW-irradiated samples under two different centrifugation conditions. A simple linear regression model was used to evaluate the correlation between a* values and MW parameters (power and duration). However, the results showed very low coefficients of determination ($R^2 = 0.0015$ for low-speed and $R^2 = 0.0835$ for high-speed centrifuged samples), indicating that the a* values vary almost independently of MW power and exposure time. These findings suggest that microwave irradiation, under the tested conditions, does not produce a consistent or predictable change in the chromaticity of the effluent with respect to the red-green color axis.

This is also visually confirmed in Figures 6 and 7, where no meaningful trend or directional change is observed in a* and b* values as MW power increases.

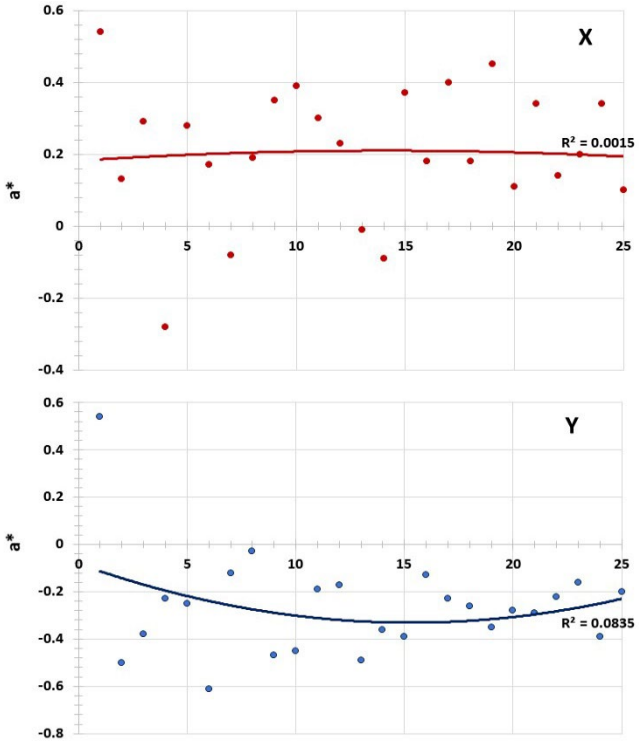


Figure 5. Effect of MW irradiation on a* color coordinate.

Figure 6 shows the relationships between the measured b* (yellowness-blueness) numerical values of the water samples. The similar situation for b* color properties encountered as presented for a* color coordinate that the relationship between the measured b* values of both types of water samples was found to be very low and theoretically uncorrelated (R^2: 0.0528 for low centrifuged samples and R^2: 0.1304 for high centrifuged samples).

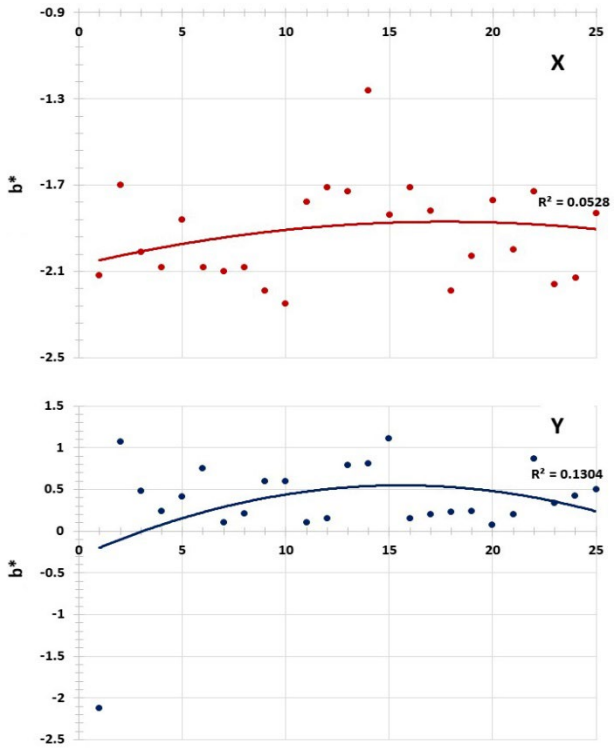


Figure 6. Effect of MW irradiation on b* color coordinate.

The hue angle (h^0) of the samples was determined from the findings. The h^0 value refers to the determination of the basic color families of the measured object, such as red, blue and green. In that case, the position of the measured value in colour space (hue angle) can be used to describe the color of many objects (Hach-Lange, 2023). The Hue values obtained during the measurement of the true color properties of the samples are marked on the color sphere (Figure 7). It was found that there was only a 20 degrees difference (between 2620 and 2820) between the Hue values of the samples subjected to MW and then centrifuged at low speed (XC0h: 2740). In the color sphere, these angle values were observed to be between blue (-b) and red (+a). The difference between the Hue values of the samples subjected to MW and then centrifuged at higher speed was found to be quite large and ranged from 110 and 1450 (YC0h: 1150). When these values were placed on the color sphere, it was determined that the color of the high speed and MW treated water was marked to be between yellow (+b) and green (-a).

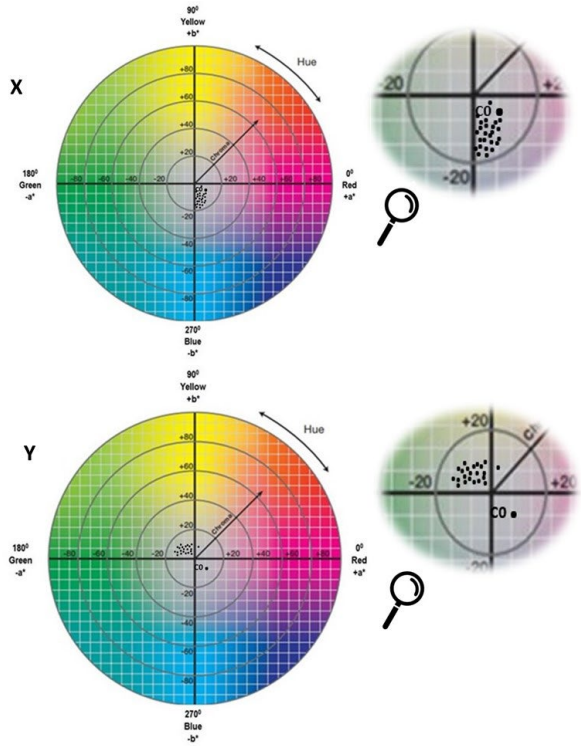


Figure 7. Color sphere representation of gloss Hue values of samples.

The color values were evaluated using the total color difference metric (ΔE*), which indicates the perceptual difference between two colors in the CIE Lab* color space. In this study, ΔE* values were calculated using the Equation 1:

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (1)$$

L* represents the level of brightness or darkness, ranging from 0 to 100, where lower values indicate darker shades (0 being black and 100 representing pure white). The a* value signifies the position on the red-green axis, with positive values (a+) indicating redness and negative values (a-) indicating greenness. Similarly, the b* value corresponds to the yellow-blue axis, where positive values (b+) denote yellowness and negative values (b-) indicate blueness. The total color difference (ΔE) is a combined measure of variations in all these parameters. This metric expresses the color difference, not the direct removal of specific contaminants, although a significant ΔE* may imply changes in chromophoric compounds affected by treatment. The calculated ΔE* values for all treated samples are presented in Table 4. Among the low-speed centrifuged samples, the highest ΔE* was 4.60 (XD1), treated with 360 W microwave power for 10 seconds. In the high-speed centrifuged group, the highest ΔE* was 5.02 (YC2), treated with 270 W for 20 seconds. These results suggest that

microwave irradiation followed by centrifugation induces a perceptible color shift in the treated wastewater compared to the untreated control sample.

Table 4. Total color difference (ΔE) values of the samples.

Samples	ΔE (X)	ΔE (Y)
C0	0	0
90 W		
A1	0.98	1.96
A2	1.88	3.04
A3	0.62	2.73
A4	0.93	2.38
A5	1.09	3.45
A6	0.60	3.33
180 W		
B1	1.35	2.27
B2	2.12	2.41
B3	0.64	4.53
B4	1.73	3.29
B5	3.35	2.71
B6	2.15	3.48
270 W		
C1	2.07	2.28
C2	1.76	5.02
C3	0.94	4.27
C4	2.35	4.77
C5	1.33	1.85
C6	2.51	4.46
360 W		
D1	4.60	3.03
D2	2.04	3.69
D3	4.26	3.50
D4	4.25	3.09
D5	4.12	3.29
D6	4.54	4.41

Figure 8 shows ΔE* of water samples centrifuged at two different speeds according to the MW parameter. As can be seen, the color characteristics of the water generally show a similar trend under the same test conditions, and it is observed that the colour difference increases depending on the MW power applied from 90 W to 180 W, then a slight decrease occurs up to 270 W level, but then the colour difference increases again. It was also observed that the samples subjected to MW treatment and subsequent centrifugation at low speed showed a wider range of color difference than the samples centrifuged at high speed.

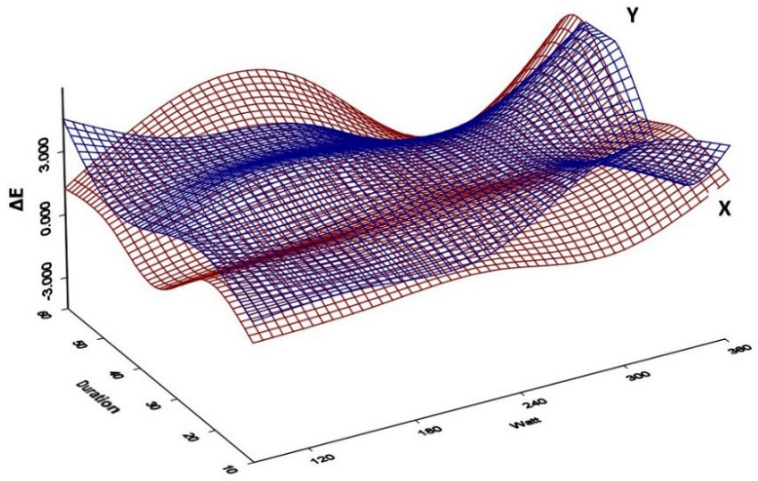


Figure 8. Effect of MW time and power on the total color difference values of the samples.

Figure 9 shows the relationship between the ΔE of the MW treated water samples. The colour difference relationship of the low speed centrifugation and MW treated water samples was R^2: 0.654, which was higher than that of the high speed centrifugation samples (R^2: 0.2612). It can be concluded that the colour difference values of the wastewater samples centrifuged at low speed as a result of MW treatment are more compatible with the process parameters than the control sample.

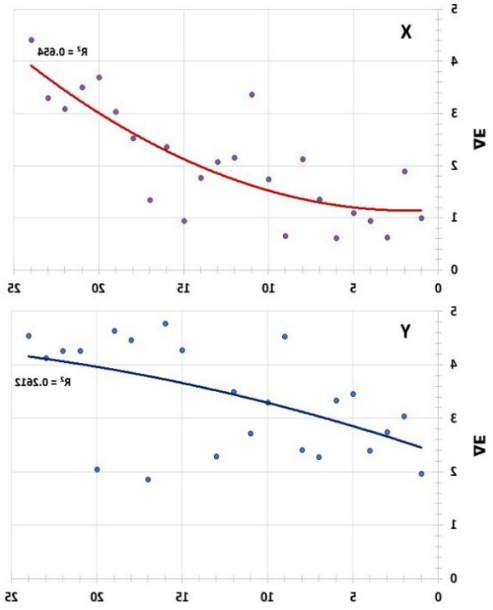


Figure 9. Total colour difference distributions of MW treated samples.

4. Conclusion

This study examined the effects of microwave (MW) irradiation on the physical properties of wastewater generated from the paper recycling process, particularly in terms of turbidity and color removal. The results demonstrated that MW irradiation had significant effects on both turbidity reduction and color modification, indicating that it has strong potential as an effective pre-treatment method for industrial wastewater management. The findings indicated that increasing MW power and irradiation duration resulted in greater reductions in turbidity. It is clear that MW irradiation as a promising and effective pre-treatment method for wastewater generated from paper recycling. The combination of MW treatment and centrifugation may offer a viable alternative to conventional physical and chemical treatment methods, particularly in reducing turbidity and improving color quality in wastewater. Future research could focus on optimizing MW parameters to further increase the benefits of this approach, assessing long-term environmental impacts and investigating its implications in industrial applications.

References

Annadurai, G., Juang, R. S., & Lee, D. J. (2002). Use of cellulose-based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions. *Journal of hazardous materials*, *92*(3), 263-274.

Appleton, T. J., Colder, R. I., Kingman, S. W., Lowndes, I. S., & Read, A. G. (2005). Microwave technology for energy-efficient processing of waste. *Applied energy*, *81*(1), 85-113.

Biermann, C. J. (1996). *Handbook of Pulping and Papermaking*, Elsevier.

Borchardt, J. K., Miller, J. D., & Azevedo, M. A. D. (1998). Office paper de-inking. *Current opinion in colloid & interface science*, *3*(4), 360-367.

Čabalová, I., Kačík, F., Geffert, A., & Kačíková, D. (2011). The effects of paper recycling and its environmental impact. *Environmental management in practice*, *17*, 329-350.

Cırık, K., Çınar, Ö., Şahinkaya, E., Uysal, Y., Başak, S., Aydoğmuş, D., ... & Yetiş, Ü. (2013). *Boyar madde içeren atıksu arıtma tesislerinin işletilmesine yönelik el kitabı.* T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

Clark, D.E., & Sutton, W.H. (1996). Microwave processing of materials. *Annual Review of Materials Science*, *26*(1), 299-331.

Coskun, S. (2022). Zero waste management behavior: Conceptualization, scale development and validation A case study in Turkey. *Sustainability*, *14*(19), 12654.

Hach-Lange (2023). Objective color assessment and quality control in the chemical, pharmaceutical and cosmetic industries, Application Report No. 3.14e DOC042.52.00019. Hach Lange Gmbh Willstätterstraße 11 D-40549 Düsseldorf, Germany.

Han, N., Zhang, J., Hoang, M., Gray, S., & Xie, Z. (2021). A review of process and wastewater reuse in the recycled paper industry. *Environmental Technology & Innovation*, *24*, 101860.

Huang, L., & Logan, B. E. (2008). Electricity generation and treatment of paper recycling wastewater using a microbial fuel cell. *Applied microbiology and biotechnology*, *80*, 349-355.

Hubbe, M. A., Metts, J.R., Hermosilla, D., Blanco, M.A., Yerushalmi, L., Haghighat, F., Lindholm-Lehto, P., Khodaparast, Z., Kamali, M., & Elliot, A. (2016).Wastewater treatment and reclamation: A review of pulp and paper industry practices and opportunities. *BioResources, 11*(3), 7953-8091.

Kamali, M., & Khodaparast, Z. (2015). Review on recent developments on pulp and paper mill wastewater treatment. *Ecotoxicology and environmental safety*, *114*, 326-342.

Kardeş, S., Özkan, U., Bayram, O., & Şahin, H. T. (2024). An Artificial Neural Network (ANN) Modelling Approach for Evaluating Turbidity Properties of Paper Recycling Wastewater. *BioResources*, *19*(3).

Özkan, U. (2023). "Kağıt Geri Dönüşüm Atıksularındaki Kirliliğin Giderilmesinde Mikrodalga Teknolojisinden Faydalanılması". Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.

Özkan, U., & Şahin, H. T. (2023). Treatment of paper recycling wastewater using microwave technology. *Turkish Journal of Forestry*, *24*(2), 134-138.

Pokhrel, D., & Viraraghavan, T. (2004). Treatment of pulp and paper mill wastewater—a review. *Science of the total environment*, *333*(1-3), 37-58.

Sahin, H. (2013). A study on paper recycling effects on cellulose properties. *Turkish Journal of Forestry*, *14*(1), 74-80.

Sawyer, C.N., McCarty, P.L., & Parkin, G.F. (2020). *Çevre Mühendisliği ve Bilimi İçin Kimya*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.

Toczyłowska-Mamińska, R. (2017). Limits and perspectives of pulp and paper industry wastewater treatment–A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *78*, 764-772.

Zhenying, S., Shijin, D., Xuejun, C., Yan, G., Junfeng, L., Hongyan, W., & Zhang, S. X. (2009). Combined de-inking technology applied on laser printed paper. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, *48*(2), 587-591.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 394-408
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1642882

Limon servi (*Cupressus Macrocarpa*) odununun seçili özelliklerinin belirlenmesi ve diğer bazı ağaç türü odunları ile karşılaştırılması

Determination of selected properties of lemon cypress (*Cupressus macrocarpa*) wood and comparison with some other wood species

Vedat ÇAVUŞ[1], Bekir Cihad BAL[2], Nasır NARLIOĞLU[1]

Özet

Bir ağacın odununun kullanım alanı belirlenirken; yüzey rengi ve dokusu gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra, kimyasal ve mekanik özellikleri gibi temel odun özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Odun türleri, kullanım amacına göre seçilmektedir; taşıyıcı yapılarda mekanik dayanımı yüksek olan türler, iç dekorasyonda ise estetik görünümü ön planda olan türler tercih edilmektedir. Bu çalışmada, odun kokusu nedeniyle Limon servisi (*Cupressus Macrocarpa* Goldcrest) olarak adlandırılan ağaç türünün bazı fiziksel (yoğunluk, teğet genişleme, radyal genişleme ve boyuna genişleme), kimyasal (ekstraktif, hemiselüloz, holoselüloz ve alfaselüloz) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci, elastikiyet modülü, vida tutma direnci ve statik sertlik) araştırılmıştır. Yapılan testler sonunda, fiziksel özelliklerden tam kuru yoğunluk 0,439 g/cm^3, teğet yönde genişleme %6,1, radyal yönde genişleme %4,4 ve boyuna yönde genişleme %0,3, hacmen genişleme %10,8, lif doygunluk noktası %24,7 ve su alma miktarı %103 (suya daldırma sonrası) olarak elde edilmiştir. Eğilme direnci 61,3 N/mm^2, eğilmede elastikiyet modülü 6189 N/mm^2, ortalama değerleri elde edilmiştir. Teğet, radyal ve enine yüzeylerde statik sertlik ortalama değerleri sırasıyla 27,6, 25,7 ve 48,7 N/mm^2 ve vida tutma kapasitesi değerleri ise 20,7, 17,1 ve 15,1 N/mm^2 olarak belirlenmiştir. Kimyasal analizler sonrasında odunun holoselüloz oranı %69,36, alfaselüloz oranı %41,61, hemiselüloz oranı %27,75 ve ekstratif madde oranı ise %3,41 olarak hesaplanmıştır. Testlerden elde edilen verilere göre; en yüksek vida tutma kapasitesi teğet yüzeyde, en yüksek statik sertlik değeri ise enine yüzeyde tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Limon servi, fiziksel özellikler, mekanik özellikler, kimyasal özellikler

Abstract

When deciding where to use the wood of a tree, attention should be paid to important wood properties such as surface color, texture, and smell, as well as physical, chemical, and mechanical properties. Those with high mechanical performance are preferred for load-bearing applications and those that give an aesthetically pleasing appearance are preferred for interior decoration. This study investigated some physical (density, tangential, radial, and longitudinal swelling), some chemical (extractive, hemicellulose, holocellulose, and alphacellulose) and mechanical properties (bending strength, modulus of elasticity, screw holding capacity, static hardness) of a wood species called Lemon cypress *(Cupressus macrocarpa Goldcrest)* due to its wood odor. As a result of the tests, average values of 439 kg/m^3 oven-dried density, 6,1% tangential swelling, 4,4% radial swelling and 0,3% longitudinal swelling, 10,8% volumetric swelling, 24,7% fiber saturation point and 103% water absorption (after water soaking) were obtained from physical properties. Bending resistance 61,3 2 N/mm^2, modulus of elasticity 6189 N/mm^2, average values were obtained. The average values of static hardness on the tangential, radial, and transverse surfaces were 27.6, 25.7, and 48.7, and screw holding capacity values were 20.7, 17.1, and 15.1 respectively. Chemical analysis showed that the holocellulose of the wood was 69.36%, alphacellulose was 41.61%, hemicellulose content was 27.75% and extractive matter content was 3.41%. Based on the data obtained from the tests, the highest screw-holding capacity was determined on the tangential surface and the static hardness value was determined in the transverse surface.

Keywords: Lemon cypress, physical properties, mechanical properties, chemical properties.

Geliş Tarihi: 19.02.2025, Düzeltme Tarihi: 30.05.2025, Kabul Tarihi: 03.06.2025
Adres: [1]İzmir Katip Çelebi üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye
[2]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme Bölümü, Türkiye
E mail: vedat.cavus@ikcu.edu.tr

1. Giriş

Endüstriyel olmayan odun türleri, genellikle yerel ve küçük ölçekli kullanımlarda tercih edilir. Bu tür odunların fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi, onların daha verimli ve etkili kullanılmasını sağlar. Bu sayede doğal kaynakların korunması, doğru kullanım alanlarının belirlenmesi, verimlilik, yanlış kullanımın önlenmesi, atıkların azaltılması ve odun türünün yapacak veya yakacak olarak kullanımının belirlenmesi gibi birçok fayda sağlayabilir. Özellikleri bilinen odunlar hem yerel hem de ülke ekonomisinde daha etkin bir şekilde değerlendirilebilir ve yeni ürünlerin geliştirilmesi için ilham kaynağı olabilir. Servigiller olarak bilinen Cupressaceae familyası yaklaşık 140 tür içermektedir. Cupressus cinsi 12 tür içerir ve Monterey servi olarak da bilinen *Cupressus macrocarpa* (*Hesperocyparis macrocarpa*) her iki yarımkürede de geniş yayılım gösterir (Bean, 1981). Tür adını Kaliforniya'da bulunan Monterey Yarımadası'ndan almaktadır (Hogan ve Frankis, 2009). *C. macrocarpa*'nın süs bitkisi olarak kullanılan birçok çeşidi vardır. Bunlardan biri, yaprakları ovuşturulduğunda limon kokusu veren ve halk arasında limoni servi olarak da bilinen *C. macrocarpa* cv. Goldcrest çeşididir (Sarı ve Karaşah, 2021; Öndeş ve Mert, 2023). Limoni servi süs bitkisi olup, çarpıcı renkleri nedeniyle bahçe düzenlemelerinde tercih edilen bir çeşittir (Cabrera ve ark., 2007). Uzun sıralar halinde dikildiğinde etkili bir rüzgar siperi veya çit görevi görebilir. Bu ağaç, dünya çapında tropikal ve ılıman bölgelerde yaygın dağılış gösterir (Cool, 2005; Thukral ve ark., 2014; Saad ve ark. 2017). Ancak İngiltere, Batı Avrupa, Yeni Zelanda ve Avustralya'da da yaygın olarak yetiştirilmektedir. Olgun Monterey servisi 20 ile 25 m yüksekliğe ulaşabilir. Monterey servisi en kullanışlı süs ağaçlarından biri olup tuza karşı toleransının fazla olması ve istenildiği gibi şekillendirilebildiği için deniz kenarı dikimleri için idealdir. İdeal koşullar altında, Monterey servisi sadece on yıl içinde 12 m boyunda olgun bir ağaç haline gelebilir. Bir çit oluşturmak için budanabilirken daha küçük çeşitler (Goldcrest gibi) saksılarda yetiştirilir.

Cupressus macrocarpa, uzun yıllar geleneksel olarak çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmıştır; örneğin kanamayı durdurma, ödem giderme, boğmaca ve romatizma (Thukral ve ark., 2014; Saad ve ark. 2017). Farmosötik özelliklerinin yanı sıra servi ağacının odunu da birçok amaç için kullanılmaktadır. Servi ağacı odunu bina dışı doğramacılıkta, dış cephe kaplamalarında ve tekne yapımında kullanılmaya uygun bir malzemedir. Günümüzde mobilya üretiminde kullanılmasına rağmen sertliğinin düşük olması bu kullanım özelliğini olumsuz etkilemektedir (Okino ve ark., 2010). Önceki yıllarda portatif ağaç biçme makinelerinin geliştirilmesiyle servi ağacı üretiminin arttığı ve çekici

görünümü nedeniyle bu ağaç odunun kapılarda, doğramalarda ve mutfaklarda yaygın olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Clifton, 1990; Farjon 2005).

Şekil 1-A-B-C-D'de sürgünleri, kozalak, kabuk ve genel görünümü verilen limon servi ağacında gövde kabuğu esmer-kırmızı levhalar halinde çatlaklıdır. Sürgünleri 4 köşeli pul yaprakları koyu yeşil, uçları kütçe, sırtlarında belirgin olmayan uzun yağ bezeleri vardır. Kahve renkli kozalakları 25-30 mm çaplı, yuvarlak ve 8-12 puldan oluşur (Ermeydan ve ark., 2011).

Dünyanın birçok yerinde servi odununun kullanım yerleri farklılık göstermektedir. Bu ağaç türünün odunu Kenya'da kereste olarak, Guatemala'da yakıt ve kereste kaynağı olarak Venezuela'da kağıt hamuru kaynağı olarak ve Brezilya'da ise panel endüstrisi ve kağıt hamuru için hammadde kaynağı olarak kullanılmaktadır (Esmeralda ve ark., 2010). Kerestesinin hafif, sarı-kahverengi renkte oluşu, ince düzgün dokusu ve parlaklığı nedeniyle sıklıkla kauri (*Agathis australis*) ile karşılaştırılır. Servi ağacının karakteristik bir kokusu vardır, orta ila düşük yoğunluklu olarak derecelendirilir ve dış doğramalarda, ısı levhalarında ve tekne yapımında kullanım için son derece uygundur (Haslett, 1986).



Şekil 1. Limon servi'nin sürgünleri (A), kozalakları (B), kabuğu (C) ve genel görünümü (D).

Bu çalışmada, literatürde hakkında oldukça az çalışma yapılan, Limon servi (*Cupressus Macrocarpa* Goldcrest) odununun bazı fiziksel (yoğunluk, teğet genişleme, radyal genişleme ve boyuna genişleme), kimyasal (ekstraktif madde, hemiselüloz, holoselüloz ve alfaselüloz) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci, elastikiyet modülü, vida tutma direnci, statik sertlik değeri) araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada, Limon servisi (*Cupressus Macrocarpa* Goldcrest) olarak bilinen türün potansiyel kullanım alanlarını belirlemek, ticari değerini ve pazar potansiyelini değerlendirmek ve sürdürülebilir kaynak yönetimine katkı sağlamak amacıyla yürütülmüştür. Deneme materyali, İzmir ili Güzelbahçe ilçesinde bir marangoz atölyesinden temin edilmiştir. TS ISO 3129 (2021) standardı esas alınarak, limon servi tomruğundan test örnekleri titizlikle hazırlanmıştır. Kesim süreci, limon servi tomruğunun alt kısmından 400 mm yukarıdan başlanarak, geometrik merkezinin belirlenip ikiye kesilmesiyle başlanmış ve bu süreci takiben tomruğun öz kısmı çıkarılarak homojen bir malzeme elde edilmesi sağlanmıştır. Elde edilen odunlar, 25 mm kalınlığında kaba kesimlere tabi tutulduktan sonra, oda şartlarında 6 ay boyunca kurumaya bırakılarak denge rutubet miktarına (DRM) ulaşması sağlanmıştır. Test örneklerinin ölçülendirilmesinde, lif doğrultusu dikkate alınmıştır. Kesim işlemi sırasında, yıllık halkaların her iki yüzeye paralel ve komşu yüzeylere dik olacak şekilde olmasına özen gösterilerek, elde edilen malzemenin yapısal özellikleri korunmuştur. Test sonuçlarının güvenilirliği artırmak amacıyla tomruk kesim aşamasından, örneklerin son ölçülerine getirilmesine kadar olan süreçte; budaksız, çatlaksız, düzgün lifli, kusursuz, renk farkı olmayan, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararına uğramamış diri odun kısımlarından örnek alınmasına azami özen gösterilmiştir. Tüm kesim işlemleri, şerit testere makinesinde radyal yön dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Kaba kesimleri yapılan keresteler, ilk olarak planya makinesinde komşu iki kenarın 90° ve karşılıklı yüzeylerin birbirine paralel olması sağlanmış ve ardından kalınlık makinesinde 22 mm kalınlığa indirilmiştir. Daha sonra, daire testere makinesinde 22x22x360 mm boyutlarında kesilerek, istenilen ölçülere getirilmiştir. Son olarak, örneklerin hassasiyetini artırmak amacıyla, kalibre kontak zımpara makinesinde sırasıyla kalınlık, genişlik ve boyu 20x20x360 mm olacak şekilde zımparalanmıştır. Bu işlem, örneklerin yüzey pürüzlülüğünü azaltarak, daha düzgün ve ölçülü bir yapıya sahip olmalarını sağlamıştır. Test örneklerinin hazırlanmasında, yıllık halkaların kesit yüzeyine teğet olması göz önünde bulundurularak standartlara uygun örnekler elde edilmiştir.

2.2. Metot

Testlere başlamadan önce, mekanik özellikleri belirlemek için hazırlanan test örneklerinin denge rutubet miktarında olması için örnekler 20±2 °C sıcaklık ve %65±5 nisbi rutubet oranına sahip özel bir iklimlendirme kabininde bekletilmiştir. Bu koşullar altında, numunelerin nem içeriği kademeli olarak dengelenerek, %12 denge rutubet miktarına ulaşarak daha kararlı ve güvenilir sonuçlar vermesini sağlamıştır. Kimyasal özelliklerin belirlenmesi için odun küçük parçalara ayrılmış ve ardından laboratuvar tipi bir öğütücüde öğütülmüştür. Öğütülen odun unları sarsak elek kullanılarak elenmiş ve eleme işlemini takiben 60-80 mesh (250-177 µm) arası parçacık boyutundaki odun unları kimyasal analizler için kullanılmıştır. Ekstraktif madde miktarının belirlenmesi için hacimce 4-1-1 oranında toluen, aseton ve etanol kullanılarak soxhleth ekstraksiyonu düzeneğinde ekstraksiyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Holoselüloz miktarı, klorit yöntemine (Wise, 1962) göre, alfaselüloz miktarı ise TAPPI T (2009) 203 cm-99 standardına göre belirlenmiştir. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için 20x20x30 mm ölçülerinde 20 adet test örneği hazırlanmıştır. Test örnekleri üzerinde, rutubet miktarı TS-ISO-13061-1 (2021)'e göre, tam kuru yoğunluk TS-ISO-13061-2 (2021)'e göre, radyal, teğet, boyuna genişleme TS-ISO-13061-15 (2021)'e ve hacmen genişleme TS ISO 13061-16 (2021)'e göre belirlenmiştir. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için hazırlanan test örnekleri, öncelikle etüvde tam kuru hale getirilmiş ve bu haldeki ölçüleri ve ağırlığı belirlenmiş bu verilerle tam kuru yoğunluğu hesaplanmıştır. Sonra bu test örnekleri suya daldırılmış ve 2 hafta bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda sudan çıkarılan test örneklerinin ağırlığı ve ölçüleri belirlenmiş bu verilerle genişleme yüzdeleri ve rutubet yüzdesi belirlenmiştir. Lif doygunluk noktası (LDN) ise aşağıdaki Formül 1'e göre belirlenmiştir.

$$LDN = \frac{\beta v}{Do}\ (\%) \qquad (1)$$

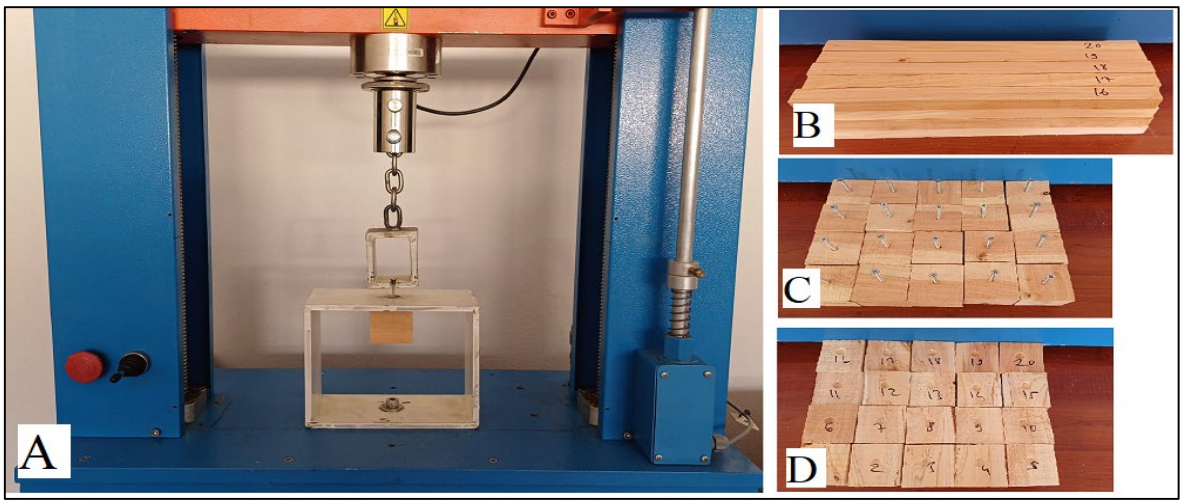
Burada;

βv: hacmen genişleme miktarı,

Do: tam kuru yoğunluk değeri.

Eğilme direnci, Janka sertlik ve vida tutma kapasitesi testleri ölçümleri, elektro mekanik prensiple çalışan 10 kN kapasiteli test cihazında yapılmıştır (Şekil 2-A). Eğilme direnci (Şekil 2-B) TS-ISO-13061-3 (2021)'e, eğilmede elastikiyet modülü TS-ISO-13061-4 (2021)'e, janka sertlik (Şekil 2-D) değeri TS ISO 13061-12 (2021)'e göre ve vida tutma (Şekil 2-C) kapasitesi TS- EN-13446 (2002) standartlarında belirtilen esaslara uygun olarak

yapılmıştır. Bu testlerin yapıldığı test cihazının ve test örneklerinin görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir. Eğilme direnci test örnekleri 20x20x360 mm ölçülerinde, statik sertlik test örnekleri 50x50x50 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Eğilme direncinde mesnetler arası mesafe 300 mm olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci testinde kuvvet radyal yüzeye (teğet yönde) uygulanmıştır. Vida tutma kapasitesinin belirlenmesi için 4 mm çapında ve 50 mm boyunda çinko vidalar kullanılmıştır. Vidaların montajı öncesinde, her bir örneklere sütunlu matkap yardımıyla 2,5 mm çapında ve 20 mm derinliğinde kılavuz delikler açılmış ve vidaların düzgün bir şekilde yerleştirilmesi sağlanmıştır. Vidalar, kılavuz deliklerine tam olarak delik boyu kadar vidalanmıştır. Statik sertlik direncinin belirlenmesi amacıyla test cihazının yükleme ucu hızı 5 mm/dk olarak ayarlanmış ve yarımküre şeklindeki ucun yarıçapına uygun olarak 5,64 mm'lik bir çukur oluşturulmuştur. Hem vida tutma kapasitesi hem de statik sertlik direnci deneyleri, odunun enine, teğet ve radyal yüzeylerinde gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, odunun anizotropik yapısının bu özellikler üzerindeki etkisi ayrıntılı olarak incelenmiştir.



Şekil 2. Test cihazı (A), eğilme direnci test örnekleri (B), vida tutma testi (C), Janka sertlik testi test örnekleri (D).

Testler sonunda elde edilen deney verileri, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Her bir özellik için minimum, maksimum, standart sapma ve aritmetik ortalama değerleri hesaplanarak, farklı yönlerdeki performans karşılaştırmaları yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Limon servi odunun bazı fiziksel özelliklerine ait değerler Çizelge 1'de gösterilmiştir. Tam kuru ortalama yoğunluk değeri 0,439 g/cm^3 olarak belirlenmiştir. Teğet yönde ortalama genişleme değeri %6,1, radyal yönde ortalama genişleme değeri %4,4 ve boyuna yönde ortalama genişleme %0,3, hacmen ortalama genişleme değeri %10,8, ortalama lif doygunluk noktası %24,7 ve suya daldırma süresi sonunda elde edilen ortalama su alma yüzdesi %103 olarak hesaplanmıştır. Limon servisi (*Cupressus Macrocarpa* Goldcrest) odununun tam kuru yoğunluk değeri (D_0) ortalama olarak 0,439 g/cm^3 olarak belirlenmiştir. Bu değer, limon servisi odun özelliklerinin belirlenmesi ve diğer ağaç türleriyle karşılaştırılması açısından önemlidir. Literatür incelendiğinde, limon servisi odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Fiziksel özelliklere ait veriler.

	TKY (g/cm^3)	TG (%)	RG (%)	BG (%)	HG (%)	LDN (%)	SA (%)
x	0,439	6,1	4,4	0,3	10,8	24,7	103,0
ss	19	1,3	0,9	0,1	1,5	3,4	7,8
min	0,415	4,0	2,7	0,1	8,6	17,7	92,7
mak	0,484	8,2	6,3	0,5	14,5	30,8	121,1

TKY: tam kuru yoğunluk; **TG:** teğet genişleme; **RG: radyal** genişleme; **BY:** boyuna yönde genişleme; **HG:** hacmen genişleme; **LDN:** Lif doygunluk noktası; **SA:** Su alma miktarı.

Farklı zamanlarda yapılan çalışmalarda, çeşitli ağaç türlerinin yoğunluk değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmalarda elde edilen bazı yoğunluk değerleri şu şekildedir: Kavak 0,37 gr/cm^3, Karaçam 0,43 gr/cm^3, Kızılçam 0,46 gr/cm^3, Göknar 0,49 gr/cm^3, Gümüşi ıhlamur 0,504 gr/cm^3, Gülibrişim 0,53 gr/cm^3, Kayın 0,60 gr/cm^3, Ceviz 0,78 gr/cm^3, Kayısı 0,788 g/cm^3, Kurtbağrı 0,79 gr/cm^3, Söğüt 0,46 gr/cm^3 (Örs ve Keskin, 2001; Tunçtaner ve ark., 2004; Bektaş ve ark., 2005; Korkut, 2011; Çavuş, 2019; Çavuş, 2020a; Çavuş, 2020b; Çavuş, 2020c; Çavuş, 2021; Kaya ve ark., 2024).

Çizelge 2. Kimyasal analiz verileri.

İstatistik değerler	Ekstraktif (%)	Holoselüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Alfaselüloz (%)
x	3,41	69,36	27,75	41,61
ss	0,73	0,48	0,16	0,36

Limon servi odunun kimyasal analizleri sonrasında elde edilen veriler Çizelge 2'de gösterilmiştir. Limon servi odununun solvent ekstraksiyonu sonrasında ektraktif madde miktarı %3,41 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, klorit yöntemine göre yapılan holoselüloz tayini sonrasında odunda bulunan yapısal karbonhidratların (selüloz ve hemiselüloz) toplam miktarı %69,36 olarak belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, odunun alfaselüloz içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılan alfaselüloz tayini sonrasında limon servi odunun %41,61 oranında alfaselüloz içerdiği tespit edilmiştir. Odunların kimyasal bileşimleri ağaç türüne, yetişme yerine, mevsime ve birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. İğne yapraklı ağaçların hemiselüloz oranları ağaç türlerine göre %20-32 arasında değişmektedir (Erdin ve Bozkurt, 2013). Servi ağacı türlerine ait odunların teknolojik karakterizasyonun yapıldığı bir çalışmada (Okino ve ark., 2010), servi odununun ortalama %4,1 oranında ekstraktif madde, %71,8 oranında holoselüloz ve %24,4 oranında hemiselüloz içerdiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise adi servi (*Cupressus sempervirens*) ağacı diri odununun %43,4 oranında, öz odunun %41,3 oranında alfaselüloz içerdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada yapılan kimyasal analizler sonrasında elde edilen verilere göre limon servi odunun genel olarak literatürde verilen servi ağacı odunlarının kimyasal içeriklerine ait oranlar ile benzer oldukları görülmüştür.

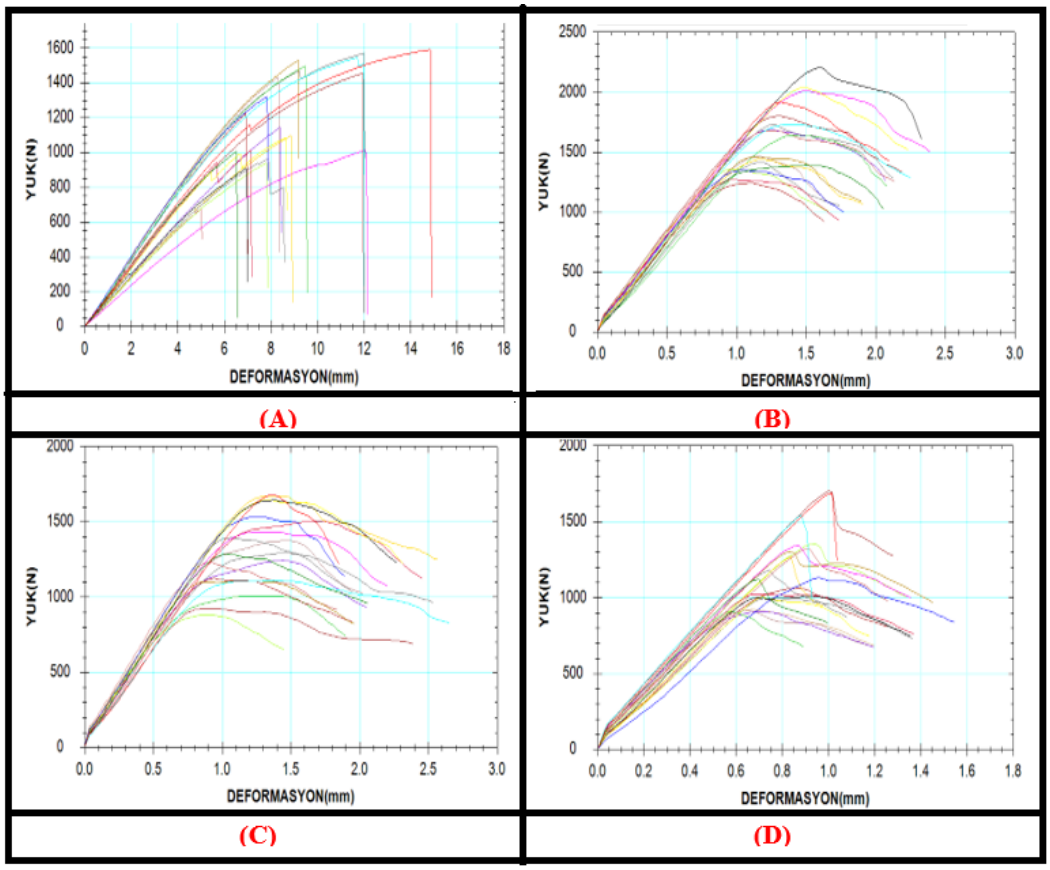
Limon servi odunun bazı mekanik özelliklerine ait değerler Çizelge 3'te gösterilmiştir. Eğilme direnci ortalama değeri 61,3 2 N/mm^2, eğilmede elastikiyet modülü ortalama değeri 6189 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir. Teğet, radyal ve enine yüzeylerde statik sertlik ortalama değerleri sırasıyla 27,6 N/mm^2, 25,7 N/mm^2 ve 48,7 N/mm^2, vida tutma kapasitesi değerleri ise sırasıyla 20,7 N/mm^2, 17,1 N/mm^2 ve 15,1 N/mm^2 olarak belirlenmiştir. En yüksek statik sertlik değeri enine yüzeyde elde edilirken en düşük değer ise radyal yüzeyden elde edilmiştir. En yüksek vida tutma kapasite değeri teğet yüzeyde elde edilirken en düşük değer ise enine yüzeyden elde edilmiştir.

Çizelge 3. Mekanik özelliklere ait veriler.

İstatistik değerler	**E.D. (N/mm^2)**	**E.E.M. (N/mm^2)**	**J.S. (N/mm^2)**			**V.T.K (N/mm^2)**		
			TY	**RY**	**EY**	**TY**	**RY**	**EY**
x	61.3	6189	27.6	25.7	48.7	20.7	17.1	15.1
ss	11.0	765	3.8	3.0	2.8	3.4	3.3	3.2
min	45.5	5059	23.7	22.3	44.3	15.9	11.2	11.5
max	77.6	7299	35.8	31.4	52.8	28.2	21.6	21.7

E.D: Eğilme direnci; **E.E.M:** eğilmede elastikiyet modülü: **J.S:** Janka sertlik; **V.T.K:** vida tutma kapasitesi; **TY:** Teğet yüzey; **RY:** radyal yüzey; **EY:** enine yüzey.

Limon servi odununun eğilme direnci ortalama olarak 61.3 N/mm^2 belirlenmiştir. Literatürde endüstriyel olan ve olmayan odun türleriyle yapılan eğilme direnci üzerine yapılan ve çalışmalarda: Gülibrişim 63.70 N/mm^2 (Çavuş, 2019a); Kızılağaç 75.98 N/mm^2 (Çalıova, 2011); Manolya 85.56 N/mm^2 (Çavuş, 2019b); Yabani kiraz 95.39 N/mm^2 (Aytin 2013); Kurtbağrı ağacı 98.66N/mm^2 (Çavuş, 2021); Dişbudak 115.66 N/mm^2 (Alioğulları, 2010); N/mm^2; Ihlamur 83.26 N/mm^2 **(**Çavuş ve ark., 2022) tespit edilmiştir. Limon servi odununun eğilmede elastikiyet modülü değerleri 6189 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir. Literatürde eğilmede elastikiyet modülü üzerine yapılan ve endüstriyel olan ve olmayan türlerle yapılan çalışmalarda: Gülibrişim 5029.00 N/mm^2 (Çavuş, 2019a); Kızılağaç 7434.05 N/mm^2 (Çalıova, 2011); Manolya 6375.66 N/mm^2 (Çavuş, 2019b); Yabani kiraz 12793.80 N/mm^2 (Aytin 2013); Kurtbağrı ağacı 6946.26 N/mm^2 (Çavuş, 2021); Ihlamur 5206.02 N/mm^2 **(**Korkut, 2011); Dişbudak 13651.00 (Şahin, 2013); Kokar Ardıç 6701.50 N/mm^2 (Çavuş, 2020); Ilgın 7533.00 N/mm^2 (Mantanis ve Birbilis, 2010); Ihlamur 8572,87 N/mm^2 **(**Çavuş ve ark., 2022**)** olarak belirlenmiştir. Limon servi odunun eğilme direnci esnasında elde edilen yük-deformasyon grafiği (Şekil 3-A) ile teğet (Şekil 3-B), radyal (Şekil 3-C) ve enine (Şekil 3-D) yüzeylerden elde edilen yük-deformasyon grafikleri Şekil- 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Eğilme direnci (A), Vida Tutma Kapasitesi Testinde; teğet (B) radyal (C) ve enine (D) yüzeylerden elde edilen yük-deformasyon grafikleri.

Şekil 3-A incelendiğinde yük deformasyon grafiğinde yükün ani olarak düştüğü ve testin sonlandığı açıkça görülmektedir. Bu durum, eğilme yüklemesi altında kalan test örneğinin ani olarak kırıldığı bu nedenle de gevrek (kırılgan) özellikte bir malzeme olduğunun bir göstergesidir. Bazı ağaç türlerinde eğilme yükü altında kalan test örneği, test sonunda kademeli bir yük-deformasyon grafiği verir. Bu durum o ağaç türlerinin daha esnek (sünek) bir özelliğe sahip olduğunu gösterir (Bal ve Ayata 2020). Bir diğer anlatımla, elastiklik sınırı aşıldıktan kısa süre sonra kırılan malzemeler gevrek malzeme olarak tanımlanır (Örs ve Keskin 2001).Şekil 3-B, 3-C ve 3-D de vida tutma kapasitesi testinde teğet yüzeyde, radyal yüzeyde ve enine yüzeyde yapılan testlere ait yük-deformasyon eğrileri verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde birbirlerinden farklı olduğu, özellikle enine yüzeyde yapılan testte deformasyon miktarının diğer yüzeylere göre daha küçük olduğu ve kısa bir deformasyon sonunda vidanın yerinden çıktığı ve testin sonlandığı görülmektedir. Bu durum ise; masif ağaç malzemede enine yüzeylerde yapılan vidalı montajların diğer yüzeylere göre daha düşük bir performansa sahip olduğunun göstergesidir.

Limon servi odununun ortalama Janka sertlik değerleri (teğet, radyal ve enine) sırasıyla 27,6, 25,7 ve 48,7 N/mm^{2}'dir. Teğet yüzeydeki ortalama Janka sertlik değeri radyal

yüzeyden daha yüksek tespit edilmesine rağmen en yüksek değer enine yüzeyde tespit edilmiştir. Limon servi odununun ortalama vida tutma kapasitesi (teğet, radyal ve enine yüzey) değerleri sırasıyla 20,7, 17,1 ve 15,1 N/mm^2'dir. Teğet yüzeydeki ortalama vida tutma kapasitesi radyal yüzeyden ve enine yüzeyden daha yüksek; radyal yüzeydeki değer ise enine yüzeyden daha yüksek tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Limon servi odununun farklı yönlerde farklı çivi tutma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Ağaç malzemenin anizotropik yapısı, mühendislik uygulamalarında dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Bu anizotropik yapı nedeniyle, ahşabın mekanik özellikleri, özellikle de vida tutma kapasitesi ve Janka sertlik değerleri, büyük ölçüde odun liflerinin yönüne bağlıdır. Literatürde yapılan çeşitli çalışmalar, ahşap kesit yönlerinin vida tutma kapasitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Kılıç ve ark., 2007; Çağatay ve ark., 2012; Gašparík vd., 2015; Çavuş ve Ayata, 2018). Bazı çalışmalarda, vida tutma kapasitesinin odun yoğunluğu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Bal vd., 2013; Bal vd., 2016). Odun yoğunluğu arttıkça, genellikle vida tutma kapasitesinin de arttığı gözlemlenmektedir. Yapılan bir çalışmada kayısı odununun, çivi tutma kapasitesi teğet, radyal ve enine yüzeylerde sırasıyla 16,05, 21,07 ve 21,83 N/mm^2 olarak bulunmuştur (Ayata ve Bal, 2019). Bu çalışma, limon servi odununun özellikle mobilya ve benzeri uygulamalarda vida kullanımı, daha güçlü ve güvenilir bağlantılar sağlayabilir. Ancak, hangi tür bağlantı elemanının (çivi veya vida) kullanılacağına karar verirken, ahşabın türü, yoğunluğu, lif yönü ve uygulama alanı gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Limon servisi (*Cupressus Macrocarpa* Goldcrest) olarak adlandırılan ağaç türü odununun bazı fiziksel (yoğunluk, teğet genişleme radyal genişleme ve boyuna genişleme), kimyasal (ekstraktif madde, hemiselüloz, holoselüloz ve alfaselüloz) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci, elastikiyet modülü, vida tutma direnci, statik sertlik) araştırılmıştır. Yapılan analizler ve testler sonunda aşağıdaki sonuçlar söylenebilir. Kimyasal analizler sonrasında elde edilen verilere göre ektraktif madde, holoselüloz ve alfaselüloz oranlarının genel olarak iğne yapraklı ağaçlar için belirlenen sınır değerleri arasında olduğu ve literatürdeki çalışmalarda belirtilen sonuçlara yakın değerler sergilediği tespit edilmiştir. Test örneklerinden elde edilen veriler ışığında; vida tutma kapasitesi en yüksek teğet yüzeyde, statik sertlik değeri ise enine yönde tespit edilmiştir. Limon servi odununun vida tutma kapasitesi teğet kesit yüzeyde radyal ve enine yüzeylerine kıyasla daha yüksek vida tutma kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu odunun vida

uygulamalarında teğet kesitin daha uygun bir seçenek olduğunu göstermektedir. Limon servi ağacının odununda yapılan sertlik testleri sonucunda, enine kesit yüzeyinin sertlik değerinin hem teğet hem de radyal kesit yüzeylerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu ağaç türünün ticari uygulanabilirliğini artırmak amacıyla, odunun biyolojik bozunmaya karşı doğal direnci ve kimyasal emprenye sonrası dayanıklılığı, kuruma karakteristikleri (kuruma süresi ve kusur oluşumu dahil) ve çeşitli yüzey işlem/yapışma materyalleriyle performansı üzerine yapılacak detaylı araştırmalar yapılması gereklidir.

Kaynaklar

Alioğulları, S. (2010). "*Süleymaniye plantasyonlarında uygulanan dikim aralığının dar yapraklı dişbudak (Fraxinus angustifolia Vahl.) odununun bazı mekanik özelliklerine etkisi".* Yüksek lisans tezi, Düzce Üniversitesi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ayata, Ü., & Bal, B. C. (2019). Kayısı (Prunus armeniaca L.) odununda çivi tutma direnci ve Janka sertlik değerinin belirlenmesi. In *Ziraat, orman ve su ürünleri alanında yeni ufuklar* (ss. 310-321). Gece Publishing.

Aytin, A. (2013). "*Yabani kiraz (Cerasus avium (L.) Monench) odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisi".* Doktora tezi, Düzce Üniversitesi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bal, B. C., Özdemir, F., & Altuntaş, E. (2013). Masif ağaç malzeme ve tabakalı kaplama kerestenin vida tutma direnci üzerine karşılaştırmalı bir çalışma. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, *9*(2), 14–22.

Bal, B. C., & Ayata, Ü. (2020). Karaçam ve karakavak odunlarının bazı mekanik özellikleri üzerine karşılaştırmalı bir çalışma. *Turkish Journal of Forestry*, *21*(4), 461–467.

Bean, W. (1981). *Trees and shrubs hardy in Great Britain*. Murray.

Bektaş, İ., Alma, H., & Fidan, S. (2005). Doğu çınarı (Platanus orientalis)'nın lambri yapımına uygunluğunun araştırılması (Proje No: 2003/1-5:17). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı.

Cabrera, J., Martínez, F., & Granada, L. (2007). *Producción de Cedro Limón Cupressus macrocarpa Goldcrest en Morelos* (Folleto Técnico 29). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, INIFAP.

Çalıova, Z. (2011). *Kızılağaç ve doğu ladini odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısıl işlemin etkisi* Yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çağatay, K., Efe, H., Burdurlu, E., & Kesik, H. İ. (2012). Bazı ağaç malzemelerin vida tutma mukavemetlerinin belirlenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *12*(2), 321–328.

Cuban, L. (2001). *Oversold and underused: Computers in the classroom*. Harvard University Press.

Çavuş, V. (2019a). İzmir'de yetişen gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununun bazı mekanik ve fiziksel özellikleri ile yüzey özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, *20*(4), 440–447. https://doi.org/10.18182/tjf.611994

Çavuş, V. (2019b). Manolya (*Magnolia grandiflora* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. In *MAS 10th International European Conference on Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences* (ss. 44–52).

Çavuş, V. (2020). Kokulu ardıç odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bir araştırma. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, *3*(1), 1–9. https://doi.org/10.33725/mamad.717060

Çavuş, V. (2020a). Kayısı ağacı (*Prunus armeniaca* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *22*(2), 457–464. https://doi.org/10.24011/barofd.729707

Çavuş, V. (2020b). Çitlembik (*Celtis australis* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. In *1st International Hazar Scientific Research Conference* (ss. 912–927).

Çavuş, V., & Ayata, Ü. (2018). Manolya ağacı, akçaağaç ve tespih ağacı odunlarında vida tutma direnci üzerine bir araştırma. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, *1*(2), 94–102. https://doi.org/10.33725/mamad.496615

Çavuş, V., Ersin, İ., & Bal, B. C. (2022). Ihlamur (*Tilia tomentosa*) odununun bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, *5*(2), 120–130. https://doi.org/10.33725/mamad.119034

Erdin, N., & Bozkurt, A. Y. (2013). *Odun anatomisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Ermeydan, M., Ermeydan, N., & Bekaroğlu, G. (2011). *Bahçıvanlık el kitabının bitki bilgisi*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Park Bahçe ve Yeşil Alanlar Daire Başkanlığı.

Esmeralda, Y. A. O., Okino, M. R. D. S., Santana, M. A. E., Alves, M. V. D. S., Melo, J. E. D., Coradin, V. T. R., & Sousa, M. E. D. (2010). Technological characterization of *Cupressus* spp. wood. *Floresta e Ambiente*, *17*(1), 1–11. https://doi.org/10.4322/floram.2011.002

Farjon, A. (2005). *Monograph of Cupressaceae and Sciadopitys*. Royal Botanic Gardens, Kew.

Gašparík, M., Barcík, Š., Borůvka, V., & Holeček, T. (2015). Impact of thermal modification of spruce wood on screw direct withdrawal load resistance. *BioResources*, *10*(1), 1790–1802.

Haslett, A. N. (1986). *Australian blackwood (Acacia melanoxylon R. Br.): Properties and utilisation of exotic speciality timbers grown in New Zealand. Part 2* (New Zealand Forest Research Institute Bulletin No. 119). New Zealand Forest Research Institute.

Hogan, C. M., & Frankis, M. P. (2009). Monterey cypress: *Cupressus macrocarpa*. GlobalTwitcher.com.

Kaya, M., Bülbül, R., & Çavuş, V. (2024). Söğüt ağacının (*Salix alba* L.) öz ve diri odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, *25*(3), 302–312. https://doi.org/10.18182/tjf.1437947

Kılıç, M., Burdurlu, E., Usta, I., Berker, U. Ö., & Oduncu, P. (2007). Comparative analysis of the nail and screw withdrawal resistances of fir (*Abies* Mill.), cherry (*Prunus avium* L.), walnut (*Juglans regia* L.) and oak (*Quercus* L.) wood. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, *2*(2), 61–75.

Korkut, S. (2011). Physical and mechanical properties and the use of lesser-known native Silver Lime (*Tilia argentea* Desf.) wood from Western Turkey. *African Journal of Biotechnology*, *10*(76), 17458–17465.

Mantanis, G. I., & Birbilis, D. (2010). Physical and mechanical properties of athel wood (*Tamarix aphylla*). *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *2*, 82–87.

Okino, E. Y. A., Santana, M. A. E., Alves, M. V. D. S., Melo, J. E. D., Coradin, V. T. R., Souza, M. R. D., ... & Sousa, M. E. D. (2010). Technological characterization of *Cupressus* spp. wood. *Floresta e Ambiente*, *17*(1), 1–11. https://doi.org/10.4322/floram.2011.002

Örs, Y., & Keskin, H. (2001). *Ağaç malzeme bilgisi*. KOSGEB.

Saad, A. M., Mohammed, M. M., Ghareeb, M. A., Ahmed, W. S., & Farid, M. A. (2017). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of the leaves of *Cupressus macrocarpa* Hartweg ex Gordon. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, *7*(9), 207–212. https://doi.org/10.7324/JAPS.2017.70928

Sarı, D., & Karaşah, B. (2021). Landscape Assessment of Plant Material Used in Campuses. *Multidisciplinary Perspectives in Educational and Social Sciences*, 253-280.

Şahin, H. İ. (2013). "*Isıl işlemin doğal ve plantasyon ormanlarında yetişen dişbudak (Fraxinus angustifolia Vahl.) odunlarının bazı teknolojik özelliklerine etkisi".* Doktora tezi, Düzce Üniversitesi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

TAPPI. (2009). *T 203 cm-99; Alpha, beta and gamma cellulose in pulp*. TAPPI Test Methods, 1–5.

Thukral, S. K., Sumitra, S., & Surendra, K. S. (2014). Pharmacognostical standardization of leaves of *Cupressus macrocarpa* Hartweg ex Gordon. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, *4*, 71–74. https://doi.org/10.7324/JAPS.2014.40513

Tunçtaner, K., As, N., & Özden, Ö. (2004). Bazı kavak klonlarının büyüme performansları, odunlarının bazı teknolojik özellikleri ve kağıt üretimine uygunlukları üzerine araştırmalar (Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 212).

Türk Standardları Enstitüsü. (2005). *TS EN 13446: Ahşap esaslı levhalar—Bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini*. TSE.

Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-1: Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi*. TSE.

Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-2: Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini*. TSE.

Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-3: Odunun statik eğilme dayanımının tayini*. TSE.

Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-4: Odunun statik eğilmede elastiklik modülünün tayini*. TSE.

Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-12: Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için statik sertliğin tayini*. TSE.

Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-16: Odun: Fiziksel ve mekanik deneyler – Bölüm 16: Eğilme elastikiyet modülünün tayini*. TSE.

Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 3129: Odun – Küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri*. TSE.

Wise, E. L., & Karl, H. L. (1962). Cellulose and hemicellulose. In *Pulp and paper science and technology* (Vol. 1). McGraw-Hil.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 409-424
Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1577591

Melez kavak (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) ve Amerikan karakavağı (*Populus deltoides* Bartr.)'nda klon denemeleri*

Clone trials on Hybrid poplar (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) and American black poplar (*Populus deltoides* Bartr.)

Cihan ATMACA[1], Murat ALAN[2], Teoman KAHRAMAN[3], Filiz KÜÇÜKOSMANOĞLU KAHRAMAN[4], Yusuf TAŞTAN[5]

Özet

Bu çalışmada, kavak üreticilerinin kullanımına yönelik düzgün gövdeli, çap ve boy gelişimi yüksek, hastalık ve zararlılara dayanıklı Melez kavak (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) ve Amerikan karakavağı (*Populus deltoides* Bartr.) klonları belirlenmiştir. Araştırmada materyal olarak bir yaşlı kavak sırık çeliği (köksüz fidan) kullanılmıştır. Denemeler rastlantı blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Kocaeli, Edirne, Tokat ve Sakarya illerinde kurulan deneme alanlarındaki kavak klonlarının 10. yıl sonunda çap ve boyu ölçülerek, değerlendirilmiş deneme alanlarına göre başarılı kavak klonları tespit edilmiştir. Klonlara ait kalıtım derecesi, genetik korelasyon ve genetik kazanç tahminleri yapılmıştır. Deneme alanlarına göre 89.M.060, L.Avanzo, 89.M.061, 89.M.004, 89.M.047 klonları başarılı bulunmuş ve kavak üreticilerine önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kavak klonu, kalıtım derecesi, genetik kazanç, ağaçlandırma

Abstract

In this study, hybrid poplar (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) and American black poplar (*Populus deltoides* Bartr.) clones that have smooth trunks, high diameter and height, and are resistant to diseases and pests were determined for poplar producers to use. In the study, 0+1 aged poplar pole cutting (rootless saplings) were used as material. The experiments were set up according to the randomized block trial design. The, diameter and height of the poplar clones in the trial areas established in Kocaeli, Edirne, Tokat and Sakarya provinces were measured at the end of the 10th field age, and at the end of the evaluation, successful poplar clones were determined according to trial areas. Heritability, genetic correlation and genetic gain of the clones were calculated. According to the trial areas, clones 89.M.060, L.Avanzo, 89.M.061, 89.M.004, 89.M.047 were found to be successful and were recommended to poplar producers.

Keywords: Poplar clone, Heritability, genetic gain, plantation

Geliş Tarihi: 01.11.2024, Düzeltme Tarihi: 11.01.2025, Kabul Tarihi: 06.05.2025
Adres: [1]Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İstanbul. E-mail: cihanatmaca@ogm.gov.tr
[2]Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi, Karabük. E-mail: muratalan@karabuk.edu.tr
[3]Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kocaeli. E-Mail: teomankahraman@ogm.gov.tr
[4]Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Kocaeli. E-Mail: filizkos_2004@hotmail.com
[5]İstanbul Zirai Karantina Müdürlüğü, İstanbul. E-Mail: yusuftastan@ogm.gov.tr
*Bu çalışma, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü'nün "Türkiye'de Melez ve Amerikan Karakavaklarında Islah Çalışmaları" isimli proje sonuç raporundan üretilmiştir.

1. Giriş

Kavak, kuzey ve güney yarım kürenin tüm ılıman ve soğuk bölgelerinde doğal ya da yapay melezleme çalışmalarıyla kültür edilmiş bir şekilde yayılış yapmaktadır. Dünyadaki kavak kültivarlarının %95'ini Avrupa karakavağı (Populus *nigra* L.), Amerikan karakavağı (Populus *deltoides* Bartr.) ve Melez kavaklar (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) oluşturmaktadır. Melezleme çalışmalarında, Amerika Birleşik Devletleri orijinli Populus *deltoides* Bartr.'in dişi, Avrupa orijinli *Populus nigra* L.'nın erkek olarak kullanıldıkları dölleme sonucu oluşan melez kavaklar (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) oldukça sağlıklı ve başarılı olmuştur (Ranney ve ark., 1987). Kavak türünde, ıslah çalışmalarıyla daha iyi özelliklere sahip yeni klonların ortaya çıkması mümkün olmaktadır (Ranney ve ark., 1987; Tuskan, 1998). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO)'na bağlı Uluslararası Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Komisyonunun raporuna göre, dünyada 31,4 milyon ha kavak ağaçlandırması bulunmaktadır. Bu ağaçlandırmanın 21,8 milyon ha'ı Kanada ve 8,5 milyon ha'ı Çin'de bulunmakta, kalan miktar sırasıyla Türkiye, İran ve Amerika Birleşik Devletleri arasında paylaşılmaktadır (FAO, 2016).

Dünyada ve ülkemizde doğal ormanların verim gücü, artan odun hammaddesi talebini karşılayacak durumda olmadığından birçok ülke endüstriyel ağaçlandırma yatırımlarına önem vermektedir (Koçer ve Diner, 2003). Ülkemizde odun işleyen endüstrinin hammadde ihtiyacını, Orman Genel Müdürlüğü yıllık 27,7 milyon m^3 üretimle karşılamaya çalışırken bu üretimin 7,8 milyon m^3'ünü hızlı gelişen türlerden (Kızılçam, Sahilçamı, Kavak vs.) gerçekleştirmektedir (OGM, 2023). Kavak ve hızlı gelişen orman ağacı türlerinde üretim sisteminin yaygınlaştırılması, yapay melezleme çalışmalarıyla yeni klonların bulunarak üretimde kullanılması, endüstrinin yeterli hammaddeyi kısa sürede tedarik etmesine katkıda bulunacaktır (OGM, 2013). Kavak odunun kullanım alanının genişliği, (kereste, kağıt, yonga levha, lif-levha, ambalaj, mobilya ve inşaat malzemesi vs.) yetiştirilmesinin kolay olması ve hızlı büyümesi nedenleriyle odun hammaddesi açığının kapatılmasında bir seçenek olarak görülmesine yol açmaktadır. Diğer yandan Dünya'da kavaklarda birim alanda odun hammaddesinin miktar ve kalitesini artırmak için genetik ıslah çalışmaları yürütülmektedir (Riemenschneider ve ark., 2001; Benetka ve ark., 2012; Karacic ve ark., 2021; IPC, 2024). Bu kapsamda melezleme çalışmaları, genetik testler kullanılarak üstün klonlar seçilebilmektedir.

Dünya'dakilere benzer biçimde Türkiye'de de genetik olarak üstün klonları seçebilmek için kavak ıslah programları çerçevesinde genetik testler kullanılmaktadır. Bu

çalışma ile hastalıklara karşı direnci yüksek olan, daha yüksek çap, boy ve hacim gelişimi yapabilen Melez Kavak (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) ve Amerikan Karakavağı (Populus *deltoides* Bartr.) fidanlık denemelerinden seçilmiş olan klonlardan, ikinci aşama (arazi) genetik testler kullanılarak yöresel olarak klonlar önerilmesi ve deneme alanlarından toplanan verilerden genetik parametrelerin tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Deneme alanlarında, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü'nün kavak klon bankasında bulunan 8 adet Melez kavak (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier) ve 23 adet Amerikan karakavağı (Populus *deltoides* Bartr.) olmak üzere toplam 31 adet kavak klonu kullanılmıştır. Fidanlık aşaması test denemelerinde gelişim yönünden her yörede başarılı, mantar ve böcek hastalıklarına karşı dayanıklı klonlar, yöresel denemelerde tercih edilmiştir (Tunçtaner, 1988). Bu nedenle her deneme alanında kullanılan klonlar farklılık göstermiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme alanlarında kullanılan Melez kavak (1-2. sütunlar) ve Amerikan karakavağı (3-8. sütunlar) klonları.

I-214	1/82	D.92.284	Samsun	D.92.282	89.M.060	89.M.007	D.92.206
39/61	L.Avanzo	89.M.053	89.M.050	89.M.004	Lux	89.M.047	D.92.299
190/85	140/85	89.M.011	89.M.063	89.M.020	PE.3-71	89.M.061	89.3.3
158/85	Belletto	89.M.066	89.M.044	D.92.176	D.92.258	İzmit	

Deneme alanları, kavak ağaçlandırmalarının yoğun olarak yapıldığı Kocaeli, Edirne, Tokat ve Sakarya illerinde kurulmuştur (Çizelge 2). Deneme alanlarında 2-3 cm kalınlığında 1,5-2 m boyunda 0+1 yaşlı sırık çeliği (köksüz fidan) kullanılmıştır. 2006 yılının kasım ayında tarım arazilerinden oluşan sahaların hazırlığı için diri örtü (ot, çalı, vs.) çalı doğrayıcısıyla doğrandıktan sonra, bu parçalar traktör arkasına takılan tırmıklarla temizlenmiştir. Temizlikten sonra pulluk ile 35-40 cm derinlikte toprak sürülmüş ve diskaro ile tesviye edilmiştir. 2007 yılının mart ayında sırık çelikleri, su kaybının azaltılması amacıyla dikim öncesi bir gün suda bekletilerek 5x5 m aralık-mesafe ile dikilmiştir. Çelikler 40 cm derinliğinde toprağa batırılarak yerleştirilmiş ve dipleri sıkıştırılmıştır. Dikimden sonra her yıl bir kez Mayıs-Haziran aylarında ot alma ve çapalama işlemleri yapılmıştır. Hava sıcaklıklarının yoğun olduğu aylar olan Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında birer kez

olmak üzere toplam üç adet sulama yapılmıştır. İlk yılın sonunda kuruyan fidanlar, aynı klonla tamamlanmıştır. Denemelerde on yıl boyunca böcek ve mantar zararına rastlanmamıştır.

Çizelge 2. Deneme alanlarının bazı bilgileri.

Deneme Alanı	Kuzey Enlem	Doğu Boylam	Denizden Yükseklik (m)	Dikim Aralığı (m)	Klon adedi	Blok adedi	Fidan adedi	Ölçüm Yaşı
Kocaeli	40°45'14"	29°58'27"	5	5x5	17	6	306	10
Sakarya	40°41'37"	30°32'25"	70	5x5	20	5	300	10
Edirne	40°53'03"	26°14'08"	12	5x5	19	5	285	10
Tokat	40°16'03"	36°12'45"	525	5x5	20	6	360	10

Deneme alanlarının meteorolojik verileri ile toprak özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir. Toprak analizi için deneme alanlarında 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikten örnekler alınmış ve alınan örnekler bilgileri içerecek şekilde etiketlenmiştir. Toprak örnekleri Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü toprak laboratuvarında analiz edilmiştir.

Çizelge 3. Deneme alanlarına ait iklim verileri (MGM, 2022) ve toprak özellikleri

Deneme Alanı	Meteoroloji İstasyonları Rasat Yılları	Yıllık Ort. Yağış mm	Yıllık Ort. Sıc. (^{0}C)	Ort. En Yüksek Sıc.(^{0}C)	Ort. En Düşük Sıc (^{0}C)	Ort. Nisbi nem (%)	Tekstür	Toprak Derinliği (cm)	pH	Kireç (%)	Organik Madde (%)
Kocaeli	İzmit 1991-2020	747	14.5	29	2.7	71	Tozlu Balçık	0-60	7.9	1.6	6.2
Sakarya	Sakarya 1991-2020	842	14.6	29.4	2.9	69	Tozlu Balçık	0-60	7.8	5.1	3.0
Edirne	İpsala 1991-2020	601	13.7	31.9	-0.6	67	Kumlu Balçık	0-60	7.1	1.5	1.7
Tokat	Tokat 1991-2020	435	12.5	29.8	-1.7	63	Killi Balçık	0-60	8.1	5.9	2.7

2.2. Yöntem

Deneme alanlarında rastlantı blokları deneme deseni kullanılmış, deneme alanının büyüklüğüne göre blok sayısı (Kocaeli ve Tokat deneme alanlarında altı blok, Edirne ve Sakarya deneme alanlarında 5 blok) belirlenmiştir. Kavak ağaçlandırmalarında yaygın olarak kullanılan Samsun ve I-214 klonları, kontrol olarak her deneme alanında kullanılmıştır. Onuncu yıl (2017) vejetasyon mevsimi sonunda klonların göğüs yüksekliği çapı, çap ölçer; boy ise lazer tipi boy ölçer ile toprak seviyesinden üst tomurcuğa kadar cm hassasiyetinde ölçülmüş ve elde edilen veriler SPSS istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir. 2017 yılı (10.yıl) sonunda bloklarda her klon için her parselde bulunan

3 birey ölçülmüştür. Deneme alanlarında farklı klonlar olmasından dolayı deneme alanları tek tek analiz edilmiştir. Klon etkisi önemli olduğunda çoklu karşılaştırma testi (Duncan) yapılmıştır. Varyans bileşenlerinin hesabında ANOVA, Type III seçeneği kullanılmıştır.

Deneme alanlarında klonal kalıtım dereceleri (Falconer ve Mackay, 1996; Işık ve ark. 2017) ve karakterler arasında genetik korelasyonlar bulunmuştur. Klonlara ait ıslah değerlerinin tahmin edilmesinde Henderson (1975) tarafından geliştirilen BLUP yöntemi kullanılmıştır. BLUP yöntemi ile klonlarda tahmin edilen ıslah değerleri kullanılarak, kontrollerin (I-214 ve Samsun) ortalamasına göre genetik kazançlar hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kocaeli deneme alanı

Deneme alanından alınan verilerin çap ve boy için varyans analizinde, Kocaeli deneme alanında klonlar arası farklılık çap ve boy açısından istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Klonlar için Duncan testine göre oluşan homojen gruplar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Kocaeli deneme alanı çap ve boy için oluşan homojen gruplar.

Klon	Çap(cm) ve Homojen Gruplar*	Boy(m) ve Homojen Gruplar
L.Avanzo	36.7 (a)	29.4 (a)
89.M.060	36.0 (b)	28.8 (b)
89.M.063	33.7 (b)	26.9 (b)
89.M.050	33.5 (b)	26.8 (b)
89.M.047	33.1 (b)	26.5 (b)
Belloto	32.6 (bc)	26.1 (bc)
89.M.011	32.3 (bcd)	25.9 (bcd)
D.92.176	30.7 (bcde)	24.6 (bcde)
39/61	30.4 (bcdef)	24.3 (bcdef)
89.M.044	30.1 (bcdef)	24.2 (bcdef)
1//82	29.8 (cdef)	23.9 (cdef)
Lux	29.2 (def)	23.4 (def)
Samsun	27.9 (defg)	22.3 (defg)
140/85	27.5 (efg)	22.0 (efg)
İzmit	27.4 (fgh)	21.9 (fgh)
D.92.282	27.3 (gh)	21.9 (gh)
I-214	20.4 (h)	16.3 (h)
Genel ort.	**30.51**	**24.42**

* Farklı harfler, farklı grupları göstermektedir.

Kocaeli deneme alanında, çoklu karşılaştırma testinde (Çizelge 4) çap ve boyda en iyi gelişim yapan klon L. Avanzo olur iken 89.M.060, 89.M.063, 89.M.050 ve 89.M.047 klonları ise ikinci sıradaki homojen grubu oluşturmuştur. I-214 klonu ise çap ve boy kriterleri açısından en son sırada yer almıştır. Kocaeli deneme alanında kalıtım dereceleri çap için 0,86±0,05, boy için 0,79± 0,08 olarak hesap edilmiştir. Genetik korelasyon ise çap-boy arasında 0,92±0,06 çıkmıştır. Çap ve boy için başarılı olan L. Avanzo klonu seçildiği takdirde, göğüs çapı için kontrollere göre (Samsun ve I-214 klonlarının ortalaması) %52 (12,5 cm) daha fazla çap büyümesi (genetik kazanç), deneme alanındaki tüm klonların ortalamasına göre ise %20 (6,1 cm) daha fazla çap büyümesi olmuştur. Benzer genetik kazançlar boyda da görülmektedir. Bu durumda yeni ağaçlandırmalarda, Kocaeli yöresinde Samsun ve I-214 klonları yerine L. Avanzo klonu kullanılmalıdır.

Türkiye'de biyokütle üretimine yönelik 1990 yılında başlatılan çalışmalarda, Kocaeli'inde 30 klonla kurulan deneme alanında üçüncü yılın sonunda çap ve boy değerlerinde L. Avanzo klonu ilk sırada yer almıştır (Tunçtaner ve Tulukçu, 1992). O bakımdan bu çalışmada da Kocaeli deneme alanında onuncu yıl sonunda çap ve boy değerleri açısından L. Avanzo klonunun ilk sırada yer alması dikkat çekmiştir. Bu konunun erken seleksiyon olanakları açısından değerlendirilmesinde yarar bulunmaktadır.

3.2. Edirne deneme alanı

Deneme alanından toplanan verilerin çap ve boy için varyans analizinde Edirne deneme alanında klonlar arası farklılık çap ve boy açısından istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Klonlar için Duncan testine göre oluşan homojen gruplar Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Edirne deneme alanı çap ve boy için oluşan homojen gruplar.

Klon	Çap(cm) ve Homojen Gruplar*	Boy(m) ve Homojen Gruplar
89.M.060	28.08 (a)	26.39 (ab)
D.92.282	27.25 (ab)	25.33 (bcd)
89.M.063	27.03 (bc)	26.14 (ab)
89.M.011	26.74 (bcd)	25.46 (bc)
D.92.176	26.50 (cde)	26.28 (ab)
89.M.061	26.21 (cdef)	26.11 (bc)
Lux	25.67 (cdef)	25.81 (bc)
89.M.047	25.60 (cdef)	26.54 (ab)

89.M.044	25.09 (cdefg)	25.82 (bc)
L.Avanzo	24.65 (cdefg)	23.70 (cdef)
1//82	24.62 (cdefg)	24.81 (bcde)
Samsun	24.06 (defgh)	23.24 (def)
89.M.066	23.89 (defgh)	25.83 (bc)
İzmit	23.86 (efgh)	22.72 (efg)
140/85	23.47 (fgh)	25.23 (bcd)
89.M.050	23.16 (fgh)	25.39 (bcd)
39/61	22.15 (gh)	22.03 (fg)
I-214	20.57 (gh)	20.80 (g)
89.M.258	19.21 (h)	22.73 (efg)
Genel ort.	**24.62**	**24.76**

* Farklı harfler, farklı grupları göstermektedir.

Edirne deneme alanında en fazla çap değeri 89.M.060; net olarak ayrışma olmamakla birlikte (D.92.176, 89.M.060 ve 89.M.063'te aynı grupta) en fazla boy büyümesi ise 89.M.047 klonunda olmuştur. Her iki özellik içinde kontrol olarak deneme alanında bulunan Samsun ve I-214 klonları son homojen gruplarda kalmıştır. Edirne deneme alanında kalıtım dereceleri çap için 0,76±0,09, boy için 0,78±0,08 olarak bulunmuştur. Genetik korelasyon, çap-boy arasında 0,83±0,11 tahmin edilmiştir. Göğüs çapı açısından başarılı olduğu düşünülen 89.M.060 klonu seçildiği takdirde göğüs çapı için kontrollere göre %26 (5,8 cm) daha fazla çap büyümesi (genetik kazanç), deneme alanındaki tüm klonların ortalamasına göre ise %14 (3,5 cm) daha fazla çap büyümesi olmuştur. Benzer genetik kazançlar boyda da görülmektedir. Bu durumda yeni ağaçlandırmalarda, Edirne yöresinde Samsun ve I-214 klonları yerine 89.M.060 klonu kullanılmalıdır.

3.3. Tokat deneme alanı

Deneme alanından toplanan verilerin çap ve boy için varyans analizinde Tokat deneme alanında klonlar arası farklılık her iki özellik açısından istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Klonlar için Duncan testine göre oluşan homojen gruplar Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6. Tokat deneme alanı çap ve boy için homojen oluşan gruplar.

Klon	Çap(cm)	Boy(m)
89.M.061	40.88 (a)	37.30 (a)
89.M.004	39.90 (a)	35.63 (abc)
89.M.063	35.28 (b)	36.47 (ab)
89.M.060	34.70 (bc)	35.65 (abc)
140/85	33.70 (bcd)	34.94 (abcd)
I-214	33.43 (bcd)	33.82 (bcde)
89.M.053	33.04 (bcde)	34.03 (bcde)
Samsun	32.70 (bcde)	33.07 (cde)
D.92.284	32.11 (cde)	34.17 (bcde)
158/85	32.04 (cde)	32.85 (de)
D.92.282	31.74 (cde)	32.01 (e)
İzmit	31.28 (def)	32.58 (de)
89.M.020	31.07 (def)	32.55 (de)
PE.3-71	30.73 (def)	32.32 (de)
190/85	30.12 (efg)	33.85 (bcde)
D.92.299	28.36 (fgh)	31.82 (e)
89.3.3	27.75 (ghı)	31.71 (e)
D.92.206	25.96 (hı)	26.44 (f)
89.M.007	25.54 (hı)	26.99 (f)
89.M.011	25.36 (ı)	26.85 (f)
Genel ort.	**31.79**	**32.75**

* Farklı harfler, farklı grupları göstermektedir.

Tokat deneme alanında göğüs çapı değerinin en fazla olduğu klonlar 89.M.061 ve 89.M.004 iken, 89.M.011 klonu her iki özellik birlikte ele alındığında son sırada kalmıştır. Boy değerinin en fazla olduğu klon da 89.M.061 olmuştur. Tokat deneme alanında kalıtım dereceleri çap için 0,95±0,02; boy için 0,88±0,04 olarak hesaplanmıştır. Genetik korelasyon çap-boy arasında 0.94±0.04 olmuştur. Göğüs çapı açısından başarılı olduğu düşünülen 89.M.061 klonu seçildiği takdirde göğüs çapı için kontrollere göre %24 (7,8 cm) daha fazla çap büyümesi (genetik kazanç), deneme alanındaki tüm klonların ortalamasına göre ise %29 (9,0 cm) daha fazla çap büyümesi olmuştur. Tokat deneme alanında Samsun ve I-214 klon ortalamalarının deneme alanı tüm klon ortalamalarının üzerinde çap gelişimi yapmış olduğu görülmektedir. Benzer genetik kazançlar boyda da görülmektedir.

3.4. Sakarya deneme alanı

Deneme alanından toplanan verilerin çap ve boy için varyans analizinde Sakarya deneme alanında klonlar arası farklılık her iki özellik açısından istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Klonlar için Duncan testine göre oluşan homojen gruplar Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 7. Sakarya deneme alanı çap ve boy için oluşan homojen gruplar.

Klon	Çap(cm)	Boy(m)
89.M.060	36.96 (a)	34.00 (ab)
89.M.047	35.93 (ab)	33.84 (abc)
89.M.061	34.95 (ab)	34.95 (a)
89.M.044	33.36 (bc)	31.23 (bcde)
89.M.063	33.01 (bc)	34.20 (ab)
89.M.050	32.40 (bcd)	35.10 (a)
L.Avanzo	31.21 (cde)	34.65 (a)
Samsun	31.13 (cde)	32.72 (abcd)
Lux	31.00 (cde)	33.57 (abcd)
İzmit	30.87 (cde)	32.96 (abcd)
140/85	30.80 (cde)	33.25 (abcd)
89.M.066	30.34 (cde)	29.49 (ef)
89.M.011	29.93 (cde)	30.70 (de)
1//82	29.92 (cde)	35.72 (a)
D.92.176	28.87 (def)	34.10 (ab)
Belletto	28.69 (def)	31.36 (bcde)
D.92.282	27.56 (ef)	30.90 (cde)
D.92.258	25.97 (f)	28.90 (ef)
39/61	25.73 (f)	29.69 (ef)
I-214	22.12 (g)	27.74 (f)
Genel ort.	**30.54**	**32.45**

* Farklı harfler, farklı grupları göstermektedir.

Sakarya deneme alanında çap değerinin en fazla olduğu klon 89.M.060 olur iken, boy büyümesinde net ayrışma olmamakla birlikte (89.M.061, L. Avanzo ve 89.M.050 klonları da aynı grupta) en fazla boy 1/82 klonunda bulunmuştur. I-214 klonu çap ve boy değerleri açısından son sırada yer alırken Samsun klonu, I-214'e göre üst sıralarda yer almıştır. Sakarya deneme alanında kalıtım dereceleri çap için 0,84±0,06 ve boy için 0,78±0,08 olarak

hesaplanmıştır. Genetik korelasyon, çap ile boy arasında 0,78±0,10 olarak çıkmıştır. Göğüs çapı açısından başarılı olduğu düşünülen 89.M.060 klonu seçildiği takdirde göğüs çapı için kontrollere göre %39 (10,3 cm) daha fazla çap büyümesi (genetik kazanç), deneme alanındaki tüm klonların ortalamasına göre ise %21 (6,4 cm) daha fazla çap büyümesi gerçekleşmiştir. Sakarya deneme alanında Benzer genetik kazançlar boyda da görülmektedir. Bu durumda yeni ağaçlandırmalarda, Tokat yöresinde Samsun ve I-214 klonları yerine 89.M.061 klonu kullanılmalıdır.

Deneme alanlarında farklı klonlar başarı göstermesine karşın kontrol olarak bulunan Samsun ve I-214 klonları ise başarısız olan klonlar olmuştur. Özellikle I-214 Tokat deneme alanı hariç çap özelliğinde son sıralarda yer almıştır. Nitekim Kocaeli deneme alanında yalnızca I-214 kontrol olarak ele alındığında L.Avanzo klonu %80 (16.3 cm) daha fazla çap büyümesine ulaşabilmektedir. Benzer şekilde en düşük çap gelişimi yapan klonlara göre Edirne deneme alanında 89.M.060 klonu %46 (8.9 cm), Tokat deneme alanında 89.M.061 klonu %61 (15.5 cm) ve Sakarya deneme alanında 89.M.060 klonu %67 (14.8 cm) daha fazla çap büyümesi yapmıştır. Bu sonuçlar yaklaşık 10 yıl süren genetik testler sonucunda ıslah çalışmaları ile birim alanda önemli oranda odun hammaddesi artışı sağlanabileceğini göstermektedir. Diğer yandan genetik çalışmalar sonunda seçilen klonlar için silvikültürel uygulamalar (gübreleme, bakım, budama, koruma) genetik potansiyelin ortaya çıkabilmesi için önem taşımaktadır (Alan, 2020). Ancak unutmamak gerekir ki seçilen klonların genleri, yaşadıkları sürece daha çok çap ve boy artışı yönünde çalışmalarına karşın, silvikültürel (gübreleme, bakım vb.) önlemlerin yinelenmesi gerekmektedir.

Yetişme ortamı koşullarından iklim ve toprak özellikleri ile klonların gelişimi arasında belirgin bir ilişki gözlenememiştir. En düşük yağışın olduğu Tokat (435 mm) deneme alanında en yüksek ortalama çap (31,79 cm) ve boy (32,75 m) gelişimi olurken, 601 mm yağışın olduğu Edirne deneme alnında ise en düşük ortalama çap (24,62 cm) ve boy (24,76 m) bulunmuştur. Diğer yandan en yüksek organik maddenin (%6,2) bulunduğu ve kendisine en yakın deneme alanının iki katı organik madde içeren Kocaeli deneme alanında ortalama çap (30,51) deneme alanları arasında üçüncü olurken, deneme alanları içinde en düşük ortalama boy (24,42) elde edilmiştir. Yetişme ortamı özelliklerini iyi bir şekilde açıklayabilmek daha ayrıntılı incelemek gerekir. Bununla birlikte deneme alanlarında klon sayılarının ve klon dağılımının da farklı olması ortalamalar üzerinde etkili olmuş olabilir. Ancak yetişme ortamı klon (genotip) ilişkilerinin daha iyi anlaşılması ve klon davranışlarının yetişme ortamına göre aydınlığa kavuşması için genotip çevre denemelerine gereksinim bulunmaktadır (Shelbourne, 1972; Burdon, 1977).

Deneme alanlarında çap (0,76-0,95) ve boy (0,78-0,88) için kalıtım dereceleri oldukça yüksek olmuştur. Türkiye'de *P. deltoides* türünde 14 klon ile kurulan denemede 4. yılda çap için kalıtım derecesi 0.95 bulunmuştur (Tunçtaner, 2008). Adana-Ceyhan ve Şanlıurfa-Birecik'te 40 klon ile yapılan bir denemede kalıtım derecesi çap için 0, 80 boy için 0,56 tahmin edilmiştir (Toplu, 2001). Diğer yandan Pliura ve ark. (2007) 10-12 yaşlı hibrit klonlarda çap (0,49-0,72) ve boy (0,18-0,70) için daha düşük kalıtım dereceleri bulmuşlardır. Araştırmamızda kalıtım derecelerinin klonal düzeyde anılan çalışmalara benzer veya daha yüksek olması, bu klonlardan üretim yapıldığında sonraki jenerasyonda da büyük oranda klonların genetik özelliklerin sürdürecekleri, dolayısıyla genetik kazançların da sürekli olacağını göstermektedir. Diğer yandan kavak ıslah programlarının mali açıdan sürdürülebilir olduğuna işaret etmektedir.

Genetik kazanç açısından kalıtım dereceleri ve seleksiyon yoğunluğu oldukça belirleyicidir. İsveç'te *P. x wettsteinii*'nin kullanıldığı denemede 9. yaş değerlendirmesinde kullanılan klonlar içinde en iyi klonların %10'nun seçilmesiyle hacimde %45 kazanç tespit etmiştir (Stener ve Karlson, 2004). Kanada'da P. deltoides x P.simonnii 'nin kullanıldığı denemede 6. yıl sonunda çap ve boyda sırasıyla 0.93 ve 0.95 kalıtım dereceleri elde edilmiş ve kullanılan klonlar içinde en iyi klonların %5'nin seçilmesi durumunda hacimde %51 kazanç elde edilmiştir (Wu ve ark., 1992). Finlandiya' da *P.x wettsteinii* melez kavak türünde yapılan çalışmada 3. yaş çap karakterinde kalıtım derecesinin 0.52 olduğu ve kullanılan klonlar içinde en iyi klonların %12'nin seçiminde genetik kazancın %15 olduğunu tespit etmiştir (Yu ve Pulkkinen, 2003). Bu çalışmalarla genellikle genetik kazançları tahmin etmişlerdir. Bizim çalışmamızda seçilen klonlar ve kontrol için ıslah değerlerinin olmasından dolayı, karşılaştırmalar gerçekleşen kazançları göstermektedir (Matziris 2000). Örnek olarak Kocaeli deneme alanında 17 klon içinde başarılı olan bir kolon seçildiğinde seleksiyon yoğunluğu %5 olmaktadır. Bu deneme alanında kalıtım derecesi çap ve boy için sırasıyla 0,86 ve 0,79 olmaktadır. Tokat deneme alanında ise 20 klon içinde başarılı olan bir klon seçildiğinde seleksiyon yoğunluğu yine yaklaşık %5'tir. Tokat deneme alanında kalıtım dereceleri ise çap ve boy için 0,95 ve 0,88 olmaktadır. Yukarıda belirtilen çalışmalarda olduğu gibi her iki deneme alanı için genetik kazançlar, kalıtım derecesi ve seleksiyon yoğunluğu kullanılarak tahmin edildiğinde Tokat deneme alanında genetik kazanç yüksek çıkacaktır. Oysa kontrol olarak kullanılan I-214 ve Samsun klonları, Tokat deneme alanında en başarılı olan klonlara (89.M.60 ve 89.M.004) daha yakın (en sonlarda değil) ıslah değeri aldığı için gerçekleşen genetik kazanç Kocaeli deneme alanından daha düşük olmuştur. Dolayısıyla bizim çalışmamızda bulunan genetik kazanç (çap büyümesi) doğrudan üreticiye

yansıyacak genetik kazanç olmaktadır. O bakımdan yapılacak yeni kavak ağaçlandırmalarında çalışmamızda önerilen klonlar kullanılmalıdır.

Çap ile boy arasındaki genetik korelasyon tüm deneme alanlarında genel olarak yüksek (0,78-0,94) olmuş, Sakarya deneme alanı hariç (0,78) 1.00'e yaklaşmıştır. Pliura ve ark. (2007) hibrit kavaklarda çap ve boy arasında genetik korelasyonları 0,44 ile 1.00 arasında bulmuşlardır. Bizim çalışmamız ile Pliura ve ark. (2007) tarafından bulunan çap ve boy arsındaki genetik korelasyon değerleri uyumlu olmuştur. Diğer yandan özelikle bizim çalışmamızda çap veya boy özelliğinde genetik korelasyonların yüksek olması, özelliklerden birisinin ölçülmesi ile diğer özellik (çap veya boy) için seleksiyon yapılabileceğini göstermektedir.

Türkiye'de kavak ağaçlandırmalarının yapıldığı alanlarda yıllık ortalama 3,4 milyon m3 odun üretilmektedir. Bu üretimin %55'i, Melez kavak (*P.* x *euramericana*) ve Amerikan karakavağı (*P. deltoides*) türlerine ait klonlar (I-214, I-45 ve Samsun) ile tesis edilmiş ağaçlandırmalardan sağlanmaktadır. Diğer yandan Türkiye'de kavak ağaçlandırmalarında kullanılan I-214, I-45/51 ve Samsun klonlarının genellikle hektardaki yıllık hacim artımları 15-36 m3/yıl arasında değişmektedir (Tunçtaner ve ark. 1994). Mevcut dört deneme alanında (Kocaeli, Edirne, Tokat ve Sakarya) gerçekleştirilen araştırma sonuçlarında kontrol olarak kullanılan Samsun ve I-214 klonlarına göre başarılı olan klonlar önerilmiştir. Yörelere göre başarılı olan klonların kullanılması ile hektardaki artımlar çok daha yukarılara çıkabilecektir. Diğer yandan araştırma süresince (10 yıl) biyotik ve abiyotik önemli zararlılara rastlanmaması büyüme özellikleri yüksek, biyotik ve abiyotik zararlılara dayanıklılık yönünden başarılı Melez kavak ve Amerikan karakavağı klonları ile endüstriyel ağaçlandırmalar daha da verimli duruma getirilebilir. Kavaklar yakacak odun, kereste, kontrplak, ambalaj, yonga ve kâğıtlık için kullanımı yanında (IPC 2021), biyoenerji (Davis 2008; Allwright ve Taylor 2015) bakımından da oldukça elverişlidir. Bu kapsamda, Türkiye'de 3,5 milyon m^3 yuvarlak kavak odunu üretildiği, bu üretimin 1,4 milyon m^3'ü kesme ve soymalık, 93 bin m^3'ü kağıtlık, 1,8 milyon m^3'ü kerestelik ve 191 bin m^3'ü yakacak ve panel olduğu belirtilmektedir (IPC 2021). Dolayısıyla kavak üretiminde yapılacak artışın, bu ürünlerde de artış anlamına geldiği düşünülmektedir. Diğer yandan, Thakur ve ark. (2021) biyotik ve abiyotik etmenlere karşı direnç konusunda genetik mühendisliğinin devreye girmesi ve genom teknolojisi ile kavak ıslahının hızlanabileceğine dikkat çekmektedir. Genetik mühendisliği Türkiye'deki kavak ıslahının da gündemine girebilir ve Türkiye'deki kavak ıslahı bu açıdan da değerlendirilebilir. Bu açıdan araştırmamızda genetik olarak

başarılı klonların seçilmesinin, Türkiye'deki kavak ıslahının ilerlemesine katkı sağlayacağı beklenmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmayla yüksek çap ve boy değerine sahip, zararlılara karşı dirençli kavak klonları tespit edilmiştir. Böylece kavak ağaçlandırmasında ve kavak odunu işleyen sanayi kollarında yörelere göre klon tercihi yapılabilecektir. Deneme alanlarında kontrol klonları olan Samsun ve I-214 ortalamalarına göre %24 (Tokat) ile %52 (Kocaeli) arasında değişen genetik kazanç sağlanabileceği ortaya çıkmıştır. Dahası özellikle çap ve boy açısından en düşük gelişme gösteren I-214'e göre en iyi gelişme yapan klonlar Kocaeli deneme alanında %80 ve Sakarya deneme alanında %68 daha fazla çap gelişmesi yapmışlardır. Dolayısıyla zaman yitirilmeden yeni kavak ağaçlandırmalarında başarılı olan söz konusu klonlar kullanılmalıdır.

Klonal kalıtım derecelerinin yüksek olması melez kavak ve Amerikan kavağı ıslah döngüsünün kurularak, ıslah stratejilerinin geliştirilmesi ve sürdürülmesinin önemini göstermektedir. Böylece her iki kavak türünde de genetik potansiyeli kullanarak uzun yıllar odun üretimini artırmaya (büyümeye) yönelik ıslah çalışmalarını yürütebilmek mümkün olacaktır.

Göğüs çapı ve boy arasında genetik korelasyonların yüksek olması, ölçümün daha kolay yapılabildiği özellik dikkate alınarak, ıslah çalışmalarının kullanışlı özellik (çap ve boy) üzerinden yürütülmesinin uygun olabileceği anlaşılmıştır. Bu konuda odun özelliği ile büyüme özelliklerinin genetik korelasyonlarını dikkate alan çok özellikli ıslah çalışmalarının da gündeme gelmesinde yarar bulunmaktadır.

Sonuç olarak; Kocaeli yöresinde L. Avanzo, Edirne yöresinde 89.M.060, Tokat yöresinde 89.M.061 ve 89.M.004 klonları ile Sakarya yöresinde 89.M.060, 89.M.047 ve 89.M.061 klonları büyüme ve hastalıklara dayanıklılık açısından diğer klonlara göre üstünlük sağlamışlardır. Bu nedenle sözü edilen yörelerdeki kavak yetiştirmeye uygun ağaçlandırma alanlarında bu kavak klonları kullanılmalıdır. Genetik olarak üstün olan bu klonlar ıslah döngüsünün devamlılığının sağlanması için daha ileri ıslah çalışmalarına (yapay döllemeler ve genetik testler kullanılarak) taşınmalıdır. Diğer yandan bu klonların yörelerindeki yayılışlarının sınırlarının belirlenmesi ve genotip çevre etkileşimi açısından test edilmeleri uygun olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün "Türkiye'de Melez Kavak ve Amerikan Karakavağında Islah Çalışmaları" adlı Projesinden (Proje No: İZT-306) üretilmiştir. Çalışmada emeği geçen Enstitü personellerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Alan, M., (2020). Silviculture and tree breeding for planted forests. *Eurasian Journal of Forest Science, 8*(1), 60-69.

Allwright, M. R., &Taylor, G., (2015). Molecular breeding for improved second generation bioenergy crops. *Trends in Plant Science, 21*(1), 43-54.

Benetka, V., Novotná, K., & Štochlová, P. (2012). Wild populations as a source of germplasm for black poplar (*Populus nigra* L.) breeding programmes. *Tree Genetics & Genomes, 8*, 1073-1084.

Burdon, R.D. (1977). Genetic correlation as a consept for studying genotype-Environment interaction in forest tree breeding*, Silvae Genetica, 26*(5/6), 168-175.

Davis, J. M. (2008). Genetic improvement of poplar (*Populus* spp.) as a bioenergy crop. In W. Vermerris (Ed.), *Genetic improvement of bioenergy crops* (pp. 377–396). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-70805-8

FAO. (2016). *International Poplar Commission (IPC): Report of the 25th Session of the Commission and of the 48th Session of its Executive Committee*. Berlin. http://www.fao.org/3/mt504e/mt504e.pdf

Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics* (4th ed.). Addison Wesley Longman.

Henderson, C. R. (1975). Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics, 31*(2), 423–447.

IPC. (2021). *The International Commission on Poplars and Other Fast-Growing Trees Sustaining People and the Environment (IPC): Twenty-sixth session*. FAO, Rome.

IPC. (2024). *Activities related to the cultivation and utilization of poplars, willows and other fast-growing trees 2020–2023*. International Commission on Poplars and Other Fast-Growing Trees Sustaining People and the Environment, FAO, Rome.

Isik, F., Holland, J., & Maltecca, C. (2017). *Genetic data analysis for plant and animal breeding* (Vol. 400). Springer International Publishing.

Karacic, A., Adler, A., Weih, M., & Christersson, L. (2021). An analysis of poplar growth and quality traits to facilitate identification of climate-adapted plant material for Sweden. *Bioenergy Research, 14*(2), 409–425.

Koçer, S., & Diner, A. (2003). Ülkemizde kavakçılığın ekonomik görünümü. *Türkiye Milli Kavak Komisyonu VII. Olağan Kurulu Tebliğleri, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü*, 60–83.

Matziris, D. I. (2000). Genetic variation and realized genetic gain from Aleppo pine tree improvement. *Silvae Genetica, 49*(1), 5–10.

MGM. (2022). https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler

OGM. (2013). *Endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları eylem planı (2013–2023)*. Orman Genel Müdürlüğü. https://www.ogm.gov.tr

OGM. (2023). *2023 Mayıs ayı verileri*. Orman Genel Müdürlüğü, İşletme Pazarlama Dairesi Başkanlığı. https://www.ogm.gov.tr

Pliura, A., Zhang, S. Y., MacKay, J., & Bousquet, J. (2007). Genotypic variation in wood density and growth traits of poplar hybrids at four clonal trials. *Forest Ecology and Management, 238*(1–3), 92–106.

Ranney, J. W., Wright, L. L., & Layton, P. A. (1987). Hardwood energy crops: The technology of intensive culture. *Journal of Forestry, 85*(9), 17–28.

Riemenschneider, D. E., Isebrands, J. G., Berguson, W. E., Dickmann, D. I., Hall, R. B., Mohn, C. A., Stanosz, G. R., & Tuskan, G. A. (2001). Poplar breeding and testing strategies in the north-central US: Demonstration of potential yield and consideration of future research needs. *The Forestry Chronicle, 77*(2), 245–253.

Shelbourne, C. J. A. (1972). Genotype-environment interaction: Its study and its implication in forest tree improvement. In *Proc. IUFRO Genetics-SABRAO Joint Symposium* (pp. 1–28). New Zealand Forest Service.

Stener, L. G., & Karlsson, B. (2004). Improvement of *Populus tremula × P. tremuloides* by phenotypic selection and clonal testing. *Forest Genetics, 11*(1), 13–27.

Thakur, A. K., Kumar, P., Parmar, N., Shandil, R. K., Aggarwal, G., Gaur, A., & Srivastava, D. K. (2021). Achievements and prospects of genetic engineering in poplar. *New Forests, 52*, 889–920.

Toplu, F. (2001). Melez kavak birinci aşama klon denemesi sonuçları (Adana-Ceyhan). *Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, 27*, 59–70.

Tunçtaner, K. (1988). Kavak genetik ve seleksiyon çalışmalarında gelişmeler ve ithal edilen bazı yeni kavak klonlarının fidanlık performansları ile ilgili karşılaştırmalar. *Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, 3*, 1–15.

Tunçtaner, K. (2008). *Kavaklarda genetik ıslah çalışmaları* (Çeşitli Yayınlar Serisi No: 19). Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü.

Tunçtaner, K., & Tulukcu, M. (1992). *Biokitle üretimine uygun kavak klonlarının seçimi üzerine araştırmalar* (Teknik Bülten No: 158). Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü.

Tunçtaner, K., Tulukçu, M., & Toplu, F. (1994). *Bazı kavak klonlarının büyümeleri ve teknolojik özellikleri üzerine araştırmalar* (Teknik Bülten No: 170). Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü.

Tuskan, G. A. (1998). Short-rotation woody crops supply system in the United States: What do we know and what do we need to know? *Biomass and Bioenergy, 14*(4), 307–315.

Wu, R. L., Wang, M. X., & Huang, M. R. (1992). Quantitative genetics of yield breeding for *Populus* short rotation culture. I. Dynamics of genetic control and selection model of yield traits. *Canadian Journal of Forest Research, 22*(2), 175–182.

Yu, Q., & Pulkkinen, P. (2003). Genotype-environment interaction and stability in growth of aspen hybrid clones. *Forest Ecology and Management, 173*(1–3), 23–35.

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp. 425-441
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1606680

The Effects Of The First Thinning On Stand Structure In Oak and Hornbeam Mixed Stands

Meşe ve Gürgen Karışık Meşcerelerinde İlk Aralamanın Meşcere Kuruluşuna Etkileri

Aytekin ERTAŞ[1], Muhammed Ali AYDIN[2]

Abstract

This study, conducted in Istanbul's Belgrad Forest, examines the effects of moderate thinning on stand dynamics. In 2017, a moderate high thinning was implemented in a mixed stand of sessile oak (*Quercus petraea*) and common hornbeam (*Carpinus betulus*). Changes in diameter and basal area increments, stand stratification, and vitality (health condition) were analyzed over a two-year period following the treatment. The study employed a design with control and treatment groups. During thinning, 0% (control) and 15–20% (moderate) of the basal area were removed from the stand. The two-year results revealed that thinning significantly increased diameter and basal area increments in both species. Sessile oak, positioned in the dominant top story, exhibited greater diameter and basal area increments, compared to common hornbeam. Compared to the control plots, the treated plots displayed a 57% higher diameter increment in sessile oak and a 14% higher increment in common hornbeam. Similarly, the basal area increment was 12% higher in sessile oak and 15% higher in common hornbeam. Analyses of stratification and vitality changes indicated that moderate thinning treatments enhanced the potential for high-quality stem development in sessile oak individuals. Comprehensive evaluation of thinning effects requires long-term monitoring; nonetheless, in sessile oak stands with structural similarity and mixture with semi-shade tolerant species, the application of moderate to high thinning intensity is advisable

Keywords: Thinning, Sessile oak, İncreament, Stratification, Vitality

Özet

İstanbul Belgrad Ormanında gerçekleştirilen bu çalışmada aralamanın meşcere dinamiği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sapsız meşe ve adi gürgen karışık meşceresinde 2017 yılında mutedil yüksek aralama müdahalesi gerçekleştirilmiş ve bu müdahalenin çap ve göğüs yüzeyi artımı, meşcere tabakalanması ve vitalite (sağlık durumu) değişimi üzerine iki yıl içerisinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çalışma deseni tesadüfi deseninde kontrol ve uygulama grubu ile gerçekleştirilmiştir. Aralama ile göğüs yüzeyinin %0 (kontrol) ve % 15-20'si (mutedil) meşcereden çıkartılmıştır. Aralama müdahalesinin iki yıllık sonuçları incelendiğinde; aralama müdahalesinin her iki tür içinde çap ve göğüs yüzeyi artımını artırdığı belirlenmiştir. Galip katta bulunan sapsız meşe türlerinin adi gürgen türlerine göre daha fazla çap ve göğüs yüzeyi artımı yaptığı tespit edilmiştir. Uygulama sahası kontrole göre sapsız meşede %57, adi gürgende %14 daha fazla çap artımı yapmıştır. Aynı şekilde göğüs yüzeyi artımı sapsız meşede %12, adi gürgende %15 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Tabakalanma ve vitalite değişimleri incelendiğinde sapsız meşe bireyleri için mutedil müdahale gören sahanın kaliteli gövde yetiştirme olanağını arttırdığı görülmektedir. Aralamanın etkisi konusunda daha uzun yıllara ait verilerin incelenmesi gerekmekte olup, benzer yapıdaki yarı gölge ağacıyla karışım oluşturan sapsız meşe meşcereleri için mutedil yüksek aralama önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Aralama, *Quercus petraea*, Artım, Tabakalanma, Vitalite

Received: 24.12.2024, Revised: 09.04.2025, Accepted: 12.05.2025
Adress: [1]İstanbul University - Cerrahpaşa, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering
E-mail: ayertas@iuc.edu.tr
Adress: [2]İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering
E-mail: muhammedali.aydin@ikc.edu.tr

1. Introduction

The increasing demand for wood raw materials in Türkiye and the sustainable management of our existing forests are of great importance. Meeting the growing need for raw wood materials in our country can be achieved through the effective application of technical management treatments (Çiçek et al., 2007; 2013).

One of the most important management practices in stand cultivation is thinning. It is defined as continuous and planned treatment that involves periodic removals of trees, preventing the closure of the canopy, and addressing the competition between trees from the time of the dense phase until the stand enters the regeneration phase. These treatments include strong natural branch pruning and stem separation (Odabaşı et al., 2004a; 2004b; Çiçek et al., 2013).

It is well known that thinning treatments have effects on stand growth, soil properties, natural regeneration conditions, stand resilience, and forest aesthetics. Through thinning treatments, The removal of poor-quality stems and the protection of high-quality ones significantly enhance stand dynamics. The reduction in the number of individual trees and the temporary reduction of canopy closure increase the amount of rainfall and light reaching the forest floor. This situation contributes to making the soil more functional, thereby improving its production capacity (Odabaşı et al., 2004a; 2004b; Demirci, 2008). However, alongside all these positive effects of thinning, there are also some potential risks. Heavy thinning can lead to both biotic and abiotic damage. Additionally, while heavy thinning negatively affects stem quality, it can also cause the formation of water sprouts on the stems of deciduous species. In particular, water sprout formation is more prevalent in oak species compared to other deciduous species (Meadows, 1995; Dimov et al., 2006)

The timing of thinning treatments and the determination of thinning intensity, taking into account the species that make up the mixture, are crucial. In mixed stands, it is also important to consider changes in the number of tree species, in addition to the breast height diameters and the specific strata of the stand where these changes occur (Göktürk, 2013).

In Türkiye, broadleaf forests cover 32% of the forested areas, coniferous (needleleaf) forests make up 48%, and mixed coniferous and broadleaf forests account for 20%. Oak species occupy the largest area in terms of distribution (6.7 million ha), followed by red pine in second place in terms of area size. However, there is insufficient information regarding the area of distribution for each oak species (OGM, 2020).

In Türkiye, oaks, represented by 17 species, are distributed across almost all regions. Particularly, sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) has a wide distribution area in Turkey. This species is one of the most important and widespread that forms coppice and forest stands, ranking second only to coniferous forests in its distribution (Güner et al., 2012).

In the Belgrad Forest, which is the subject of this study, sessile oak forms a mixture with hornbeam (*Carpinus betulus* L.), eastern beech, and other deciduous species. Hornbeam is a semi-shade tree that mixes with sessile oak and can survive under canopy cover (Odabaşı et al., 2004a; 2004b; Sikkema et al., 2016).

Thus, hornbeam plays an important role as a secondary species in supporting the oak species; when mixed with oaks, it can pose a threat to the presence of oak trees (Kwiatkowska et al., 1997).

Similarly, although oak species in recent years, are planned individually in Forest Management Plans, the current oak yield table is used in ETA (Estimated Total Allowable) calculations. This leads to the application of the same management treatments to different oak species, which may result in an increase in the number of low-quality stems. When examining the existing examples of thinning treatments, it becomes clear that the species diversity has a significant impact on the thinning process.

This study aims to determine how moderate thinning treatments applied in mixed stands of sessile oak and hornbeam affect stand development and quality, and to determine what changes occur in stand parameters when thinning for sessile oak is neglected.

2. Material and Method

2.1. Material

The study area is located within the boundaries of the Bentler Management Unit, which is part of the Bahçeköy Forest Management Directorate under the Istanbul Forest Regional Directorate (41°10'38.34"N, 28°57'20.33"E), specifically in compartment 113 (Figure1). The study area is situated at an elevation of 100 meters and faces east. According to the Forest Management Plan, the trial site is classified as MGnb3 (a closed stand of oak and hornbeam in the pole stage) with a site quality of II (Anonymous, 2022). According to data from the Istanbul-Sarıyer Meteorological Station (located 8.5 km southwest of the study site), the region has an annual average rainfall of 1093.3 mm, an annual average temperature of 12.8°C, and an annual average relative humidity of 82.3% (Anonymous, 2016).

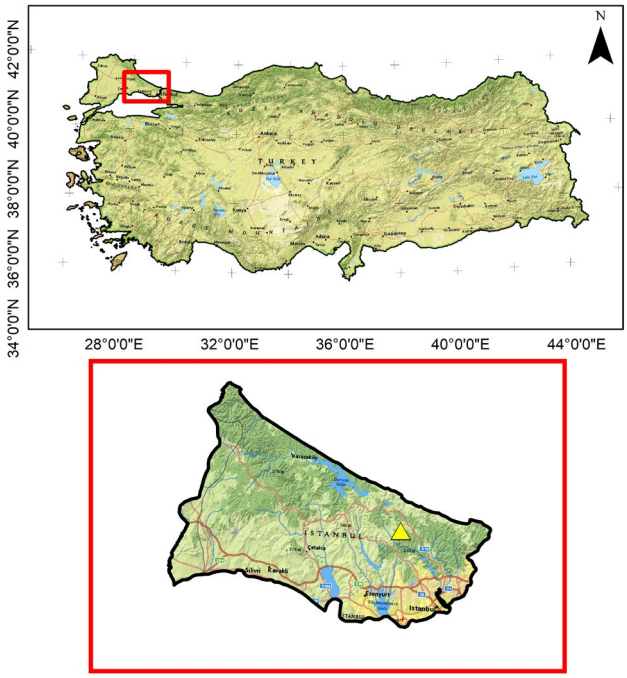


Figure 1. Location of study areas.

To conduct the study, six trial plots of 20 x 20 meters each were selected in compartment 113. When selecting the trial plots, care was taken to ensure that the six plots had the same geological and topographical characteristics. Three of the trial plots (plots 4, 5, and 6) were designated as control plots (without thinning treatment), while the remaining three plots (plots 1, 2, and 3) were subjected to thinning treatment (moderate high thinning). The trial plots are in the pole stage. The number of individuals found in the trial plots is provided in Table 1.

Table 1. The number of individuals (per hectare) found in the study areas in 2017.

Study area	Number of individuals		Total
	Sessile oak (*Quercus petraea*)	Common hornbeam (*Carpinus betulus)*	
1	2825	975	3800
2	4150	2250	6400
3	4450	650	5100
4	4175	2625	6800
5	5000	2325	7325
6	4250	3050	7300

The main material of the study consists of measurements obtained during fieldwork conducted in 2017 and 2019.

2.2. Method

In the trial plots (1, 2, and 3), moderate high thinning was applied in 2017. No thinning treatment was applied in the control plot. The determination of thinning intensity was based on the breast height diameter. The treatments were applied at control (0%) and moderate (15-20%) intensities. Measurements were taken before the thinning treatment and again in 2019 (two years after the thinning treatment) in each trial plot. The measurements included tree diameter at breast height (cm) and health status (vitality) of the trees.

In the fieldwork, the diameter at breast height was measured using a mechanical caliper. Measurements were taken from two different directions at breast height (1.30 m), and the average of the measured values was used. To determine the health status of the trees, a scoring system was applied: trees considered fully healthy were given a score of 1; those with the onset of water sprouts were given a score of 2; those with intense water sprouts and 50% of the crown dead were given a score of 3; and those with intense water sprouts and more than 50% of the crown dead were given a score of 4. Completely dead trees were excluded from measurement and their numbers were recorded.

To determine the canopy stratification of the stand using the data from 2017 and 2019, the average height of the four thickest trees in each sample plot was used to calculate the stand's top height. The top height of the stand was then divided into three equal parts to separate understory, intermediate, and top story. In each trial plot, the measured diameter values were classified as belonging to the understory, intermediate, and top story. The diameter increments over two years were calculated by subtracting the 2017 diameter values from the 2019 diameter values for each tree in the plots. The same process was applied to the measured tree heights to calculate the average height values for each stratum. The breast height diameter values for each tree in the trial plots were calculated and multiplied by a conversion factor to obtain values per hectare.

2.2.1 Data evaluation

To determine the effect of thinning treatment, the data obtained for diameter at breast height were evaluated according to the experimental design. The data were analyzed using a T-test to assess the differences between the two independent groups. Statistical analysis was not applied to the stratification and vitality data, but such analysis is intended to be applied to data from longer periods in the future. SPSS software was used for the calculations in the statistical analyses. Excel software was used to create the graphs. The

percentage difference between the variables was calculated by dividing the mean value of the treatment plot by that of the control plot and expressing the result as a percentage.

3. Finding and Discussion

3.1. Average Diameter Values and Diameter Increment

The average diameter values of sessile oak in the control plot were found to be 8.49 cm in 2017 and 8.91 cm in 2019. The average diameter values of hornbeam in the control plot were found to be 3.06 cm in 2017 and 3.42 cm in 2019. Over the two-year period, sessile oak individuals in the control plot showed an average diameter increment of 0.42 cm, while hornbeam individuals showed an average diameter increment of 0.36 cm. In the treatment plot, the average diameter values of sessile oak were 7.8 cm in 2017 and 8.46 cm in 2019. The average diameter values of hornbeam in the treatment plot were found to be 2.82 cm in 2017 and 3.23 cm in 2019. Over the two-year period, sessile oak individuals in the treatment plot showed an average diameter increment of 0.66 cm, while hornbeam individuals showed an average diameter increment of 0.41 cm (Figure 2). It was determined that the diameter increment of sessile oak was higher in the plot with moderate thinning treatment compared to the control plot. In other words, the diameter increment in the moderate thinning treatment plot was 57% higher than in the control plot. It was also determined that the increment in the diameter of hornbeam was higher in the plot receiving moderate thinning treatment compared to the control plot. The diameter increment of hornbeam was 14% higher in the moderate thinning treatment plot than in the control plot. It was found that hornbeam individuals, which are generally located in the intermediate and understory, had a smaller diameter increment compared to sessile oak.

The higher average diameter value of the control plot in 2017, compared to the treatment plot, can be attributed to the removal of dominant individuals with thick diameters from the top story through moderate high thinning.

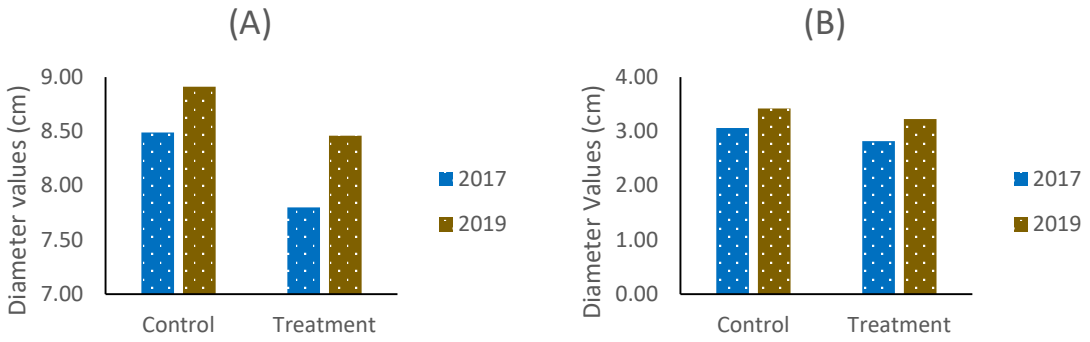


Figure 2. The data related to average diameter values. (A) Sessile oak (B) Common hornbeam.

The results of the analysis of the T-test applied to the findings of diameter increment revealed that the effect of thinning treatment was statistically significant ($p<0.05$) (Figure 3).

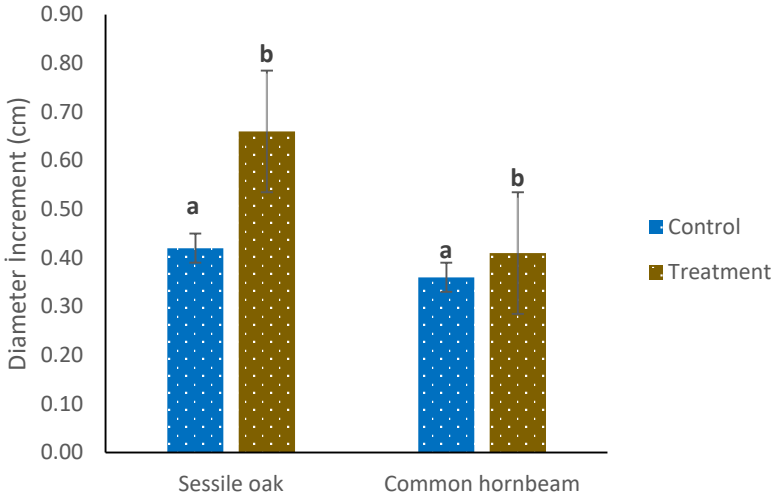


Figure 3. The result of the analysis related to diameter increment.

The greater diameter increment in the treatment plot with moderate thinning compared to the control plot can be explained by thinning, which reduces the number of trees in the stand, allowing the remaining trees to access more light, water, and nutrients. The increased diameter growth associated with thinning is closely linked to higher net photosynthesis rates, as well as increased availability of beneficial water and nitrogen (Wang et al., 1995). Similar findings have been obtained in other studies (Ceylan, 1988; Umut et al., 2000; Makinen and Isomaki, 2004a; 2004b; Meadows and Goelz, 2001; Tüfekçioğlu et al., 2005; Özbayram and Çiçek, 2018).

The greater diameter increment of sessile oaks compared to hornbeams can be explained by the fact that sessile oaks are located in the top story, with thicker diameters, taller stature, better-developed crowns, and the ability to benefit from more water, nutrients, and solar energy (Assmann, 1970; Nyland, 1996).

3.2. Average Basal Area Values and Basal Area Increment

The average basal area values of sessile oak in the control plot were 27.5488 m²/ha in 2017 and 30.6567 m²/ha in 2019. The average basal area values of hornbeam in the control plot were found to be 2.1638 m²/ha in 2017 and 2.7027 m²/ha in 2019. Over the two-year period in the control plot, sessile oak individuals showed an average basal area increment of 3.1079 m²/ha, while hornbeam individuals showed an average basal area increment of 0.5389 m²/ha. The average basal area values of sessile oak in the treatment plot were determined to be 20.6236 m²/ha in 2017 and 24.0979 m²/ha in 2019. The average basal area values of hornbeam in the treatment plot were found to be 0.8613 m²/ha in 2017 and 1.4799 m²/ha in 2019. In the treatment plot over the two-year period, sessile oak individuals showed an average basal area increment of 3.4743 m²/ha; hornbeam individuals, 0.6186 m²/ha (Figure 4).

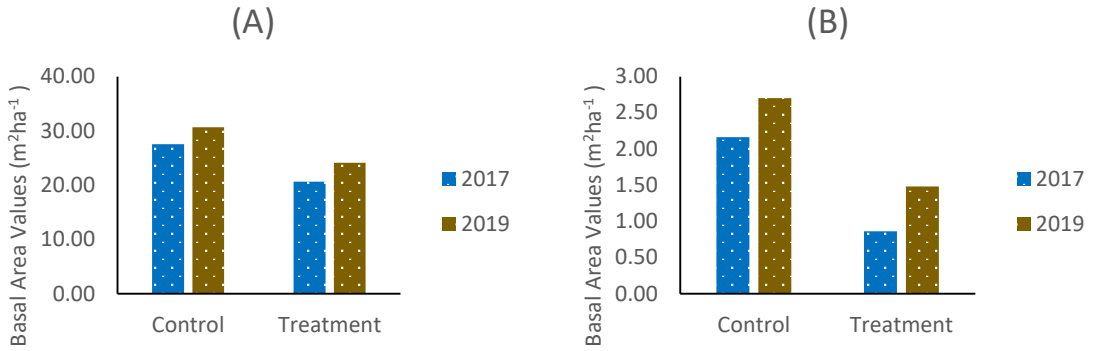


Figure 4. Average basal area values (A) Sessile oak (B) Common hornbeam.

The basal area of the stand remaining after thinning (2017) differs from the basal area measured in 2019. When examining the basal area values for both species, it was determined that the thinning treatment had a statistically significant effect on the basal area increment of the stand at a confidence level of $p<0.05$ (Figure 5).

When examining the 2019 basal area values for sessile oak, it is observed that the difference (compared to 2017) has decreased. It was found that the basal area increment of sessile oak was higher in the moderately treated area compared to the control area. When the

basal area increment of hornbeam was examined, it was observed that the increment was higher in the treatment area.

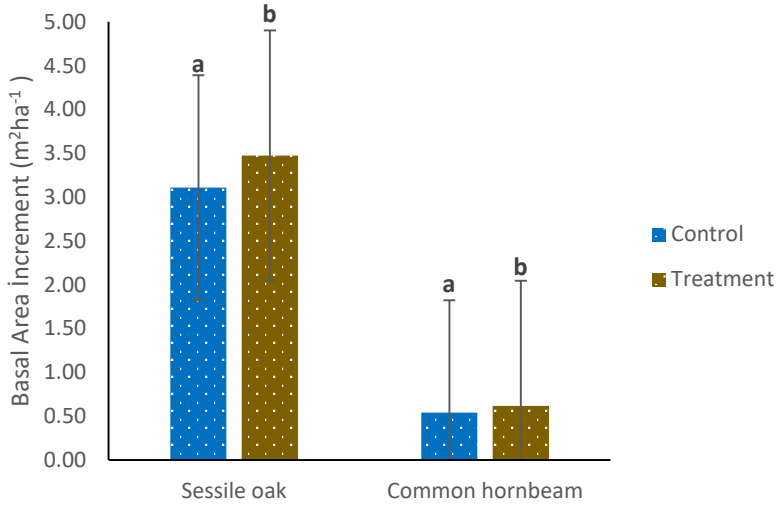


Figure 5. Analysis result for basal area increment.

Although thinned stand have a lower basal area, they have shown the same basal area increment as the control stand in one year. The remaining trees in the thinned stands increased their diameter and matched the basal area increment of the trees in the control stand. These findings are consistent with results found in similar studies (Mayor and Roda, 1993; Meadows and Goelz, 1999; Çiçek et al., 2013).

The results obtained from this study confirm the positive effects of moderate thinning on stand dynamics, particularly in mixed stands of sessile oak (*Quercus petraea*) and common hornbeam (*Carpinus betulus*). Thinning significantly increased diameter and basal area increments in both species. This aligns with earlier studies indicating that thinning reduces competition for resources such as light, water, and nutrients, thereby promoting tree growth (Assmann, 1970; Wang et al., 1995; Nyland, 1996).

Sessile oak, a light-demanding species in the dominant canopy, showed a stronger growth response than the semi-shade-tolerant hornbeam. This pattern is consistent with findings by Mäkinen and Isomäki (2004), who observed that dominant canopy species responded more positively to thinning than shade-tolerant ones. Similarly, Meadows and Goelz (2001) reported that moderate thinning in hardwood stands improved diameter growth and stem form due to enhanced crown development and resource availability.

3.3. Stratification

When examining the changes in stratification in sessile oak, it is observed that there are no trees in the understory in either treatment for both 2017 and 2019. In the control and moderate thinning treatment plots, when the two-year changes in the middle and top story are evaluated, an increase in the number of sessile oaks at the intermediate level, is seen, while a decrease is observed in the number of sessile oaks in the top story. This finding indicates that the stratification of trees among different stand layers may shift over time due to height growth, especially in mixed stands where species have different growth strategies. While a two-year period is relatively short in the context of forest development, even within this time frame, moderate thinning can lead to changes in light availability, which in turn can stimulate height growth in suppressed or intermediate trees. It appears that the sessile oak individuals from the top story have descended to the intermediate layer. In the treatment plot, in 2017, a total of 11,425 trees per hectare were present in the top story, with 11,050 individuals (96.71%). After two years, this number decreased to 10,825 individuals (94.74%). In the control plot in 2017 there were a total of 13,425 trees per hectare, with 12,225 individuals, which was 91%, and this number decreased to 11,350 individuals, which decreased to 84.5% over the two years. Although the control plot had a higher total number of trees and a higher number of trees in the top story, the proportion of trees in the top story was lower than the treatment plot. Due to the dense canopy in the control plot, 875 individuals (6.5%) moved from the top story to the intermediate story over the two years. In contrast, in the treatment plot, only 225 individuals (1.9%) moved to the intermediate level. The lower canopy density created by thinning resulted in a smaller transition of trees from the dominant to the intermediate layer (Figure 6).

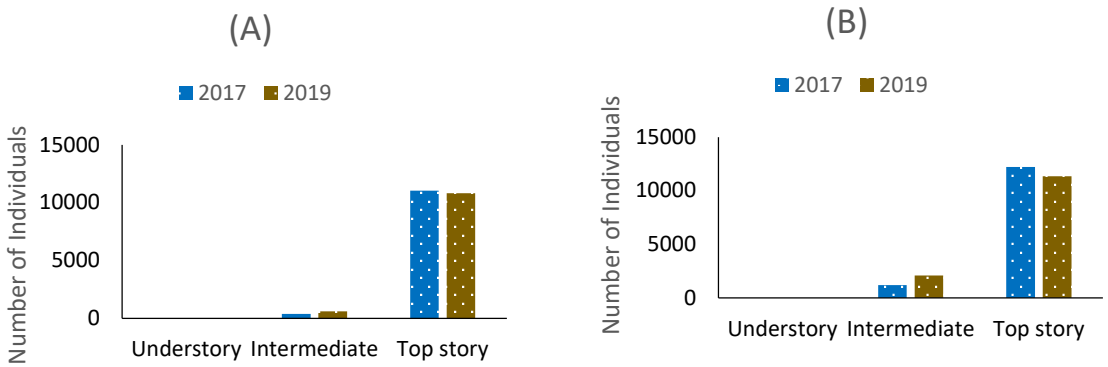


Figure 6. The stratification changes occurring over a two-year period in the sessile oak (A) Treatment, (B) Control.

When examining the stratification changes in hornbeam (C. betulus), it is observed that the number of individuals in the understory decreased in both the control and moderate thinning treatment plots, with a higher rate of decrease in the control area. In the treatment area, in 2017, there were 3875 trees/ha, with 1525 trees (39%) in the understory and 2350 trees (61%) in the overstory. After two years, the number of hornbeam trees in the understory decreased to 450 trees (11.6%), while the number in the intermediate story increased to 3425 trees (88.4%). In the control plot in 2017, there were a total of 8000 trees/ha, with 1750 trees (21.8%) in the understory and 6250 trees (78.2%) in the intermediate layer. After two years, the number of hornbeam trees in the understory decreased to 600 trees (7.5%), while the number in the intermediate layer increased to 6950 trees (87%). In contrast to what was observed in the treatment plot, 450 trees (6.5%) moved to the top story (Figure 7).

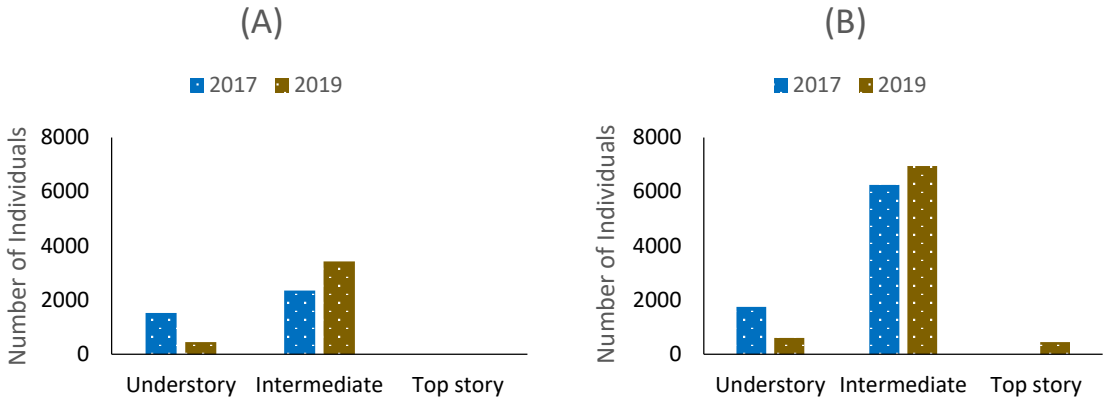


Figure 7. The stratification changes occurring over a two-year period in the common hornbeam (A) Treatment (B) Control.

The stratification dynamics observed in this study suggest that thinning reduced the downward movement of dominant trees into lower canopy layers. This outcome supports the conclusions of Smith et al. (1997), who noted that vertical stand structure is influenced by changes in light availability and crown competition.

3.4. Vitality (Health status)

In the treatment area, for the top story of sessile oaks, 11,050 trees/ha were evaluated for vitality in 2017. It was determined that 79.4% belonged to the 1st vitality group, 13.3% to the 2nd vitality group, 6.3% to the 3rd vitality group, and 1% to the 4th vitality group. In 2019, 10,825 trees/ha were evaluated. In the top story, it was determined that 78% of the trees belonged to the first vitality group, 13% to the second vitality group, 7% to the third vitality group, and 2% to the fourth vitality group in 2019. In 2017, 92.7% of the individuals in the top story were in a healthy condition (1st and 2nd vitality groups), while this ratio

decreased to 91% after two years. In the intermediate stage, the vitality status of 375 sessile oak trees per hectare was examined. It was found that 50 trees (13.3%) belonged to the first vitality group, 75 trees (20%) to the second vitality group, 25 trees (6.7%) to the third vitality group, and 225 trees (60%) to the fourth vitality group. Over the two-year period, of the 600 trees per hectare, 50 trees (8.3%) were in the 1st vitality group, 125 trees (20.8%) in the 2nd vitality group, 100 trees (16.7%) in the 3rd vitality group, and 325 trees (54.2%) in the 4th vitality group. Within this short period of two years, the percentage of healthy trees (1st and 2nd vitality groups) in the intermediate category decreased from 33.3% to 29.1% (Figure 8).

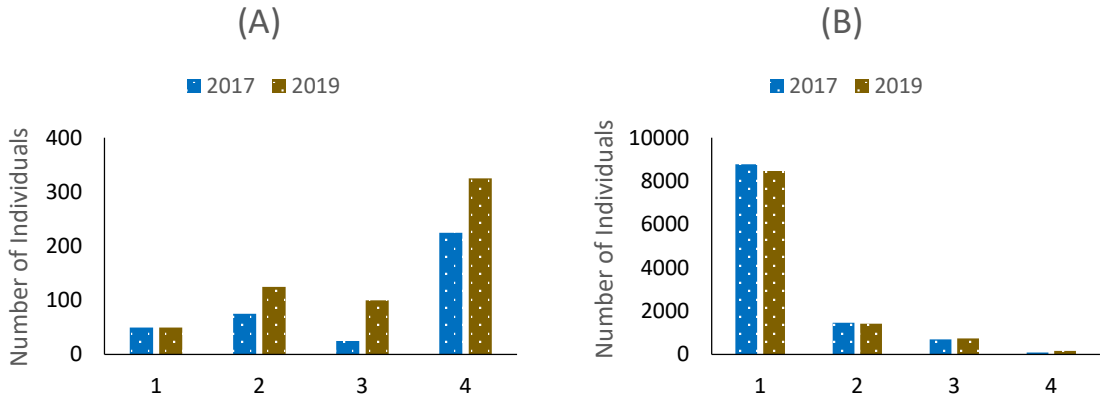


Figure 8. Vitality changes over the two-year period in the treatment area. (A) Intermediate, (B) Top story.

When the vitality of sessile oaks in the top story within the densely and irregularly closed control area was assessed in 2017, it was found that out of 12,225 trees/ha, 7,825 trees (64%) were in the first vitality group. Furthermore, 2,100 trees (17.2%), were in the second vitality group, 2,025 trees (16.6%), in the third vitality group, and 275 trees (2.2%) in the fourth vitality group. In 2019, 11,450 trees/ha were assessed, with 875 trees excluded from evaluation as they moved from the dominant to the intermediate category. Among the trees in the top story, 5,950 trees (52%) were found to be in the first vitality group, 2,225 trees (19.4%) in the second vitality group, 2,575 trees (22.5%) in the third vitality group, and 700 trees (6.1%) in the fourth vitality group. In 2017, while 81.6% of the individuals in the top story were in healthy condition (first and second vitality groups), this ratio decreased to 71.4% over a two-year period. The high density and the prevalence of oversized individuals in the area have contributed to this decline in vitality within the top story. When the vitality status of 1,200 sessile oak trees per hectare was assessed in 2017, it was found that 75 trees (6.25%) were in the first vitality group, 150 trees (12.5%) in the second vitality group, 475 trees (39.58%) in the third vitality group, and 500 trees (41.66%) in the fourth vitality group.

Over the two-year period, it was found that out of 2,125 trees/ha, 25 trees (1.2%) were in the first vitality group, 325 trees (15.7%) in the second vitality group, 750 trees (36.1%) in the third vitality group, and 975 trees (47%) in the fourth vitality group. Over the two-year period, the proportion of healthy trees in the suppressed strata decreased from 18.75% to 16.9%. In 2019, while 83% of the trees in the suppressed strata of the densely closed control area were unhealthy, this rate remained at 70.7% in the treatment area. As a result of thinnings that improved light conditions and reduced root competition, the presence of sessile oaks in the suppressed strata serving as fillers increased by 12.3% in the treatment area (Figure 9).

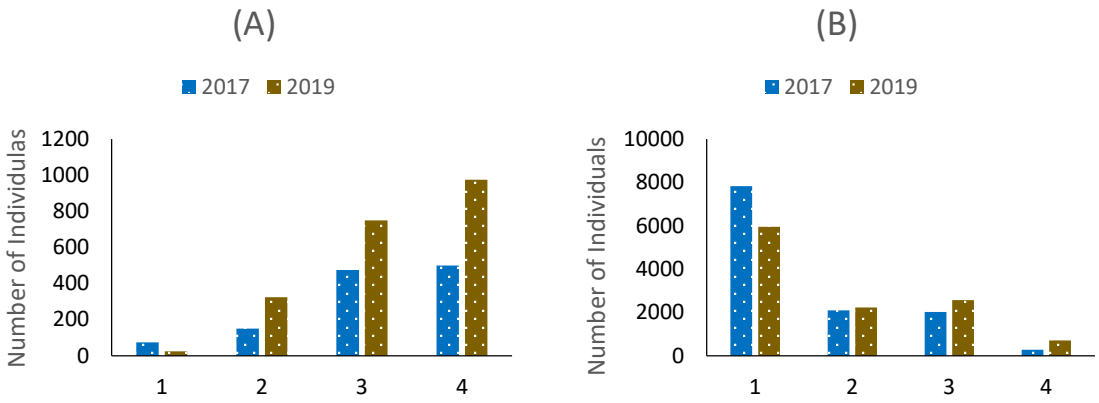


Figure 9. The change in vitality observed in the control area over a two-year period. (A) Intermediate , (B) Top story.

Vitality assessments showed that thinning contributed to maintaining better tree health, particularly for dominant sessile oaks. The proportion of unhealthy individuals was lower in thinned plots than in controls. This observation supports findings by Dimov et al. (2006) and Meadows (1995), who reported that reduced competition mitigates stress and decreases epicormic sprouting in broadleaf species.

The risk of hornbeam dominance—referred to as “hornbeamization”—was also evident in untreated plots. As Kwiatkowska et al. (1997) noted, hornbeam’s faster growth rate and shade tolerance allow it to suppress oak regeneration over time if not properly managed.

In summary, this study emphasizes that appropriately timed and moderately intense thinning is crucial for sustaining species composition, enhancing growth performance, and maintaining ecological balance in mixed oak–hornbeam stands.

4. Conclusion

Based on the two-year results obtained from this study, it was determined that the diameter increment and basal area increment in the treatment area were greater than the control area. It was found that moderate thinning treatments positively influenced stratification and vitality changes.

Based on the data obtained from stratification, it is observed that common hornbeam grows faster than sessile oak under the conditions of Belgrade Forest. While the presence of hornbeam, a semi-shade tree, in the lower and intermediate layers is an advantage for cultivating high-quality oak with good natural pruning, its growth to the upper canopy poses a threat to the existence of oak. The ascent of hornbeam to the top story should be prevented through thinning (Kwiatkowska et al., 1997; Savill, 2013). Otherwise, the hornbeamization process observed throughout the Belgrade Forest poses a risk of occurring in the study area as well.

Overall, when evaluating the vitality status, reducing light and root competition to a certain extent is beneficial for maintaining the typical light-demanding presence of sessile oak in both the dominant and suppressed strata. Therefore, thinning should be applied timely and appropriately during the pole stage, when competition is very active. Delaying this process may lead to a situation similar to that observed in the control area.

In stands where thinning operations are neglected, the amount of wood obtained is comparable to that of regularly maintained stands. In sessile oak stands, which have a tendency to become oversized, the volume of timber produced in maintained areas generally comprises first-class trunks, proportional to the stand's productivity. However, in areas that lack proper thinnig treatment, there is a dominance of oversized trunks.

Delaying thinnings or applying them at low doses makes it quite challenging to maintain the presence of oaks against hornbeam species. Based on the two-year results obtained, a moderate high thinning (15-20%) is recommended for mixed hornbeam stands combined with sessile oak. It is necessary to examine the effects of thinning on diameter increment, basal area increment, stratification, and vitality changes based on longer-term results. For a more effective evaluation, the study site should continue to be monitored, and long-term outcomes should be considered.

These findings demonstrate that moderate thinning is an effective silvicultural practice to regulate species composition, improve stand health, and promote sustainable productivity

in mixed broadleaf forests. However, to validate these results and understand their long-term implications, continued monitoring and extended time-series analyses are necessary.

Acknowledgements

This study has been produced by utilizing the master's thesis titled “Assessing Stand Dynamics of Sessile Oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) at the Pole Stage (in Istanbul – Belgrad Forest)”.

References

Anonymous. (2016). İstanbul-Sarıyer Meteoroloji İstasyonu Verileri. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi, Ankara.

Anonymous. (2022). Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü, Bentler İşletme Şefliği Amenajman Plan

Assmann, E. (1970). *Principles of forest yield study: Studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands*. Oxford, UK: Pergamon Press, 520 s.

Ceylan, B. (1988). Muğla Yöresindeki Genç Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde İlk Aralama Müdahaleleri Üzerine Silvikültürel Araştırmalar. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Teknik Bülten Serisi, No. 196. Gelişim Matbaası, Ankara.

Çiçek, E., Yılmaz, F., Özbayram, A. K., Efe, M., Yılmaz, M., & Usta, A. (2013). Effects of thinning intensity on the growth of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia subsp. oxycarpa*) plantations. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *37*, 97-104.

Çiçek, E., Yılmaz, F., Yılmaz, M., & Çetin, B. (2007). Aralamanın dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantasyonlarında çap ve göğüs yüzeyi gelişimine etkisi: Bir yıllık sonuçlar. *DÜ Ormancılık Dergisi*, *3*(1), 90-99.

Demirci, A. (2008). *Orman Bakımı Ders Notu*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Ders Notları Serisi No: 88, Trabzon.

Dimov, L. D., Stelzer, E., Wharton, K., Meadows, J. S., Chambers, J. L., & Ribbeck, K. (2006). Effects of thinning intensity and crown class on cherrybark oak epicormic branching five years after treatments. *Proceedings of the 13th Biennial Southern Silvicultural Research Conference*, USDA Forest Service, 606-610.

Göktürk, A. (2013). *Artvin Yöresi Karışık Meşcerelerinde Ağaçların Konumsal Dağılımlarının Silvikültürel Açıdan Değerlendirilmesi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babaç, M. T. (Eds.). (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.

Kwiatkowska, A. J., Spalik, K., Michalak, E., Palińska, A., & Panufnik, D. (1997). Influence of the size and density of *Carpinus betulus* on the spatial distribution and rate of deletion of forest-floor species in thermophilous oak forest. *Plant Ecology*, 129, 1-10.

Makinen, H., & Isomaki, A. (2004). Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry*, *77*, 349-364.

Mayor, X., & Rodà, F. (1993). Growth response of holm oak (*Quercus ilex* L.) to commercial thinning in the Montseny mountains (NE Spain). *Annals of Forest Science*, *50*, 247-256.

Meadows, J. S. (1995). Epicormic branches and lumber grade of bottomland oak. *Proceedings of the 23rd Annual Hardwood Symposium*, 19-25.

Meadows, J. S., & Goelz, J. C. G. (2001). Fifth-year response to thinning in a water oak plantation in north Louisiana. *Southern Journal of Applied Forestry*, *25*, 31-39.

Meadows, S., & Goelz, J. C. G. (1999). Thinning in a 28-year-old water oak plantation in North Louisiana: Seven-year results. *Southern Journal of Applied Forestry*, *16*, 98-102.

Nyland, R. D. (1996). *Silviculture: Concepts and Applications*. USA: The McGraw-Hill Companies, 353 s.

Odabaşı, T., Çalışkan, A., & Bozkuş, H. F. (2004a). *Orman Bakımı*. İstanbul, Türkiye: İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları.

Odabaşı, T., Çalışkan, A., & Bozkuş, H. F. (2004b). *Silvikültür tekniği (Silvikültür II)*. İstanbul, Türkiye: İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları.

OGM (2020). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı. *Türkiye Orman Varlığı*. Ankara. Erişim adresi: https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf (Erişim Tarihi: 23.09.2022).

Özbayram, A. K., & Çiçek, E. (2018). Thinning experiments in narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantations: 10-year results. *New Forests*, *49*, 585-598.

Savill, P. S. (2013). *The silviculture of trees used in British forestry* (2nd ed.). London, UK: CABI.

Sikkema, R., Caudullo, G., & de Rigo, D. (2016). *Carpinus betulus* in Europe: Distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species*. Publications Office of the European Union: Luxembourg, 73-75.

Smith, D. M., Larson, B. C., Kelty, M. J., & Ashton, P. M. S. (1997). The Practice of Silviculture: Applied Forest Ecology. John Wiley & Sons.

Tüfekçioğlu, A., Güner, S., & Tilki, F. (2005). Thinning effects on production, root biomass and some soil properties in a young oriental beech stand in Artvin, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, *26*, 5-91.

Umut, B., Düncar, M., & Çelik, O. (2000). Sırıklık çağındaki kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) meşceresinin bakımı üzerine araştırmalar. *İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten*, 274, 1-23.

Wang, R., Simard, S. W., & Kimmins, J. P. (1995). Physiological responses of paper birch to thinning in British Columbia. *Forest Ecology and Management*, *73*, 177-184.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 442-453
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1636745

Sahil Çamı Kabuk Taneni Bazlı Biyotutkal Üretimi ve Karakterizasyonu*

Production and Characterization of Bioadhesives from Maritime Pine Bark Tannins

Özkan CIRRIK[1], Oktay GÖNÜLTAŞ[2]

Özet

Bu çalışmada biyobazlı ahşap tutkalı geliştirilmesi için sahil çamı kabuklarından tanen ekstrakte edilmesini ve formaldehit içermeyen ahşap panel levha üretiminde kullanılacak biyotutkal hazırlanmış ve karakterize edilmiştir. Tanenler, fenolik yapıya sahip doğal biyopolimerler olup, biyotutkal üretimi için önemli reaktiflerdir. Kabuklar öğütülerek çeşitli ekstraksiyon çözeltileri (sıcak su, üre, sodyum sülfit + sodyum karbonat) ile işlem görmüş ve ekstrakte edilen tanen verimi ve stiasny sayısı değerleri belirlenmiştir. Ekstraksiyon işlemi pilot ölçekli ekstraksiyon reaktöründe gerçekleştirilmiştir. En yüksek tanen verimi, %18,52 oranıyla sodyum sülfit + sodyum karbonat içeren çözeltide elde edilmiştir. Elde edilen tanen çözeltileri, %5 hekzametilen tetramin (HMTA) sertleştirici olarak kullanılarak formaldehit içermeyen biyotutkal formülasyonları oluşturulmuş ve bu tutkalların fizikokimyasal özellikleri (katı madde miktarı, jelleşme süresi, pH, viskozite, yoğunluk, yüzey gerilimi) belirlenmiştir. Biyotutkalların yapışma performansı lap shear testi ile değerlendirilmiş ve ticari üre-formaldehit tutkalına yakın mukavemet değerleri elde edilmiştir. Özellikle sülfit ve üre bazlı ekstraktlardan üretilen biyotutkallarda viskozite ve jel süresi açısından kullanılabilir sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar, atık orman ürünlerinin yüksek katma değerli biyotutkallar üretmek için kullanılabileceğini ve çevre dostu alternatifler geliştirilerek formaldehit içeren petrol bazlı sentetik tutkallara sürdürülebilir bir alternatif oluşturulabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Tanen, Biyotutkal, Sahil çamı, Kabuk

Abstract

In this study, tannins were extracted from maritime pine bark to develop a bio-based wood adhesive. A formaldehyde-free bioadhesive was formulated, characterized, and evaluated for its potential use in wood panel board production. Tannins, natural biopolymers with a phenolic structure, are key biocompound in bioadhesive production. The bark was ground and treated with various extraction solutions, including hot water, urea, and a combination of sodium sulfite and sodium carbonate. The extracted tannin yield and stiasny number were determined, with the highest tannin yield (18.52%) obtained using the Na_2SO_3-Na_2CO_3 solution. The extraction process was conducted in a pilot-scale extraction reactor. The extracted tannin solutions were then formulated into formaldehyde-free bioadhesives by incorporating 5% hexamethylene tetramine (HMTA) as a hardener. The properties of these adhesives including solid content, gelation time, pH, viscosity, density, and surface tension were analyzed. Adhesion performance was assessed through lap shear tests, revealing strength values comparable to commercial urea formaldehyde adhesives. Notably, bioadhesives derived from sulfite- and urea-based extracts demonstrated usable results in terms of viscosity and gelation time. These findings indicate that waste forest products can be transformed into high value bioadhesives, providing a sustainable alternative to petroleum based adhesives containing formaldehyde. By developing environmentally friendly adhesive formulations, this study contributes to the advancement of sustainable materials in the wood industry.

Keywords: Tannin, Bioadhesive, Maritime Pine, Bark

Geliş Tarihi: 10.02.2025, Düzeltme Tarihi: 18.04.2025, Kabul Tarihi: 22.05.2025
Adres: Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, [2]Kastamonu Entegre Ağaç San. Tic. A.Ş.
E-mail: ozkan.cirrik@gmail.com
*Bu çalışma, Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Farklı Kabuklardan Hazırlanan Tanen Biyotutkalının Yonga Levha Üretiminde Kullanılması ve Performans Özellikleri" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

Dünya genelinde endüstriyel üretimde kullanılan kimyasalların çoğu petrol ve türevlerinden üretilmektedir; ancak artan talep ve rezervlerin azalması, petrol fiyatlarının yükselmesine neden olmaktadır. Bu durum, petrolün işlenmesi ve yanması sırasında ortaya çıkan karbon emisyonlarının küresel ısınmayı hızlandırması ve çeşitli çevresel sorunlara neden olmasıyla daha da karmaşık hale gelmektedir. Bu durumun sonucunda yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyokökenli hammaddelere yönelim artmakta, bu alternatifler petrol ve türevlerinin yerini alması açısından umut verici bir çözüm sunmaktadır (Gönültaş, 2013).

Tanenler, fenolik yapıya sahip doğal biyopolimerler olarak, birçok bitkinin odun, dal, yaprak, kabuk ve meyve dokularında bulunur. Reaksiyon verme kabiliyetleri formaldehitle yüksek özellik göstermektedir ve bunun sayesinde biyotutkal üretiminde kullanılabilmektedir. 1970'lerden beri tanenlerin potansiyeli bilinse de, son yıllarda bu alana olan ilgi artmış; gelişen biyotutkal teknolojileri, sentetik muadilleriyle rekabet edebilecek yeni formülasyonların geliştirilmesini sağlamaktadır (Frihart, 2000). İğne yapraklı ağaç kabukları, tanenler, lignin, karbonhidratlar ve diğer biyoaktif bileşikler açısından zengindir, bu da onları biyobazlı tutkal üretimi ve diğer endüstriyel uygulamalar için cazip hale getirmektedir. Yapılan çalışmalar, bu bileşenlerin ekstraksiyon tekniklerini geliştirmeyi ve çeşitli endüstriyel kullanımlarda değerlendirilmesini amaçlamaktadır (Mozdyniewicz ve diğ, 2017; Sepperer ve ark., 2019; Gürgen ve ark., 2022). Kabuk, ağaç gövdesinde odundan sonra en önemli ikinci dokudur ve ağacın türüne ve yetişme koşullarına bağlı olarak oranı değişir. Gövde kısmında %10-20 oranında bulunurken, dallar ve tepe kısmında %20-35'e, köklerde ise daha yüksek değerlere ulaşmaktadır (Fengel ve Wegener, 1984). Bu kabuklar, özellikle tanen açısından potansiyel bir kaynak niteliği taşımaktadır. Ülkemizde biyotutkal üretiminde kullanılabilecek tanenin başka bir kaynağı ise orman işletmeleri üretim süreci sonucunda ortaya çıkan atık kabuklardır. İğne yapraklı ağaçların tomruk üretimi esnasında, kesim sahasında kabukların soyulmasıyla bu atıklar açığa çıkmakta ve genellikle ormanda bırakılmaktadır. Bu durum, atıkların çevresel etkisini azaltmak ve katma değerli ürünler elde etmek açısından önemli bir fırsat sunmaktadır (Gönültaş, 2013).

2021 yılı verilerine göre Türkiye 7 milyon m^3'lük lif levha (MDF, HDF) üretimi ile Dünya'da ikinci, Avrupa'da birinci, yonga levha üretiminde 5 milyon m^3'lük üretim değerleri ile Dünya'da dördüncü, Avrupa'da üçüncü, laminant parkede ise 92 milyon m^2'lik üretim ile Dünya'da üçüncü, Avrupa'da ikinci sırada yer almaktadır (Özertan ve Çoşkun,

2021). Bu sonuçlar, orman ürünleri sektörünün ülke ekonomisi için taşıdığı önemi vurgulamaktadır. Ayrıca bu sektörde kullanılan tutkallar kullanım yerlerinde insan sağlığı üzerinden olumsuz etkileri kanıtlanmış kanserojen madde olarak tanımlanan formaldehit emisyonuna sahip olduğu bilinmektedir. Bu emisyon değerleri sürekli yasal düzenlemelerle sınırlandırılmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; endüstriyel atık durumundaki sahil çamı ağaç kabuklarından üç farklı ekstraksiyon çözeltisi ile pilot ölçek bir reaktör kullanarak tanen elde etmek ve bu tanen kullanılarak ahşap panel levha üretiminde kullanılması mümkün olan formaldehit içermeyen tanen bazlı biyotutkal üretmektedir. Hazırlanan biyotutkal formülasyonları katı madde, jel zamanı, viskozite özellikleri belirlenerek karakterize edilmiş ve yapışma performansı lap shear testleri ile ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma materyali

Bu araştırmada materyal olarak sahil çamı (*Pinus pinaster*) kabukları kullanılmıştır. Sahil çamı kabukları Bursa Karacabey Bölgesi'nde bulunan ENAT A.Ş. hammadde depo sahasından temin edilmiştir. Kabuk örnekleri içerisinde bulunan ahşap parçaları ve diğer safsızlıklar (taş ve metal parçaları, yosun, yaprak, toprak vb.) arındırılarak oda sıcaklığında birkaç hafta bekletilip hava kurusu %10-12 rutubete kadar kurumaları sağlanmıştır. Yaklaşık olarak %12'ye kadar kurutulan kızılçam ve sahil çamı kabukları öğütülmeden önce bir kesici yardımıyla küçük parçalara ayrılmıştır. Ardından uygun ebatlarda hazırlanan küçük parçalar 5 bıçaklı bir öğütme makinasında 1 mm altına kadar öğütülerek kullanılmıştır.

Araştırma kapsamında ekstraksiyon işlemleri için kullanılan kimyasallar; üre katı formda Garabogaz Türkmenistan'dan, sodyum sülfit BASF firması Almanya'dan, sodyum karbonat SODA SOLWAY İtalya firmasından, Boraks Merck KGaA firmasından temin edilmiştir. Sertleştirici olarak hegzametilentetramin (HMTA) Merck KGaA firmasından temin edilmiştir. Kontrol grubu olarak kullanılan örnekte katı madde oranı %65'lik olan 1,22 mol ticari üre formaldehit tutkalı (UF) Kastamonu Entegre Fabrikası'ndan temin edilmiştir ve sertleştirici olarak %25'lik amonyum sülfat ($(NH_4)_2SO_4$) kullanılmıştır. Çalışmada tanen çözeltisi, biyotutkal ve tutkal analizleri Kastamonu Entegre A.Ş'nin Balıkesir Fabrika ve Teknopark İstanbul'da bulunan KEAS Ar-Ge Merkezi Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

2.2. Kabuk ekstraksiyonları

Sahil çamı (*Pinus pinaster*) kabukları öğütme makinası kullanılarak öğütülen kabuklardan elde edilen kabuk tozu ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon işleminde kullanılan çözeltiler ve parametreler ilgili alanda yapılan daha önceki çalışmaların sonuçlarına göre belirlenmiştir (Gönültaş, 2013). Ekstraksiyon işlemi Çizelge 1'de verilen çözeltiler ve parametrelerde KEAS A.Ş. Balıkesir Fabrikasında bulunan pilot tesiste gerçekleştirilmiştir. Ekstraskiyon işlemi çalışma haznesi 50 litrelik (l) reaktörde, çalışma sıcaklığı 300°C'ye kadar ayarlanabilen ve içerisinde 2 bıçaklı karıştırıcısı bulunan, dönüş hızı 33 ile 350 rpm'de çalışma parametreleri bulunan bir reaktörde gerçekleştirilmiştir. Reaktöre ilk aşamada su alınıp sıcaklık değeri 70°C'ye ulaştıktan sonra kabuk ile ekstraksiyon çözeltisi ilave edilip 60 dakika (dk) süre ile ekstraksiyon işlemi yapılmıştır.

Çizelge 1. Kabuk örneklerinde sulu çözelti ekstraksiyon parametreleri.

Çözeltiler	Kabuk/Çözücü Oranı (g/ml)	Ekstraksiyon Süresi (dk)	Ekstraksiyon Sıcaklık (°C)
Sıcak Su	1/8	60	70
%2 CH_4N_2O	1/8	60	70
%2,5 Na_2SO_3+0,50 Na_2CO_3	1/8	60	70
%3 Boraks	1/8	60	70

Ekstraksiyon işlemi sonrasında karışım reaktörden alındıktan sonra elektronik motora bağlı vakum altında kaba süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Süzülen ekstraktta herhangi bir safsızlık kalmaması için son süzme işleminde pamuklu bez filtrelerden tekrar geçirilerek yapılmıştır.

Kabuk ekstraksiyon verimi, kullanılan kabuk hammaddesinden ne kadar tanen elde edildiğini gösteren bir orandır. Bu hesaplama, başlangıçta ne kadar kabuk hammaddesine ihtiyaç duyulduğunu belirlemeye de olanak tanır.

Stiasny sayısı Yazaki ve Hillis (1977) metoduna göre gravimetrik olarak belirlenmiştir. Ekstraksiyon çalışmalarından sonra sulu tanen çözeltisinin suyunu buharlaştırmak için çeker ocak içerisinde mantolu ısıtıcı ve ona bağlı olan bir karıştırıcı yardımıyla sıcaklığı 70°C'ye sabitleyerek en az 3-4 gün boyunca her bir çalışma için hedeflenen %40'lık tanen çözeltisine ulaşıncaya kadar buharlaştırma işlemi yapılmıştır. Ancak bazı formülasyonlarda %35'ten sonra viskozitenin hızla artması nedeni ile katı maddenin %35 civarında kalması sağlanmıştır.

2.3. Biyotutkal hazırlanması ve karakterizasyonları

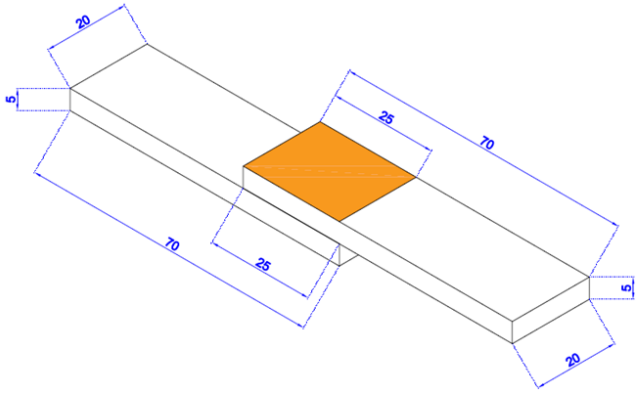
Tutkal formülasyonlarında katı madde tayini BS 5350-B2'ye göre belirlenmiştir. 1-2 g biyotutkal cam tam kuru boş ağırlığı bilinen vezin kabına alınarak 103±2°C'lik etüvde 6 saat bekletilmiştir. Ardından desikatöre alınan vezin soğutulup analitik terazide tartılarak dolu ağırlığı belirlenir. Ardından formül yardımıyla katı madde miktarı hesaplanır (Gönültaş ve Balaban Uçar, 2019).

Tutkal formülasyonlarının jelleşme zamanları 100°C sıcaklıkta biyotutkallarda sertleştirici olarak %40'lık hegzametilentetramin (HMTA), üre formaldehit (UF) tutkalında ise %25'lik amonyum sülfat kullanılarak bir metal çubuk ile jelleşme kontrol edilir ve jelleşme süresi belirlenir (Pizzi ve Stephanou, 1994). Çalışmaların devamlılığı ve süreci hızlı yönetmek adına ayrıca Kern-Model DBS60-3 marka hızlı katı ölçer ile takibi yapılmıştır (Şekil 3.5).

Üretilen biyotutkalın vizkozitesi spindle 1 kullanılarak viskozimetre (Brookfield Cap 2000+, Toronto, Kanada) yardımı ile 1 ml tutkalda 20°C'de ölçülmüştür. Biyotutkalın pH tayini için Mettler Toledo masa üstü tip pH metre kullanılmıştır. Biyotutkalların yoğunlukları 20°C'de 250 mL'lik tutkalı, 250 mL'lik mezur içerisine koyarak uygun spekt aralığı olan dansimetre ile ölçümü belirlenmiştir.

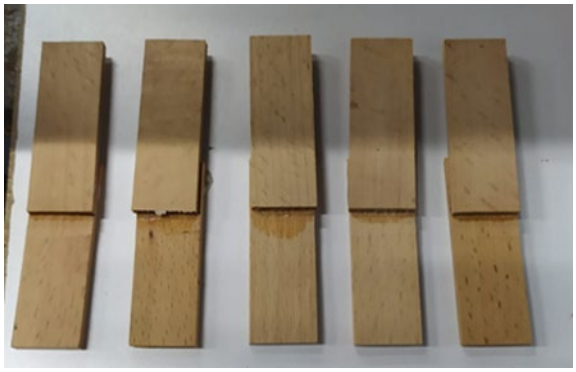
2.4. Biyotutkalda yapışma testi

Farklı çözücüler kullanılarak elde edilen biyotutkallarda sertleştirici olarak %40'lık hegzametilentetramin (HMTA) tutkalın %5'i miktarında kullanılmıştır. Ticari üre formaldehit tutkalında (UF) ise %25'lik amonyum sülfat tutkalın %3'ü kadar kullanılmıştır. Elde edilen bu tutkalların yapışma performansları Lap Shear testi yapılarak belirlenmiştir. Test örneği Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Lap shear test örneği boyutları (mm).

Tutkal örnekleri kusur içermeyen kayın örneklerine 0,020 ile 0,025 g/cm^2 olacak şekilde bir fırça yardımıyla uygulanmıştır. Hazırlanan Lap Shear örneklerine labarotuvar tipi hidrolik preste (Brükle, Freudenstadt, Almanya) 185°C sıcaklıkta 5 dakika boyunca 12 bar basınç uygulanarak presleme işlemi yapılmıştır. Aynı zamanda örneklerde kalınlık standardizasyonu sağlamak için presleme işlemi yapılmadan önce pres içerisine 4.5 mm kalınlıkta kalınlık çubukları yerleştirilmiştir. Daha sonra üniversal mekanik test cihazında (Zwick Roell, Z010, Almanya) çekme hızı 3 mm/dk olacak şekilde ayarlanarak çekme testleri yapılmıştır.



Şekil 2. Yapıştırılmış Lap shear test örnekleri.

3. Bulgular ve Tartışma

Sahil çamı kabuk örneklerinde sıcak su, üre ve sodyum sülfit+sodyum karbonat çözeltileri kullanılarak belirlenen kabuk çözücü oranları, ekstraksiyon süresi ve sıcaklığında tanen verimleri belirlenmiştir. Tanen verim değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kabuk sulu çözeltilerinde verim değerleri.

Çözeltiler	Stiasny Sayısı Değeri	Verim değerleri (%)
Sıcak Su	79.00	6.11
%2 CH_4N_2O	92.15	17.50
%2.5 Na_2SO_3+0.50 $NaCO_3$	80.00	18.52
%3 Boraks	87.40	17.78

Yapılan esktraksiyonlarda tanen verim değerleri incelendiğinde sırasıyla en yüksek verim değerleri %18,52 sahil çamı sülfit, %17,78 sahil çamı boraks, %17,50 sahil çamı üre, % 6,11 sahil çamı sıcak su ile ekstrakte edilmiş örneklerde belirlenmiştir. Burada en yüksek verim değerleri sülfit içeren çözeltiler kullanılarak elde edilmiştir. Sarıalan (2018) tarafından yapılan çalışmada, sahil çamı kabuğu örneklerinin dört farklı ekstraksiyon yönteminde, klasik sulu çözelti yöntemiyle maksimum verim %9,27 ve stiasny sayısı 109,52 olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada sodyum sülfit ve sodyum karbonat içeren çözeltiyle yapılan

ekstraksiyonlarda ise maksimum verim %16,15'e ulaşırken, stiasny sayısı 99,95 olarak belirlenmiştir. Aradaki verim ve stiasny sayısı farklılığının pilot ölçekte endüstriyel üretim yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü pilot ölçekteki endüstriyel üretim esnasında ekstraksiyon işleminde saf su kullanılmaması nedeniyle pilot ölçekteki verim kayıplarının olduğu bilinmektedir. Sülfitlemenin tanen çözeltisi verimini yükselttiği, çözeltinin viskozitesinin düşürdüğü literatürde bildirilmektedir (Pizzi, 1983). Bu durum çalışmada tanen ekstraksiyonu için beklenen sonuçlardır ve literatür ile uyum içinde olduğu söylenebilir. Sıcak su ekstraksiyonu verim değeri farklı bileşikler içeren çözeltilerden daha düşük olması beklenen bir durumdur (Gönültaş ve Balaban Uçar, 2018). Ancak endüstriyel pilot ölçekte ekstraksiyon reaktöründe gerçekleştirilen ekstraksiyon işleminde laboratuvar ölçekli çalışmalardan daha düşük sıcak su ekstraksiyon değerleri elde edilmiştir (Sarıalan, 2018; Pizzi, 1994). Bu durumun endüstriyel ölçekte olması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Sahil çamı tanen çözeltilerinde stiasny sayısı değerleri incelendiğinde sülfitlemenin olumlu etkisi stiasny sayısı değerinde de görülmektedir. Ayrıca üre içeren çözelti ile gerçekleştirilen ekstraksiyondaki verim iyileşmesi ve önemli stiasny sayısı artışı oldukça başarılı bir sonuçtur. Sealy-Fisher ve Pizzi, (1992), dört ekstraksiyon yöntemi ile sahil çamı kabuk taneni verimi ve kimyasal bileşimi üzerine çalışma yapmıştır. Klasik sulu çözelti, sokselet, mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE) ve ultrases destekli ekstraksiyon (UAE) yöntemleriyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve ekstraksiyon aşaması optimize edilmiştir. Yapılan her iki çalışma göz önüne alındığında literatürdeki bulgularla uyumlu olarak, 4 farklı sulu çözelti içerisinde en düşük verim sıcak su çözelti ekstraksiyonlarında, en yüksek verim değerleri ise sodyum sülfit ve sodyum karbonat içeren çözelti ekstraksiyonlarında belirlenmiştir.

Sahil çamı tanen çözeltileri kullanılarak, ilk aşamada katı madde miktarı, jelleşme süresi, pH ve viskozite özelliklerine bakılarak tanen çözeltisinin özellikleri belirlenmiş ve bir sonraki adımda ise tanen çözeltisi katı maddesine oranla %5 HMTA sertleştirici olarak kullanılmış ve biyotutkal formülasyonları geliştirilmiştir. Biyotutkalın özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Biyotutkal özellikleri.

Grup	Tutkal Katı Maddesi (%)	Jel Zamanı (s)	Viskozite (cP)	pH	Yoğunluk (gr/cm^3)
UF	64.23	38	364	7.06	1.283
SB	37.15	-	11200	4.05	1.160
SÜB	37.46	92	1086	6.08	1.151
SSB	39.58	77	803	5.97	1.182

Çalışma boyunca biyotutkal gruplarına verilen isimler; ticari üre formaldehit tutkalı (UF), sahil çamı biyotutkalı (sıcak su ile ekstraksiyon) (SB), sahil çamı üre biyotutkalı (SÜB), sahil çamı sülfit biyotutkalı (SSB) ve son olarak sahil çamı boraks biyotutkalı (SBB) olarak isimlendirilmiştir. Sahil çamı boraks biyotutkal üretimlerinde hızlı viskozite artışları nedeni ile özellikleri belirlenememiştir ve bu yüzden çizelgede verilmemiştir. Biyotutkal formülasyonlarını incelendiğinde katı madde miktarı %37,15 ile %39,58 arasında değişiklik göstermiştir. Daha yüksek katı maddeye çıkılması durumunda hızla viskozite artışı gerçekleştiği görülmüştür. Jel zaman değerlerine bakıldığında SB örneğinin yüksek viskozite kaynaklı jel zamanı belirlenememiş, SÜB örneğinde en yüksek jel zamanı 92 sn olarak belirlenmiştir. Biyotutkal viskozite çalışmaları sonucunda ticari UF tutkalı viskozite değeri 364 cP olarak bulunmuş iken tanen çözeltilerinden elde edilen biyotutkallarda ise viskozite değerleri incelendiğinde en yüksek viskozite değeri ise SB örneğinde bulunmuştur. Elde edilen değer tutkal olarak kullanmanın mümkün olmadığını ortaya koymaktadır. Ancak diğer iki biyotutkal formülasyonlarının viskozite değerleri ile kullanılmasında bir sakınca yoktur. Söz konusu formülasyonlar ile yapılan ön denemelerde endüstriyel ölçekte kullanılabilir olduğu görülmüştür. Burada yine sülfitlemenin viskozite değeri üzerindeki olumlu etkisi görülmektedir. Örneklere ait pH değeri UF tutkalında 7,06 iken, biyotutkallarda pH değerleri 4,05 ile 6,08 arasında değişiklik göstermiştir. Biyotutkal örneklerinde viskozite ile jel zamanı değerlerinin ters orantılı olduğu bilinmektedir ve buna uygun sonuçlar elde edilmiştir. Tutkalların yoğunluk değerleri üzerine yapılan başka bir çalışmada ise UF tutkalında 1283 gr/cm^3 olarak bulunmuştur. Biyotutkal örneklerinde yoğunluk değeri ise en yüksek 1182 gr/cm^3 SSB örneğinde, en düşük 1151 gr/cm^3 ile SÜB örneğinde bulunmuştur. Çalışma kapsamında tüm biyotutkal formülasyonlarına yüzey gerilim testi yapılmıştır. Yüzey gerilim değerleri üzerine ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. Tutkal formülasyonlarında yüzey gerilimi değerleri.

Biyotutkal	Yüzey Gerilimi (mN/m)
UF	73.24
SB	35.46
SÜB	44.94
SSB	43.63

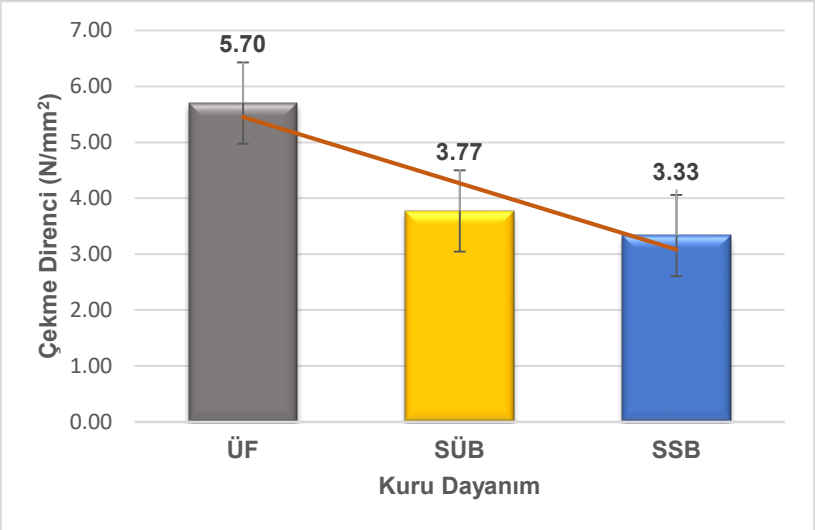
Gruplara ait yüzey gerilim değerlerine bakıldığında en yüksek yüzey gerilim değeri sırasıyla SÜB 44,94 mN/mm, SSB 43,63 mN/mm ve SB 35,46 mN/mm'dir. UF her iki durumda da en yüksek yüzey gerilim değerlerine sahip bir özellik göstermiştir.

Çalışma kapsamında UF ve biyotutkal üretiminde kullanılan sahil çamı kabuklarından ekstraksiyon sonucunda elde edilen tanen çözeltileri kullanarak geliştirilen SÜB ve SSB biyotutkallarında kuru dayanım lap shear test sonuçları ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. SB örneği yüksek viskozite ve otokondenzasyon kaynaklı sürülebilir özellikte olmaması nedeni ile lap shear örneği hazırlanamamıştır.

Çizelge 5. Tutkal grupları yapışma testine ait ortalama ve standart sapma değerleri.

Tutkal Türü	$\bar{X}$ (N/mm^2)	*S*
UF	5.70	0.28
SÜB	3.77	0.50
SSB	3.33	0.35

$\bar{X}$: Aritmetik ortalama, S: standart sapma



Şekil 3. Lap shear yapışma test sonuçları.

Lap shear yapışma testi örneklerinin kuru dayanım değerlerine bakıldığında en yüksek kuru dayanım 5,70 N/mm^2 değerine sahip ticari tutkal UF lap shear örneğidir. Biyotutkal örneklerine bakıldığında ise SÜB örneğinde 3,77 ve SSB örneğinde 3.33 değerleri belirlenmiştir. Buna benzer bir çalışma ise Gönültaş (2018) tarafından yapılmıştır. Yapılan çalışmada üre formaldehit tutkalına en yakın kuru dayanım yapışma değeri çam taneninin %8 oranında formaldehit ve aynı oranda paraformaldehit sertleştiricisi kullanarak hazırlanan biyotutkal örneklerinde görülmüştür. Ayla ve Parameswaran (1980), kızılçam kabuklarından elde ettiği tanen ile kontrplak üretmiştir. Modifiye edilmemiş tanen formaldehit tutkalla yapılan yapıştırmaların kuru dayanımları fenol formaldehit tutkalıyla

benzer sonuçlar vermiştir. Yapılan çalışma sonuçları dikkate alındığında literatürlerdeki bilgiler doğrultusunda biyotutkalların UF tutkalına yakın performanslar sergilediği, yonga yüzeylerine dağılımları ve penetre olabilme kabiliyetlerinin yapışmayı olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

4. Sonuçlar

Endüstriyel atık durumundaki sahil çamı (*Pinus pinaster*) kabuklarından sıcak su, %2 üre, %2,5 sodyum sülfit+0,50 sodyum karbonat ve %3 boraks sulu çözeltileri kullanılarak tüm örneklerde kabuk çözücü oranı 1:8, ekstraksiyon süresi 60 dk ve ekstraksiyon sıcaklığı 70℃'de uygulanarak ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. Bu sayede söz konusu parametrelerin verim ve stiasny sayısı üzerinde etkisi açık bir şekilde belirlenmiştir. Çalışma kapsamında stiasny sayısı değeri en yüksek olan örnek grubu, sahil çamı üre taneni olarak belirlenmiş ve üre taneni ile üretilen SÜB tutkal örneği, tutkal yapışma performansının ortaya konulduğu lap shear testlerinde diğer gruptan daha iyi yapışma performansı göstermiştir. Bu durum stiasny sayısı ile tutkal performansını ilişkilendiren çalışmalardaki (Gönültaş, 2013) durum ile benzerlik göstermektedir.

Biyotutkalların üretimi için yaklaşık %40'lık tanen çözeltileri kullanılarak formülasyonlar geliştirilmiştir. Biyotutkal üretiminde kullanılacak tanenin elde edildiği kaynağa göre flavonoid bileşiminde farklılıklar olduğu bilinmektedir (Pizzi ve Mittal, 2003). Sahil çamı taneni %40 ve üzeri katı madde oranlarında biyotutkal üretiminde kullanılamayacak kadar yüksek viskozite seviyelerine ulaşıyor olması nedeniyle sahil çamı tanen çözeltilerinde en fazla katı madde miktarı %39,58 olan sahil çamı sülfit biyotutkalında (SSB) elde edilmiştir. Sahil çamı tanen çözeltisinden elde edilen sahil çamı biyotutkalında (SB) %37,15 iken sahil çamı üre biyotutkalında (SÜB) %37,46 olarak bulunmuştur. SB ve SÜB'de katı madde miktarı %30'un üzerine çıkıldığında hızlı viskozite artışı gözlemlendiği için katı madde miktarının %40'lara ulaşmadan oluşabilecek yüksek viskozitenin önüne geçebilmek adına katı madde miktarı %1 ile %3 arasında daha düşük tutulmuştur. Literatürde incelendiğinde viskozite yükselmesi nedeni ile biyotutkal formülasyonlarının genellikle %35-45 arasında katı maddeye sahip olduğu görülmektedir. Biyotutkal formülasyonları bu katı maddelerde bile ÜF tutkalı ile rekabet edebilecek yapışma performanslarına sahip olduğu görülmüştür.

Ticari UF tutkalı ve sahil çamı biyotutkallarının kuru dayanım performansları için lap shear örneklerinin çekme sonuçları incelendiğinde altında kaldığı görülmüştür. Özellikle formaldehit içermeyen biyotutkal formülasyonlarının UF tutkalı yapışma performansının

altında değerler gösterdiği bilinmektedir. Bu çalışmada da hazırlanan biyotutkal formülasyonlarında tutkal yapışma perfomansını iyileştirici olarak kullanılan melamin, fenol, polimerik izosiyanatlar gibi petrol bazlı ek bir polimer kullanmadan söz konusu değerlerin elde edilmiş olması kabul edilebilir ve levha ürünlerinde kullanılabilir durumdadır. Çünkü biyobazlı tutkal formülasyonlarının en önemli avantajlarının yenilenebilir biyobazlı kaynaklardan elde edilen bileşenler ile üretiliyor olması veya çok düşük ya da sıfır formaldehit emisyonu değerlerine sahip olmasıdır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı tarafından 118C102 numaralı proje ve Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün 230D004 numaralı doktora tez projesi ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

Ayla, C., & Parameswaran, N. (1980). Macro and Microtechnological Studies on Beechwood Panels Bonded with Pinus brutia Bark Tannin. *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, (*38*), 449-459.

Fengel, D., & Wegener, G. (1984). *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reaction*. Walter de Gruyter, Berlin New York, *3*-11-008481-3.

Frihart, C. (2000). *Biobased adhesives and non-convential bonding*. Forest Products Laboratory, Madison, WI 53726, USA.

Gönültaş, O. (2013). "Doğu Ladini (*Picea orientalis*) ve Meşe (*Quercus* spp.) Kabukları Taneninin Biotutkal Üretiminde Kullanılması". Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gönültaş, O. (2018). Properties of pine bark tannin-based adhesive produced with various hardeners. *BioResources*, *13*(4), 9066-9078.

Gönültaş, O., ve Uçar, M. B. (2018). Doğu ladini ve meşe kabuklarından tanen ekstraksiyon aşamasının optimize edilmesi. *Turkish Journal of Forestry, 19*(3), 323-329.

Gönültaş, O., ve Uçar, M. (2019). Doğu ladini ve meşe kabuk taneninin biyotutkal üretiminde kullanılması. *Turkish Journal of Forestry*, *20*(4), 458-465.

Gürgen, A., Atilgan, B., Yildiz, S., Gönültaş, ve O., İmamoğlu, S. (2022). Combining artificial neural network and moth-flame optimization algorithm for optimization of ultrasound-assisted and microwave-assisted extraction parameters: Bark of Pinus brutia. *Maderas Ciencia y tecnología*, *24*.

Mozdyniewicz, D. J., Herchl, R., Böhmdorfer, S., & Potthast, (2017) A. Composition of Pulp Mill Bark Waste, *Lenzinger Berichte*, *93*, 01 – 07.

Özertan G. ve Çoşkun A. (2021). *Masif Ahşap Sektöri Raporu*. Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Pizzi, A. (1983). *Wood adhesives chemistry and technolog*. Marcel Dekker: New York, vol. *1*, 0-8247- 1579-9.

Pizzi, A. (1994). *Advanced Wood Adhesives Technology*, Marcel Dekker Inc., New York, 978-0824-7926-64.

Pizzi, A., & Stephanou, A. (1994). Fast vs. slow-reacting non-modified tannin extracts for exterior particleboard adhesives. *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, *52*, 218-222.

Pizzi, A., & Mittal, K. L. (2003). *Natural Phenolic Adhesives I:Tannin. Handbook of adhesive technology*. Taylor & Francis Group.

Sarıalan, N. (2018). "Değişik ekstraksiyon yöntemlerinin sahil çamı kabuk taneni verimi ve kimyasal bileşimi üzerine etkisi". Yüksek Lisans Tezi, BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Sealy-Fisher, V. J., & Pizzi, A. (1992). Increased pine tannins extraction and wood adhesives development by phlobaphenes minimization. *European Journal of Wood and Wood Products*. *50*(5), 212-220.

Sepperer, T., Hernandez-Ramos, F., Labidi, J., Oostingh, G. J., Bogner, B., Petutschnigg, A., & Tondi, G. (2019). Purification of industrial tannin extract through simple solid-liquid extractions. *Industrial Crops and Products*, *139*, 111502.

Yazaki, Y., & Hillis, W.E. (1977). Polyphenolic extractives of Pinus radiata bark. *Holzforschung*, *31*(1), 20-25.

Düzce ÜniversitesiOrman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 454-470
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1586022

Sektörel Rekabet Gücü Analizi: Türkiye ve Asya-Pasifik Ekonomik İşbirliği Örgütü (Orman Ürünleri Sektörü Örneği)

Sectoral Competitiveness Analysis: Türkiye and the Asia-Pacific Economic Cooperation Organization (The Case of Forest Products Sector)

Kadri Cemil AKYÜZ[1], Nadir ERSEN[2], İlker AKYÜZ[1]

Özet

Dünya genelinde meydana gelen ekonomik ve siyasal mücadeleler ülkeleri bireysel olarak hareket etmekten uzaklaştırmakta ve bir grup içine yönelmeye zorlamaktadır. Ülke refahı ve yaşayan insanların mutluluğu için zorunlu görünen bu örgütler birçok farklı amaçla oluşmakla birlikte temel kaygı ekonomik faaliyetler üzerinedir. Gerek örgüt içi ve gerekse örgütün diğer ekonomik yapılara karşı başarılı olmasında rekabet gücü temel belirleyici kriter niteliğindedir. Rekabette üstünlük ekonomik başarıyı ekonomik başarı ise toplumsal refah artışını getirmektedir. Özellikle ikinci dünya savaşı sonrası ortaya çıkmaya başlayan bu organizasyonların en önemlilerinden biri Asya Pasifik Ekonomik İşbirliği Örgütü olarak bilinen APEC'dir. Bu çalışmada Türkiye ve APEC üyesi 21 ülkenin orman ürünleri sanayi alanında sahip oldukları rekabet güçlerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Açıklanmış karşılıklı üstünlükler yöntemi kullanılarak yapılan çalışma 2004-2023 yılları dış ticaret verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda özellikle mobilya ve kâğıt ve kâğıt ürünleri alanında ülkemizin APEC üyesi ülkelerle rekabet edebileceği ve alınacak önlemler ile pazar hakimiyeti sağlayabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Orman ürünleri sanayi, Türkiye, APEC, Açıklanmış karşılıklı üstünlükler yöntemi

Abstract

The economic and political struggles taking place around the world force countries away from acting individually and force them to turn to a group. These organizations, which seem to be necessary for the welfare of the country and the happiness of the people living there, are formed for many different purposes, but the main concern is about economic activities. Competitiveness is the main determining criterion for the success of the organization both within the organization and against other economic structures. Superiority in competition brings economic success, and economic success brings increase in social welfare. One of the most important of these organizations, which began to emerge especially after the Second World War, is the Asia Pacific Economic Cooperation Organization (APEC). In this study, it is aimed to comparatively examine the competitiveness of Türkiye and 21 APEC member countries in the field of Forest Products Industry. The study conducted using Revealed Comparative Advantages method was conducted using foreign trade data for the years 2004-2023. As a result of the study, it was determined that our country could compete with APEC member countries, especially in the fields of furniture and paper and paper products, and could establish market dominance with the measures to be taken.

Keywords: Forest products industry, Türkiye, APEC, Revealed comparative advantages method

Geliş Tarihi:15.11.2024, Düzeltme Tarihi:21.12.2024, Kabul Tarihi:13.01.2025
Adres:[1]Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
[2]Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü
E-mail:nadirersen20@artvin.edu.tr

1. Giriş

Üretim ve tüketim alışkanlıklarının sınırları aşması, sermaye hareketinin serbestleşmesi, teknoloji ve bilişim sektöründe oluşan yenilikler ile ekonomiler farklı arayışlar içine girmiş ve ticarete yön verecek oluşumlar kendini göstermeye başlamıştır. Kaynak ve maliyet esaslı ülkeler arasında oluşan üretim bağımlılıkları, ekonomik işbirliği anlaşmaları ile başlamakta ve ekonomik bütünleşme ile sonuçlanan bölgesel ve küresel rekabet odakları halini almaktadır (Öztürk, 2020). Ülkeler arasında oluşan ekonomik birliktelikler ile maliyetler azaltılmakta, rekabet edebilir fiyatlandırmalar oluşmakta, yeni yatırımlar için ülkeler cazip hale gelmekle ve istihdam artışı sağlanarak işsizlik sorunu çözülebilmektedir. Gelişmiş ülkeler ürünlerinin satışlarını daha kolay yoldan yaparken gelişmekte olan ülkeler ise işbirlikleri sayesinde kalkınma problemlerini çözebilmektedirler. Ayrıca oluşan bu bağımlılık ve işbirlikleri ile uluslararası alanda oluşan krizlerden ülkelerin en az düzeyde etkilenmesi mümkün olmaktadır.

Özellikle soğuk savaşın sona ermesi ile ortaya çıkmaya başlayan ve farklı coğrafyalarda bulunan ülkelerin daha rahat iletişime geçmesi ile kendini göstermeye başlayan örgütlenme süreci temelde iki amaç doğrultusunda oluşur. İlki örgütü oluşturan devletlerin ortak çıkarlarının korunması ve bu doğrultuda güçlerini birleştirmeleri, ikincisi ise uluslararası ortamda aranan düzen ve istikrardır. (Terzi, 2019) Siyasi, ekonomik ve güvenlik gerekçeleri ile oluşturulan örgütlerden biri olan Asya- Pasifik İşbirliği Örgütü (APEC) ticaret ve yatırımların serbestleşmesi ile işbirliklerinin ekonomik güce dönüşmesini amaçlayan bir örgüt niteliğindedir. Merkezi Singapur olan ve 1989 yılında kurulan APEC ekonomik işbirliklerini teşvik etmek, bölgede sürdürülebilir ekonomik büyüme yardımıyla kalkınmaya destek olmak, güvenlik endişelerini ve ticari engelleri azaltmak, ekonomileri verimli hale dönüştürmek ve uyumlu bir toplum oluşturmak amaçlarını taşımaktadır (Türk, 2012). Başlangıçta 12 üye ile kurulan APEC yıllar içinde 21 üyeye ulaşmış durumdadır (Avustralya, Brunei, Kanada, Şili, Çin, Hong Kong (Çin), Tayvan (Çin), Endonezya, Japonya, Kore, Malezya, Meksika, Yeni Zelanda, Papua Yeni Gine, Peru, Filipinler, Rusya Federasyonu, Singapur, Tayland, Amerika Birleşik Devletleri ve Vietnam). APEC birçok örgütten farklı olarak açık ve diyalog süreciyle faaliyetlerini yürütmekte, alınan kararlar oybirliği ile alınmakta ve yükümlülükler gönüllülük esasına göre yerine getirilmektedir. Endonezya'nın Bogor şehrinde 1994 yılında alınan kararla, sanayileşmiş ülkeler için 2010, gelişmekte olan ülkeler için 2020 yılı olarak öngörülen hedefler doğrultusunda Asya-Pasifik bölgesinin serbest ticaret ve yatırım alanı haline getirilmesi benimsenmiştir (Başar, 2007).

Böylelikle yatırım ve ticaret anlaşmaları ile gelişmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkelere katkı sağlanması düşünülmüştür.

APEC üyelerinin dünya genelinde sahip oldukları dış ticaret hacmi, nüfus düzeyleri ve üretim güçleri dikkate alındığında azımsanmayacak bir ekonomik ve demografik yapıya sahip oldukları görülmektedir. Dünya nüfusunun yaklaşık %40'lık bölümünü barındıran (2.7 milyar kişi), dört farklı kıtaya yayılmış, dünya ekonomisinin %55'ini, dünya ticaretinin %45'ini oluşturan APEC önemli bir ekonomik aktör konumundadır (Anonim, 2024). 2023 yılını ortalama %3.5 seviyesinde bir ekonomik büyüme ile tamamlayan APEC ülkeleri (APEC harici diğer dünya ülkeleri ortalaması yaklaşık %3.1) 2024 yılının ilk çeyreğinde yaklaşık %3.3' lük bir ekonomik büyüme elde etmişlerdir. Örgüt genelinde enflasyon oranı 2024 yılı ilk çeyreğinde yaklaşık %2.9 seviyelerindedir (APEC, 2024). APEC üyelerinin 10 yıllık dönem bazında dünya ticaretinde sahip oldukları ihracat değeri dikkate alındığında 2014 yılında 9110 milyar dolar seviyesinde olan ihracat büyüklüğünün 2023 yılında %30 düzeyinde bir artışla 11780 milyar dolar düzeyine yükselmiş olduğu görülmektedir. Aynı yıllar kapsamında tüm Dünya genelinde gerçekleşen ihracatın 2014 yılında 18860 milyar dolar düzeyinde olduğu 2023 yılında ise 19300 milyar dolar seviyesine yükseldiği görülmektedir. APEC 2014 yılında Dünya ihracatının %48.3'lük kısmını gerçekleştirirken 2023 yılında bu oran %61 seviyelerine yükselmiştir (Trademap, 2024). APEC ülkelerinin bu denli bir ihracat ağırlığına sahip olmasında Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nin etkisi dikkate çekici boyuttadır.

Yapılan bu çalışmada Türkiye'nin tüm dış ticaretinde ve orman ürünleri sanayinin sektörel boyutunda APEC ülkelerinin sahip olduğu konum ve orman ürünleri sanayinin rekabet gücünün incelenmesi amaçlanmıştır. 2004 ve 2023 yılları kapsamında yapılan çalışmada rekabet ve uzmanlaşma düzeyleri açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler yaklaşımı yardımıyla hesaplanmıştır.

1.1. Türkiye Dış Ticaretinde APEC

Türkiye'nin birçok Dünya ülkesi ile olduğu gibi APEC üyesi ülkeler ile ticari ilişkileri bulunmaktadır. Türkiye ile APEC arasında gerçekleşen dış ticaret düzeyi Çizelge 1 ve 2'de görülmektedir (Trademap, 2024).

Çizelge 1. Türkiye-APEC İhracat Düzeyi (Bin Dolar).

Yıllar	Türkiye'nin APEC Ülkelerine İhracatı	Türkiye'nin Toplam İhracatı	APEC Payı (%)
2004	8856136	63167153	14.0
2005	9539720	73476408	13.0
2006	11183695	85534462	13.1
2007	12412939	107271750	11.6
2008	16014170	132027196	12.1
2009	10903522	102142613	10.7
2010	14360386	113883219	12.7
2011	18040310	134906869	13.4
2012	19881289	152461737	13.0
2013	22986904	161480915	14.2
2014	21510504	166504862	12.9
2015	17253777	143844066	12.0
2016	15816516	142606247	11.1
2017	20390279	156992940	14.9
2018	22155337	167923862	13.2
2019	23422678	180870841	12.9
2020	24518644	169657940	14.5
2021	34159810	225264314	15.2
2022	39999584	254171899	15.7
2023	38837508	255777398	15.2

Çizelge 1'de yer alan veriler incelendiğinde APEC üyesi ülkelerin 20 yıllık düzeyde toplam ihracatımız içinde ortalama olarak %13 düzeyinde bir ağırlık sahibi olduğu gözükmektedir. En yüksek pay 2022 yılı içinde (%15.7) gerçekleşirken en düşük pay ise 2009 yılında (%10.7) oluşmuştur. Çizelge 2'de yer alan ithalat verileri dikkate alındığında ise toplam ithalatımızın yaklaşık %36'lık kesiminin APEC üyesi ülkelerden gerçekleştirildiği görülmektedir. En düşük pay 2004 (%28.7) en yüksek pay ise 2022 yılında (%40.3) oluşmuştur (Trademap, 2024).

Çizelge 2. Türkiye-APEC İthalat Düzeyi (Bin Dolar).

Yıllar	Türkiye'nin APEC Ülkelerinden İthalatı	Türkiye'nin toplam İthalatı	APEC Payı (%)
2004	27999595	97537611	28.7
2005	3739.292	116770590	32.0
2006	47615021	139571710	34.1
2007	62161663	170062715	36.5
2008	77290592	201963574	38.3
2009	53929130	140928421	38.3
2010	68371314	185544332	36.8
2011	84301885	240841676	35.0
2012	82710703	236545141	35.0
2013	88394465	260822803	33.9
2014	88796356	251142429	35.6
2015	77806841	207235628	37.5
2016	73476722	198601934	37.0
2017	83549748	233799651	35.7
2018	78680957	223046879	35.3
2019	75186205	210346890	35.7
2020	72692121	219514373	33.1
2021	100765111	271422758	37.1
2022	148148113	363710987	40.3
2023	139955207	361763873	38.7

1.2. Orman Ürünleri Sanayi ve APEC

Türkiye'nin APEC üyesi ülkeleri ile olan dış ticaret ilişkileri özellikle sanayi sektörü genelinde yoğunlaşmış durumdadır. Birçok sanayi alt grubunda olduğu gibi orman ürünleri sanayi alanında da oldukça ciddi boyutlarda dış ticaret rakamları oluşmuştur. Orman ürünleri sanayi sektörü üç farklı alt sektörel yapı içerisinde (ağaç ve ağaç ürünleri, kâğıt ve kâğıt ürünleri, mobilya) üretim ve ticaret faaliyetlerinin yürütüldüğü sektör konumundadır. İncelenen yıllar kapsamında APEC üyesi ülkeler ile yapılan dış ticaret düzeyi aşağıda yer alan tablolarda gösterilmiştir. Çizelge 3 ve 4'te Türkiye'nin APEC üyesi ülkeler ile 2004-2023 yılları kapsamında ağaç ve ağaç ürünleri sanayi alt sektöründe yapmış olduğu dış ticaret rakamları ve toplam dış ticaret içindeki payları görülmektedir. İncelenen yıllar kapsamında artış ve azalışlar görülmesine karşın 2004 ve 2023 yılları genelinde APEC ülkeleri genelinde ihracat payında iki katından daha yüksek bir artış elde edilmiştir. En yüksek ihracat düzeyi 2021 yılında gerçekleşirken en düşük ihracat düzeyi 2009 yılında oluşmuştur. Ağaç ve ağaç ürünleri alanında, 2021 yılı haricinde, yapılan ithalat ihracattan daha yüksek boyutlardadır. Özellikle son yıllarda oluşan artışlarla ithalat düzeyi 2004 yılına göre yüzdelik payda iki kata yakın bir artış göstermiş ve tüm dönem kapsamında en yüksek yüzdelik değere 2023 yılında ulaşılmıştır. Ağaç ve ağaç ürünlerinin tüm dış ticaret rakamları incelendiğinde özellikle ihracatın 2018 yılı sonrasında önemli artışlar göstererek ithalat rakamlarını geçtiği görülmektedir (Trademap, 2024).

Çizelge 3. Türkiye- APEC Ağaç ve Ağaç Ürünleri İhracat Düzeyi (Bin Dolar).

Yıllar	Türkiye'nin APEC Ülkelerine Ağaç ve Ağaç Ürünleri İhracatı	Türkiye'nin Toplam Ağaç ve Ağaç Ürünleri İhracatı	APEC Payı (%)
2004	10074	203275	4.5
2005	14056	249516	5.6
2006	20447	335594	6.1
2007	18609	455776	4.1
2008	29267	534723	5.5
2009	15866	510033	3.1
2010	26703	573200	4.6
2011	28528	652926	4.4
2012	29788	657955	4.5
2013	45859	715623	6.4
2014	42544	839071	5.1
2015	25688	692752	3.7
2016	25866	675923	3.8
2017	41222	762890	5.4
2018	54044	826635	6.5
2019	69839	874892	7.9
2020	115423	977024	11.8
2021	192954	1473783	13.1
2022	222015	1819492	12.2
2023	192660	1802120	10.7

Çizelge 4. Türkiye- APEC Ağaç ve Ağaç Ürünleri İthalat Düzeyi (Bin Dolar).

Yıllar	Türkiye'nin APEC Ülkelerinden Ağaç ve Ağaç Ürünleri İthalatı	Türkiye'nin Toplam Ağaç ve Ağaç Ürünleri İthalatı	APEC Payı (%)
2004	136337	56831	24.0
2005	236563	795368	29.7
2006	364738	934789	39.0
2007	428726	1158544	37.0
2008	372707	1159347	32.1
2009	202102	731506	27.6
2010	299949	1098395	27.3
2011	394361	1427787	27.6
2012	486201	1619739	30.0
2013	470860	1587506	29.7
2014	470243	1507003	31.2
2015	541851	1505157	36.0
2016	496139	1265053	39.2
2017	432449	1132786	38.2
2018	303000	827893	36.6
2019	120619	423504	28.5
2020	127065	444065	28.6
2021	150771	485105	31.1
2022	354191	784846	45.1
2023	510626	1094651	46.6

Türkiye'nin APEC ülkeleri ile yapmış olduğu kâğıt ve kâğıt ürünleri ticaret boyutu Çizelge 5 ve 6'da gösterilmektedir. Toplam kağıt ürünleri ihracatı içerisinde APEC payı 2004 yılında %4.7 ve 22 milyon dolar seviyesinde iken 2023 yılında %10.3 ile 261 milyon dolar seviyesine yükselmiştir. Yüzdesel değişim iki katın üzerinde gerçekleşirken dolar bazlı değişim ise yaklaşık 5 kat artış göstermiştir. En yüksek pay 2020 yılında, en düşük pay ise 2016 yılında gerçekleşmiştir. Kâğıt ve kâğıt ürünleri ithalat rakamlarının gösterildiği Çizelge 6 incelendiğinde kâğıt ve kâğıt ürünlerinde oluşan ithalat bağımlılığının sonuçları görülebilmektedir. Türkiye 2004 yılında 1.5 milyar dolar üzerinde bir kağıt ithalatı yaparken 2023 yılında bu rakam 3 milyar doların üzerine yükselmiş durumdadır. APEC üyeleri düzeyinde gerçekleştirilen ithalat dikkate alındığında 2004 yılında 270 milyon dolar seviyesinde olan ithalat rakamı 2023 yılında 900 milyon dolar seviyelerine yaklaşmış durumdadır. Türkiye'nin toplam kağıt ithalatının 2004 yılında %17.6 sı APEC üyesi ülkelerden gerçekleştirilirken bu pay 2023 yılında %29 seviyesine yükselmiştir. En yüksek ithalat payı 2014 yılında oluşmuştur (Trademap, 2024).

Çizelge 5. Türkiye- APEC Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İhracat Düzeyi (Bin Dolar).

Yıllar	Türkiye'nin APEC Ülkelerine Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İhracatı	Türkiye'nin Toplam Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İhracatı	APEC Payı (%)
2004	22326	478502	4.7
2005	22156	582102	3.8
2006	21032	624665	3.4
2007	32872	861427	3.8
2008	57067	1077654	5.3
2009	49005	1004771	4.9
2010	53967	1216835	4.4
2011	57363	1427255	4.0
2012	36561	1033096	3.5
2013	56053	1128332	5.0
2014	44048	1185312	3.7
2015	39716	1185515	3.3
2016	35246	1354573	2.6
2017	81298	1520374	5.3
2018	80601	1715787	4.7
2019	141564	1785426	7.9
2020	223745	1725418	13.0
2021	177297	2163003	8.2
2022	290710	2843397	10.2
2023	261063	2531741	10.3

Çizelge 6. Türkiye- APEC Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İthalat Düzeyi (Bin Dolar).

Yıllar	Türkiye'nin APEC Ülkelerinden Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İthalatı	Türkiye'nin Toplam Kâğıt ve Kâğıt Ürünleri İthalatı	APEC Payı (%)
2004	269370	1527642	17.6
2005	419623	1766522	23.8
2006	494220	2043051	24.2
2007	733318	2469551	29.7
2008	812799	2605213	31.2
2009	629801	2214106	28.4
2010	853376	2819742	30.2
2011	934195	3109936	30.0
2012	841178	2882668	29.2
2013	990726	3112428	31.8
2014	1092877	3190868	34.2
2015	836611	2683943	31.2
2016	831505	2684713	31.0
2017	791046	2811917	28.1
2018	767039	2749839	27.9
2019	647122	2530897	25.6
2020	566183	2428686	23.3
2021	587680	2741500	21.4
2022	1344960	4055261	33.2
2023	894489	3070347	29.1

Mobilya dış ticaret rakamları incelendiğinde (Çizelge 7 ve 8) tüm yıllarda görülen dış ticaret fazlası dikkat çekmektedir. Türkiye'nin dış ticaret fazlalığı 2004 yılında yaklaşık 458 milyon dolar seviyesinde iken, 2023 yılında 4 milyar dolar seviyesini aşmış durumdadır. APEC üyesi ülkeler kapsamında bu durum değerlendirildiğinde 2004 yılında oluşan 52

milyon dolar seviyesindeki dış ticaret açığı 2023 yılında 19 milyon dolar seviyesine yaklaşan bir dış ticaret fazlasına dönüşmüş durumdadır. İhracatta APEC ülkeleri en yüksek payı 2021 yılında oluştururken en düşük pay 2009 yılında gerçekleşmiştir. İthalatta ise 2010-2015 yılları dikkat çekici boyuttadır (Trademap, 2024).

Çizelge 7. Türkiye- APEC Mobilya İhracat Düzeyi (Bin Dolar).

Yıllar	Türkiye'nin APEC Ülkelerine Mobilya İhracatı	Türkiye'nin Toplam Mobilya İhracatı	APEC Payı (%)
2004	62639	855708	7.3
2005	70922	958345	7.4
2006	79578	1101803	7.2
2007	111242	1484142	7.5
2008	148051	1891086	7.8
2009	59679	1588862	3.8
2010	84759	1786405	4.7
2011	136419	2110175	6.5
2012	158407	2420661	6.5
2013	219107	2929316	7.5
2014	202846	3055601	6.6
2015	175601	2753347	6.4
2016	180064	2658942	6.8
2017	177862	2760345	6.4
2018	252409	3130599	8.1
2019	296369	3868865	7.7
2020	386425	3897049	9.9
2021	495925	4788354	10.3
2022	464411	5260726	8.8
2023	430799	5149154	8.4

Çizelge 8. Türkiye- APEC Mobilya İthalat Düzeyi (Bin Dolar).

Yıllar	Türkiye'nin APEC Ülkelerinden Mobilya İthalatı	Türkiye'nin Toplam Mobilya İthalatı	APEC Payı (%)
2004	114879	397835	28.9
2005	188878	530061	35.6
2006	310683	734300	42.3
2007	455070	990600	45.9
2008	544641	1114284	48.9
2009	385988	789849	48.9
2010	595853	1080935	55.1
2011	739986	1389296	53.3
2012	666052	1204663	55.3
2013	812982	1488767	54.6
2014	915989	1569026	58.4
2015	795116	1376397	57.8
2016	457243	1007000	45.4
2017	387511	946807	41.0
2018	340073	843292	40.3
2019	287405	758159	37.9
2020	293934	720772	41.0
2021	330972	796706	41.5
2022	356759	906033	39.4
2023	412098	1067448	38.6

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Ülkemizin imalat sanayi sektörel yapılanmasında önemli bir yer tutan orman ürünleri sektörü üç farklı alt sektörel yapıdan oluşmaktadır (ağaç ve ağaç ürünleri, kâğıt ve kâğıt ürünleri, mobilya). Çalışmada sektörün APEC ülkeleri karşısında nasıl bir rekabet konumunda bulunduğunun belirlenmesi hedeflenmiştir. 2004-2023 yıllarını kapsayan çalışmada üç farklı alt sektörel grup düzeyinde nasıl bir rekabet pozisyonunda yer aldıkları yapılan analizlerle belirlenmiştir. Çalışma amacıyla kullanılan dış ticaret rakamları TradeMap internet sitesinden elde edilmiştir (Trademap, 2024).

2.2. Yöntem

Çalışmada; Liesner (1958) tarafından rekabet gücünün ölçülmesi amacıyla oluşturulan ve daha sonra Balassa (1965) tarafından geliştirilen ve günümüze kadar yaygın olarak kullanılan Açıklanmış Karşılıklı Üstünlükler Yöntemi (Revealed Comparative Advantage–RCA) kullanılmıştır.

Liesner (1958) tarafından oluşturulan, ihracat verileri kullanılarak rekabet gücünün ölçmeyi amaçlayan ve ülkenin herhangi bir sektör ya da ürün grubundaki ihracatını başka ülke ya da ürün grupları ihracatı ile karşılaştıran indeks, Balassa (1965) tarafından bazı eksiklikleri nedeniyle geliştirilmiştir.

Denklem 1'de formülasyonu ve tanımlamaları yer alan endeks sonucunda elde edilecek 1' den küçük bir değer ülkenin ilgili mal düzeyinde açıklanmış karşılıklı üstünlükler bakımından rekabet gücünün olmadığını yani dezavantaja sahip olduğunu ve 1' den büyük bir değer ise o mal grubunda uzmanlaşmış olduğunu yani açıklanmış karşılıklı üstünlüğe sahip olduğunu göstermektedir (Balassa, 1965; Kum, 1999; Altay ve Gürpınar, 2008).

$$RCA_{ij} = \frac{(\frac{X_{ij}}{X_{it}})}{(\frac{X_{wj}}{X_{wt}})} \quad (1)$$

İndekste;

X_{ij}: İ ülkesinin J malı ihracatı,

X_{it}: İ ülkesinin toplam ihracatı,

X_{wj}: Dünya J malı ihracatı,

X_{wt}: Dünya toplam ihracatı düzeylerini sembolize etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük endeksi kullanılarak yapılan analiz sonuçları aşağıda gösterilmektedir. Çizelge 9'da ağaç ve ağaç ürünleri ürün grubuna bağlı olarak yapılan analizler değerlendirildiğinde Türkiye'nin özellikle 2022-2023 yıllarında rekabet gücünü yükseltmiş olduğu dikkat çekmektedir. 2004-2023 yılları arası rekabet gücünde sürekli artış gösteren bir eğilim olmasına karşın son iki yılda yakalanan düzey birçok ülkeyi geride bırakacak durumdadır. Bu ürün grubunda tüm yıllarda Yeni Zelanda yüksek rekabet gücüne sahiptir. Yıllık ortalamalar dikkate alındığında Papua Yeni Gine yüksek bir rekabet gücüne sahip gözükmekte ve Yeni Zelanda'dan sonra en güçlü ülke konumunda yer almaktadır. Ancak veri akışının bazı yıllar olmamış olması veri güvenliği açısından dikkat çekici niteliktedir. Bu nedenle rakamlarda görülen yükselmesinin çok sağlıklı olmadığı düşüncesi bu ülkeyi rekabet sıralaması dışında tutmamıza neden olmuştur. Yeni Zelanda'yı Şili, Kanada ve Filipinler izlemektedir. Bu ürün grubunda rekabet gücü Türkiye'ye göre yüksek olan ülkeler Endonezya, Rusya, Malezya, Vietnam ve Tayland'dır.

Kâğıt ve kâğıt ürünleri ürün grubuna ait yapılan hesaplama sonuçları Çizelge 10'da gösterilmiştir. Bu ürün grubunda Türkiye dikkate değer bir rekabet üstünlüğüne sahiptir. 2004 yılından 2023 yılına kadar sürekli artış gösteren rekabet gücü APEC üyesi birçok ülkeyi geride bırakacak niteliktedir. Tüm yıllar ortalamasına bakıldığında Endonezya, Kanada, ABD ve Yeni Zelanda bu ürün grubunda rekabet gücü en üst seviyede olan ülkelerdir. Özellikle son 5 yıl dikkate alındığında Endonezya ve Kanada'dan sonra Türkiye'nin en güçlü üçüncü ülke konumunda bulunması gelecek yıllar açısından sektörün dünya piyasalarında daha etkili olacağının göstergesi niteliğindedir.

Orman Ürünleri Sanayi grubunda ülkemizin rekabet gücü en yüksek olan ürün grubu mobilya ürün grubudur. Çizelge 11' de yer alan analiz sonuçları incelendiğinde 2004-2023 yıllarının tamamında rekabet katsayısı "1" üzeri olan mobilya alt sektörü artan bir düzeyde rekabet gücünü yükseltmiştir. Bu ürün grubunda yıllık ortalamalar dikkate alındığında Vietnam, Çin, Meksika ve Türkiye ilk sıralarda yer almaktadır. Rekabet açısından Türkiye'nin en güçlü olduğu yıl 2022 iken, en düşük değere sahip olduğu yıl 2006'dır.

Çizelge 9. Ağaç ve Ağaç Ürünleri Rekabet Düzeyi.

Ülkeler	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Yıl Ort.
Türkiye	0.312	0.346	0.426	0.477	0.547	0.684	0.719	0.733	0.674	0.642	0.69	0.642	0.599	0.639	0.647	0.682	0.757	0.788	0.967	1.118	0.654
Avustralya	0.104	0.915	0.889	0.948	0.935	0.869	0.846	0.70	0.61	0.58	0.671	0.874	0.94	0.948	0.932	0.878	0.699	0.395	0.386	0.451	0.728
Brunei	0.004	0.001	0.006	0.006	0.012	0.026	0.05	0.018	0.016	0.017	0.041	0.052	0.076	0.035	0.031	0.047	0.014	0.02	0.016	0.015	0.025
Kanada	5.177	4.743	4.295	3.374	2.753	2.843	3.138	3.081	3.446	3.915	3.638	3.798	4.275	4.403	4.153	3.675	4.532	5.385	4.46	3.737	3.941
Şili	5.188	4.544	3.708	3.347	4.006	3.979	3.808	4.046	4.189	4.124	4.55	4.756	4.923	4.415	4.528	4.495	4.16	3.433	4.09	3.495	4.189
Çin	0.82	0.858	0.961	0.9	0.881	0.879	0.873	0.906	0.939	0.836	0.846	0.83	0.813	0.793	0.785	0.754	0.688	0.667	0.687	0.737	0.822
Hong	0.263	0.202	0.184	0.17	0.159	0.141	0.137	0.135	0.129	0.117	0.147	0.09	0.057	0.046	0.038	0.045	0.024	0.024	0.02	0.026	0.107
Tayvan	0.173	0.147	0.137	0.123	0.122	0.115	0.096	0.097	0.104	0.10	0.088	0.081	0.074	0.074	0.065	0.063	0.049	0.039	0.038	0.04	0.091
Endonezya	4.437	3.706	3.618	3.08	2.84	2.752	2.658	2.512	2.835	2.885	3.168	3.55	3.385	3.121	3.238	3.223	3.053	2.562	2.157	2.444	3.061
Japonya	0.015	0.098	0.013	0.015	0.002	0.027	0.021	0.022	0.023	0.025	0.033	0.04	0.043	0.054	0.056	0.063	0.068	0.069	0.072	0.079	0.041
Kore	0.037	0.026	0.017	0.017	0.019	0.021	0.017	0.02	0.027	0.024	0.024	0.022	0.023	0.02	0.02	0.022	0.019	0.013	0.013	0.016	0.02
Malezya	2.911	2.917	3.15	2.998	2.901	3.282	3.103	2.996	3.004	2.765	2.544	2.506	2.333	2.126	1.904	1.778	1.311	1.036	1.059	1.162	2.389
Meksika	0.196	0.194	0.203	0.17	0.18	0.176	0.137	0.129	0.144	0.156	0.133	0.145	0.139	0.149	0.144	0.16	0.188	0.196	0.19	0.213	0.167
Yeni Zelanda	6.643	6.334	6.712	6.421	6.88	8.008	9.678	10.15	10.72	11.64	10.03	9.586	10.77	11.78	12.42	12.25	10.28	10.83	10.24	11.5	9.643
Papua Yeni Gine	6.603	-	-	-	-	-	-	6.641	9.29	-	-	-	-	-	-	4.958	4.146	3.995	5.532	6.856	6.002
Peru	0.931	1.105	0.908	0.778	0.902	0.764	0.659	0.524	0.534	0.518	0.578	0.58	0.437	0.35	0.327	0.365	0.298	0.251	0.275	0.238	0.566
Filipinler	0.408	0.446	1.578	1.811	2.643	3.086	2.964	5.508	6.749	8.254	6.861	6.61	6.462	2.943	1.316	1.32	1.089	1.07	1.038	0.903	3.152
Rusya	2.418	2.404	2.392	2.82	2.248	2.529	2.192	2.043	2.005	2.014	2.136	2.459	2.892	2.911	2.638	2.721	3.199	2.875	2.204	2.049	2.457
Singapur	0.095	0.08	0.071	0.075	0.074	0.062	0.054	0.057	0.052	0.04	0.042	0.036	0.028	0.034	0.029	0.031	0.018	0.017	0.016	0.019	0.046
Tayland	0.907	0.847	0.89	0.87	0.957	1.095	1.207	1.337	1.36	1.382	1.393	1.348	1.447	1.594	1.367	1.362	1.3	1.323	1.409	1.87	1.263
ABD	0.702	0.694	0.656	0.659	0.705	0.706	0.891	0.809	0.798	0.823	0.824	0.791	0.786	0.831	0.779	0.713	0.707	0.67	0.683	0.747	0.748
Vietnam	0.77	0.832	0.94	1.115	1.177	1.226	1.713	1.991	1.999	2.226	1.928	2.039	1.641	1.506	1.698	1.839	1.638	1.635	2.131	2.065	1.605
Yıl Ort.	1.777	1.497	1.512	1.436	1.473	1.584	1.664	2.020	2.256	2.051	1.922	1.944	2.006	1.846	1.767	1.883	1.738	1.695	1.712	1.808	-

Çizelge 10. Kağıt ve Kağıt Ürünleri Rekabet Düzeyi.

Ülkeler	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Yıl Ort.
Türkiye	0.526	0.6	0.593	0.667	0.728	0.799	0.954	1.017	0.752	0.767	0.773	0.867	0.989	1.052	1.11	1.084	1.117	1.143	1.3	1.253	0.904
Avustralya	0.468	0.397	0.373	0.368	0.301	0.285	0.321	0.326	0.35	0.385	0.487	0.425	0.408	0.379	0.372	0.314	0.286	0.263	0.216	0.206	0.346
Brunei	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005	0.014	0.008	0.016	0.006	0.011	0.056	0.014	0.01	0.015	0.008	0.009	0.004	0.005	0.01
Kanada	2.601	2.665	2.638	2.386	2.434	2.442	2.216	2.105	2.074	2.051	1.962	1.981	1.909	1.806	1.921	1.805	1.808	1.704	1.645	1.764	2.095
Şili	0.831	0.796	0.716	0.652	0.772	0.922	0.829	0.864	0.899	0.84	0.834	0.854	0.841	0.776	0.773	0.776	0.846	0.641	0.684	0.71	0.792
Çin	0.333	0.39	0.452	0.486	0.483	0.511	0.541	0.653	0.744	0.795	0.826	0.869	0.893	0.881	0.848	0.961	0.886	0.855	1.023	1.092	0.726
Hong	0.54	0.529	0.503	0.475	0.443	0.365	0.387	0.363	0.378	0.34	0.331	0.32	0.288	0.276	0.252	0.246	0.184	0.175	0.147	0.133	0.333
Tayvan	0.442	0.462	0.442	0.469	0.491	0.504	0.497	0.526	0.643	0.608	0.56	0.523	0.522	0.538	0.556	0.523	0.451	0.415	0.4	0.406	0.498
Endonezya	2.121	2.018	2.262	2.43	2.435	2.342	2.369	1.97	2.302	2.261	2.311	2.497	2.46	2.446	2.704	2.863	2.819	2.169	1.914	2.344	2.351
Japonya	0.327	0.323	0.321	0.32	0.357	0.356	0.398	0.373	0.346	0.363	0.374	0.386	0.402	0.416	0.435	0.4	0.413	0.606	0.428	0.398	0.387
Kore	0.614	0.594	0.563	0.53	0.554	0.513	0.529	0.555	0.612	0.622	0.558	0.558	0.593	0.55	0.592	0.602	0.537	0.495	0.503	0.555	0.561
Malezya	0.258	0.271	0.284	0.338	0.379	0.405	0.43	0.455	0.534	0.458	0.418	0.195	0.474	0.465	0.439	0.511	0.437	0.506	0.51	0.73	0.424
Meksika	0.394	0.45	0.445	0.414	0.427	0.451	0.438	0.436	0.375	0.39	0.383	0.395	0.377	0.405	0.398	0.378	0.443	0.425	0.427	0.429	0.414
Yeni Zelanda	1.418	1.334	1.138	1.173	1.145	1.096	1.18	1.209	1.26	1.098	0.952	1.016	1.028	0.936	0.944	0.902	0.849	0.822	0.825	0.655	1.049
Papua Yeni Gine	0.007	-	-	-	-	-	-	0.008	0.009	-	-	-	-	-	-	0.004	0.002	0.002	0.001	0.005	0.004
Peru	0.176	0.159	0.178	0.188	0.302	0.31	0.302	0.33	0.271	0.255	0.262	0.211	0.221	0.241	0.231	0.235	0.232	0.206	0.235	0.229	0.238
Filipinler	0.141	0.203	0.239	0.231	0.261	0.257	0.269	0.36	0.234	0.202	0.498	0.163	0.164	0.198	0.184	0.187	0.18	0.145	0.162	0.166	0.222
Rusya	0.453	0.417	0.385	0.378	0.341	0.414	0.327	0.322	0.403	0.428	0.493	0.565	0.693	0.668	0.662	0.647	0.785	0.762	0.576	0.534	0.512
Singapur	0.218	0.203	0.205	0.232	0.255	0.292	0.288	0.338	0.446	0.434	0.542	0.456	0.463	0.477	0.406	0.424	0.405	0.389	0.237	0.307	0.35
Tayland	0.557	0.622	0.676	0.649	0.666	0.64	0.61	1.225	0.609	0.624	0.639	0.658	0.678	0.693	0.71	0.677	0.664	0.654	0.621	0.69	0.678
ABD	0.981	1.039	1.036	1.027	1.068	1.052	1.109	1.099	1.154	1.142	1.096	1.099	1.066	1.107	1.07	1.007	1.063	1.042	0.957	0.938	1.057
Vietnam	0.25	0.283	0.345	0.398	0.451	0.395	0.47	0.425	0.45	0.41	0.346	0.3	0.308	0.382	0.43	0.506	0.543	0.601	0.595	0.676	0.428
Yıl Ort.	0.62	0.655	0.657	0.657	0.68	0.683	0.689	0.68	0.675	0.689	0.697	0.683	0.706	0.7	0.716	0.684	0.679	0.637	0.609	0.646	-

Çizelge 11. Mobilya Rekabet Düzeyi.

Ülkeler	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Yıl Ort.
Türkiye	1.101	1.096	1.047	1.182	1.302	1.329	1.426	1.489	1.391	1.511	1.433	1.32	1.277	1.283	1.401	1.538	1.531	1.455	1.655	1.585	1.367
Avustralya	0.154	0.143	0.129	0.122	0.1	0.105	0.094	0.076	0.073	0.079	0.065	0.081	0.081	0.069	0.069	0.064	0.055	0.056	0.058	0.057	0.086
Brunei	0.046	0.007	0.008	0.011	0.004	0.014	0.007	0.005	0.006	0.018	0.012	0.015	0.033	0.018	0.025	0.017	0.011	0.025	0.004	0.005	0.014
Kanada	1.596	1.536	1.508	1.264	1.077	0.974	0.994	0.677	0.911	0.853	0.812	0.886	0.994	0.991	0.959	0.948	0.845	0.756	0.878	0.887	1.017
Şili	0.181	0.143	0.116	0.063	0.075	0.066	0.069	0.051	0.043	0.048	0.04	0.037	0.032	0.03	0.146	0.032	0.023	0.022	0.027	0.03	0.063
Çin	2.373	2.466	2.53	2.52	2.697	2.769	2.914	2.976	3.334	3.259	3.114	2.984	2.892	2.885	2.906	2.852	2.816	2.841	2.914	2.812	2.842
Hong	0.562	0.435	0.35	0.282	0.258	0.197	0.181	0.182	0.164	0.161	0.162	0.142	0.126	0.127	0.113	0.107	0.072	0.071	0.066	0.067	0.191
Tayvan	0.729	0.69	0.612	0.557	0.574	0.536	0.54	0.575	0.566	0.519	0.507	0.494	0.479	0.469	0.466	0.473	0.437	0.417	0.386	0.336	0.518
Endonezya	1.931	1.869	1.696	1.494	1.314	1.255	1.164	0.852	0.876	0.855	0.844	0.834	0.8	0.744	0.749	0.885	0.94	0.892	0.805	0.695	1.074
Japonya	0.126	0.136	0.14	0.139	0.168	0.167	0.185	0.179	0.165	0.138	0.122	0.102	0.113	0.113	0.12	0.112	0.09	0.089	0.098	0.091	0.129
Kore	0.133	0.163	0.196	0.176	0.165	0.18	0.188	0.261	0.329	0.357	0.324	0.257	0.267	0.222	0.221	0.227	0.184	0.151	0.162	0.169	0.216
Malezya	1.253	1.243	1.275	1.243	1.267	1.27	1.22	1.213	1.211	1.038	0.957	0.919	0.931	0.889	0.98	0.939	0.988	0.793	0.82	0.791	1.062
Meksika	2.227	2.245	2.067	1.802	1.637	1.524	1.65	1.634	1.736	1.796	1.884	1.793	1.896	1.903	1.767	1.604	1.452	1.526	1.758	1.704	1.78
Yeni Zelanda	0.437	0.407	0.446	0.465	0.392	0.395	0.385	0.392	0.282	0.234	0.238	0.207	0.196	0.168	0.168	0.151	0.111	0.113	0.126	0.13	0.272
Papua Yeni Gine	0.014	-	-	-	-	-	-	0.001	0.015	-	-	-	-	-	-	0.002	0.002	0.007	0.001	0.005	0.005
Peru	0.113	0.116	0.095	0.097	0.104	0.07	0.06	0.06	0.063	0.06	0.061	0.054	0.043	0.037	0.034	0.03	0.04	0.063	0.028	0.028	0.062
Filipinler	0.675	0.724	0.576	0.451	0.478	0.354	0.324	0.4	0.367	0.497	0.573	0.475	0.431	0.465	0.465	0.527	0.471	0.316	0.492	0.445	0.475
Rusya	0.113	0.104	0.11	0.115	0.09	0.099	0.067	0.048	0.075	0.074	0.073	0.078	0.098	0.101	0.094	0.113	0.126	0.127	0.065	0.057	0.091
Singapur	0.082	0.093	0.089	0.098	0.112	0.11	0.106	0.109	0.098	0.289	0.089	0.072	0.076	0.066	0.061	0.055	0.039	0.038	0.048	0.065	0.089
Tayland	1.094	1.068	0.927	0.787	0.709	0.624	0.633	0.579	0.527	0.542	0.463	0.381	0.388	0.384	0.389	0.405	0.445	0.469	0.517	0.455	0.589
ABD	0.614	0.624	0.639	0.608	0.621	0.566	0.611	0.614	0.603	0.586	0.571	0.53	0.519	0.51	0.489	0.448	0.398	0.362	0.391	0.392	0.534
Vietnam	3.114	3.679	3.993	4.238	3.939	3.721	3.856	3.218	2.918	2.677	2.609	2.334	2.271	2.25	2.288	2.579	2.838	2.821	2.998	2.764	3.055
Yıl Ort.	0.848	0.904	0.883	0.843	0.813	0.777	0.794	0.708	0.716	0.742	0.712	0.666	0.663	0.653	0.662	0.641	0.632	0.609	0.649	0.616	-

4. Sonuçlar

Küresel ticarette oluşan dönemsel değişimler, savaşlar ve finansal krizler ülkelerin planlı olarak belirledikleri faaliyetlerinin aksamasına ya da gerilemesine neden olabilmektedir. Bu durumların son zamanlarda daha sık olarak yaşanması ülkeleri farklı alternatiflere yöneltmek ve pazar arayışlarını hızlandırmak zorunda bırakmaktadır. Sahip oldukları ekonomik güç ve nüfus potansiyeli dikkate alındığında, Amerika ve Çin gibi dünyanın iki önemli pazar ve üretim gücünü elinde bulunduran APEC, alternatif pazarlar arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye'nin başta Avrupa Birliği (AB) olmak üzere birçok yapı ile ekonomik iş birlikleri devam ediyor olmasına karşın son yıllarda APEC ülkeleri ile artan dış ticaret ilişkileri incelenmeye değer niteliktedir.

Ekonomik yapılar içinde güçlü olmak ve piyasalarda etkin konumda bulunmak güçlü rekabet koşullarını gerektirir. Tüm sektörel alanlarda rekabet gücünü elinde bulundurabilmek özellikle bizim gibi gelişmekte olan ekonomiler için kolay değildir. Yapılması gereken rekabet üstünlüğü olan, rekabet edebilecek sektörlerin belirlenmesi ve rekabet gücünün devamlılığı için önlemlerin alınmasıdır. Tüm sektörlere bir bütün olarak bakıldığında rekabet gücünün alt sektörel düzeyde hangi konumda olduğunun belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle sektörel yapıların ayrı ayrı incelenmesi rekabet güçlerinin belirlenebilmesi ve devamlılık için gerekli tedbirlerin alınması önemlidir. Bu çalışmada Türkiye'nin önemli sektörel yapılarından olan orman ürünleri sanayi sektörünün APEC üyeleri karşısında nasıl bir rekabet konumunda olduklarının belirlenmesi amaçlanmış ve bu doğrultuda açıklanmış karşılıklı üstünlük indeksi kullanılmıştır. Orman ürünleri sanayini oluşturan üç alt sektör kapsamında (ağaç ve ağaç ürünleri, kâğıt ve kâğıt ürünleri ve mobilya) Türkiye'nin ve APEC üyesi 21 ülkenin dış ticaret verileri kullanılarak yapılan hesaplama ticari ilişkilerin artış gösterdiği son yirmi yıllık veriler dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Ağaç ve ağaç ürünleri alanında yapılan hesaplamalar sonucunda Türkiye'nin 2022 ve 2023 yıllarında rekabet edebilecek bir konuma sahip olduğu belirlenmiştir. Bu alanda özellikle Yeni Zelanda'nın sahip olduğu rekabet gücü son derece yüksektir. Türkiye'nin bu alt sektör grubunda rekabet edebilecek ve pazar yarışına girebilecek olduğu ülkeler Malezya, Tayland ve Vietnam gibi ülkelerdir. Kâğıt ve kâğıt ürünleri alt sektörel grubunda incelenen yıllar kapsamında rekabet gücümüzün sürekli artış gösterdiği görülmekle birlikte özellikle 2016 yılı ve sonrası rekabette söz sahibi olacak konuma eriştiğimiz görülmektedir. Ülkelerin ortalama rekabet değerleri Türkiye'nin tüm ülkeler ile rekabet edebilecek yetkinlikte

olduğunu göstermektedir. Mobilya alt sanayi grubu rekabet gücü bakımından Türkiye'nin en güçlü olduğu ürün grubu niteliğindedir. İncelenen tüm yıllarda sahip olduğumuz rekabet gücü, tüm APEC ülkeleri ile rekabet edecek yapıda olduğumuzu ve pazar hakimiyeti kurabilecek düzeye sahip olduğumuzu göstermektedir.

Yapılan hesaplamalar özellikle mobilya ve sonrasında kâğıt ve kâğıt ürünleri alanında Türkiye'nin APEC üyesi ülkeler ile yarış içinde olabilecek bir üretim ve dış ticaret gücüne sahip olduğunu göstermektedir. Özözen'in (2024) Türkiye ile seçilmiş on ülkenin mobilya sektöründeki rekabet gücü karşılaştırdığı çalışmada, Türkiye'nin Almanya, ABD ve Kanada'ya rekabet üstünlüğü sağladığı belirlenmiştir. Türkiye ile BRICS ülkelerinin karşılaştırıldığında başka bir çalışmada ise mobilya grubu alanında Türkiye'nin Çin dışındaki diğer BRICS ülkelerine göre rekabet avantajına sahip olduğu tespit edilmiştir (Akyüz ve Akyüz, 2020a). Akyüz ve Akyüz (2020b) Türkiye'nin kağıt ve kağıt ürünleri sektöründe BRICS ülkelerine göre önemli bir rekabet avantajına sahip olduğu belirlemiştir. Ağaç ve ağaç ürünleri ürün grubu ise sahip olduğu rekabet gücü ile Türkiye'ye üstünlük getirmekten uzak gözükmektedir. Yapılan diğer bir çalışmada da, Türkiye'nin ağaç ve ağaç ürünleri sektöründe Hindistan dışındaki diğer BRICS ülkelerine rekabet üstünlüğü sağlayamadığı bulunmuştur (Akyüz ve Akyüz, 2020b). Ülkelerin refah seviyesi ve sahip oldukları rekabet gücünün aynı doğrultuda hareket etmekte oldukları kabulü ile kaynaklarımızın etkin kullanımı, pazar paylarının korunabilmesi ve yeni pazarlara açılabilmek açısından güçlü olduğumuz sektörlerde destekleyici tedbirler almak zorundayız. Türkiye'de son yıllarda yaşanmakta olan ekonomik sorunlardan çıkış yolu olarak kabul edilen ihracat etkinliğinin sağlanması için döviz kurları üzerinde ihracat destekli hamleler pazar rekabeti açısından işe yaramakta olduğunu göstermektedir. Ancak kurlarda ihracatçıları destekler hamlelerin kalıcı bir çözüm getirmeyecek olduğu açıktır. Özellikle maliyet azaltıcı hamleler, teknolojik değişimler ve rekabet halinde olduğumuz alt sektörel gruplarda bize rakip konumda olabilecek ülkelere karşı verimlilik artışı sağlamak son derece önemlidir. Ayrıca üretim alanlarında eğitimli işgücü varlığı, lojistik ve tedarikçi gibi destekleyici alt yapı organizasyonları, üniversiteler ve araştırma kurumlarının bilimsel destekleri ve kümelenme gibi üretim odaklı işbirlikleri kalıcı üstünlük için gereklidir. Bunların yanı sıra rekabette güçlü kalabilmek için teknoloji destekli yenilik oluşumu ve maliyet azaltıcı tedbirleri içeren yönetimsel faaliyetler dikkatle uygulanması gereken diğer tedbirler olmalıdır.

Kaynaklar

Akyüz, K.C., & Akyüz, İ. (2020a). BRICS countries and Türkiye's competition comparative analysis of the furniture industry sector. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, *11*(2), 149-158.

Akyüz, K.C., & Akyüz, İ. (2020b). Paper and paper products and wood and wood products sectors competition analysis: BRICS countries and Turkey. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, *5*(5), 814-818.

Altay, B., & Gürpınar, K. (2008). Açıklanmış karşılıklı üstünlükler ve bazı rekabet gücü endeksleri: Türk mobilya sektörü üzerine bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *10*(1), 257-274.

Anonim, (2024). www. mfa.gov.tr. Erişim Tarihi: 08.10.2024

APEC (2024). Regional Trends Analysis (Reports). Erişim adresi: https://www.apec.org/publications/2024/08/apec-regional-trends-analysis--august-2024#. Erişim Tarihi: 08.10.2024.

Balassa, B. (1965). Trade liberalization and revealed comparative advantage. *The Manchester School of Economicand Social Studies, 33*(2), 99-123.

Başar, H. (2007). Asya pasifik ekonomik işbirliği (APEC). *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, 24, İnternet Adresi: http://www.mfa.gov.tr/asya-pasifik-ekonomik-isbirligi-_apec_-.tr.mfa, Erişim Tarihi: 11.10.2024.

Kum, H. (1999). Rekabet gücünü belirleyen faktörler: yeni yaklaşımlar. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14, 165-178.

Liesner, H.H. (1958). The european common market and british industry. *Economic Journal*, *68(*270), 302-316.

Özözen, S. (2024). Türkiye'nin mobilya sektöründe uluslararası rekabet gücü: Seçilmiş ülkeler ile karşılaştırmalı analiz. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, *7*(1), 107-120.

Öztürk, M.B.E (2020). Türkiye'nin uluslararası pazar arayışında bir alternatif olarak APEC. *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi*, *3*(2), 114-124.

Trademap (2024). *Trade Statistics for International Business Development* [Veri seti]. Erişim adresi: https://www.trademap.org/Index.aspx?nvpm=1%7. Erişim Tarihi: 08.10.2024.

Terzi, F. (2019). 'Uluslararası örgütlerin kurulma sebepleri: Şanghay işbirliği örgütü örneği'. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Türk, F. (2012). Asya pasifik ekonomik işbirliği. *AFASAM*, İnternet Adresi: www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi:11.10.2024.

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp.471-482
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1545957

Phenological Evaluation of Autumn Coloration in *Parthenocissus quinquefolia* L. using Visual Assessment and Brix Measurement

Parthenocissus quinquefolia L.'nin Fenolojik Sonbahar Renklenmesinin Görsel ve Brix Ölçümü Kullanılarak Değerlendirmesi

Candan KUŞ ŞAHİN[1], Büşra ONAY[2]

Abstract

Direct ground-based visual assessment, those that use repeating photography by a camera, has been conducted. We have found that the changes in phenology are easily visualized using repeat photographs, which were visually examined, and key phenology events, including autumn coloration, were recorded for *Parthenocissus quinquefolia* L. The sugar content of *P. quinquefolia*'s parts were found to be in range of 18.95 °Bx to 9.72 °Bx for leaves, in range of 10.99 °Bx to 16.78 °Bx for berries and 5.74 °Bx to 11.70°Bx for stems. However, leaf Brix values showed a correlation with visual color ratings, with higher Brix values corresponding to green colors and lower values corresponding to strong reddish colors. It is clear that autumn phenology has an impact on the sugar content of *P. quinquefolia*'s parts to some extent. It is important to note that the 0Bx properties of leaves and berries were found to be sensitive to sampling parts of *P. quinquefolia*. It was suggested that the autumn coloration of *P. quinquefolia* could be effectively monitored through five distinct color stages. Different parts of *P. quinquefolia* showed various levels of coloration from mid-May to mid-December. However, green and red hues are visible on *P. quinquefolia*'s leaves in all directions until mid-November, while only leaves in the north-east direction (V) at the end of November show rather early, intense red coloration and maturation compared to others. The light level (lux) also appears to be an important factor in the autumn coloration of *P. quinquefolia*.

Keywords: *P. quinquefolia* L. Autumn colorations, Landscape, Phenological observation

Özet

Bu çalışmada bir kamera tarafından tekrarlanan fotoğrafların kullanıldığı doğrudan zemin tabanlı görsel değerlendirme yapılmıştır. Fenolojideki değişikliklerin, tekrarlanan fotoğraflar kullanılarak kolayca görselleştirilebildiğini ve *Parthenocissus quinquefolia* L. için sonbahar renklenmesi de dahil olmak üzere önemli fenoloji olaylarının kaydedildiği görülmüştür. *P. quinquefolia*'nın parçalarının şeker içeriği yapraklar için 18.95 °Bx ila 9.72 °Bx aralığında, meyveler için 10.99 °Bx ila 16.78 °Bx aralığında ve gövdeler için 5.74 °Bx ila 11.70 °Bx aralığında bulunmuştur. Bununla birlikte, yaprakların Brix değerleri görsel renk derecelendirmeleriyle bir miktar ilişki gösterirken, izlenen örneklerde koyu yeşil renklerden güçlü kırmızımsı renklere kadar değişen renkler mevcuttur. Sonbahar fenolojisinin *P. quinquefolia*'nn parçalarının şeker içeriği üzerinde belli bir düzeyde etkisi olduğu açıktır. Sonbahar renklenmesinin izlenmesi sırasında *P. quinquefolia* 'nın beş renklenme dönemi boyunca izlenebileceği önerilmiştir. *P. quinquefolia*'nın farklı kısımları Mayıs ortasından Aralık ortasına kadar çeşitli seviyelerde renklenme göstermiştir. Bununla birlikte, Kasım ortasına kadar *P. quinquefolia*'nın tüm yönlerdeki yapraklarında yeşil ve kırmızı tonlar görülebilirken, Kasım sonunda sadece kuzeydoğu yönündeki (V) yapraklar diğerlerine kıyasla oldukça erken, yoğun kırmızı renklenme ve olgunlaşma göstermektedir. Işık seviyesi (lux) de *P. quinquefolia*'nın sonbahar renklenmesinde önemli bir faktör olarak görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *P. quinquefolia* L. Sonbahar renklenmesi, Peyzaj, Fenolojik gözlem

Received: 09.09.2024, Revised: 07.05.2025, Accepted: 11.06.2025
Address: [1]Süleyman Demirel University Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture
Email: candansahin@sdu.edu.tr
[2]Afyon Kocatepe University Faculty of Fine Arts Department of Interior Architecture and Environmental Design "Email: bonay@aku.edu.tr

1. Introduction

Phenology is the study of periodically recurring patterns of plant growth during the year, typically deals with recurring life-cycle events (Morisette et al., 2009; Walton et al., 2016; Mu et al., 2022). One example for phenological studies is the autumn coloration of plants (Field et al., 2001). In this regard, phenological evaluation of certain plants has been of great interest, which is considered to be one of the most important values for plant-based design practices (Archetti et al., 2009; Morisette et al., 2009; Walton et al., 2009; Field et al., 2001; Bozdoğan, 2016; Tarakci Eren and Duzenli, 2017). Environmental factors such as temperature, light intensity and geographical locations have been reported to be complex mechanisms and are often characterized by a high degree of temporal and spatial variability (Kami et al., 2010; Piao et al., 2019). However, forecasting or characterization of the seasonal vegetation periods (i.e., autumn colorations) has wide social, cultural, and economic significance which may offer insights into plant physiological activities. Moreover, these may also be important parameters for landscape design approaches that reflect interactions between plant phenology and people (Zhang et al., 2012). Therefore, autumn coloration might be particularly important not only for landscapers to predict the optimum aesthetic timing, but also for tourists to see fall foliage colors.

The vegetation habits and phenological properties of plants have been widely investigated throughout the centuries, and considerable effort has also been devoted to real-time monitoring (Sahin et al., 2023; Sahin and Onay, 2023). However, the complexity of natural ecosystems presents inherent challenges to plant science (Sahin and Onay, 2023; Sahin et al., 2024). Over the past decades, various methods have been developed to detect the timing of phenological events of vegetation (Crimmins and Crimmins, 2008; Zhang et al., 2012; Peltoniemi et al., 2018; Mu et al., 2022). These efforts mainly focused on the satellite imaginary assessments, while the phenology captured by those methods often represents the mixture of wide-area coverage (e.g., forests, waters, structures and elements), especially in heterogeneous landscapes. Therefore, uncertainties in satellite data make the monitoring of vegetation phenology in real time extremely challenging (Walton et al., 2016). It has been well predicted by number a of researchers that ground-based observations may provide direct evidence of spatial variations in plant phenology while being valuable for climate change studies (Piao et al., 2019).

Many plants, which have climbing properties, are utilized in urban areas for color-effect purposes. However, *Parthenocissus quinquefolia* L. is intensely used for its climbing

characteristics in urban open spaces, which is particularly preferred for its leaf color in the fall. Various studies have been conducted to determine the phenological properties of *P. quinquefolia* (Bozdoğan, 2016; Mahr, 2024). Bozdoğan (2016), evaluated effective use of color principle in planting design that to determine the autumn colors formed by *Ampelopsis quinquefolia* L. She concluded that the color change of *A. quinquefolia'* leaves were related to directions of plant and had very intensive in the period of September through November (Bozdoğan, 2016). More recent studies were also used similar color evaluation techniques for other landscape plant such as; *Torminalis glaberrima* Gand. (Sahin et al., 2023), *Viburnum opulus* L. (Sahin et al., 2024).

In this study, we used a ground-based approach for the real-time monitoring of the foliage status of *P. quinquefolia* using digital repeat photography. We assume that the autumn coloration of the selected plant can be assessed with the time series of the selected methodology through monitoring temporal variation over the course of the predetermined time. These experimental approaches may provide unique opportunities to monitor the leaf senescence process without expensive satellite imagery and offer insights into estimating the characteristic phenology. We limit our study to the start (green foliage) and end (leaf coloring), which are sensitive to change of season.

2. Material and Method

In the study, *Parthenocissus quinquefolia*, which is a member of the *Vitaceae* family, was selected as plant material for evaluating autumn leaf colorations, represents ornamental value in landscaping areas. We found a mature *P. quinquefolia* plant, on the maincampus of Suleyman Demirel University which is located in Isparta. Figure 1 shows the locational map of the study area and general appearance of *P. quinquefolia* in natural growing conditions.



Figure 1. General map of study area and appearance of *P. quinquefolia* L. at spring.

We assumed that Mid-May 2022 through late-December 2022 would be an appropriate observation period for our study. The selected plant was carefully monitored at different stages, which included the visual evaluation of discolorations via repeat photographing. Due to the oversize and growing properties at different locations, the monitoring and measurements were made at five different points on the same plant. The leaves of *P. quinquefolia* were found to be initially dark green at spring, then senescence to orange-red in color in fall. Thus, we need to adequately track the color change process over time to ensure a relatively consistent record. We used a combination of methods, including on-site visual monitoring in situ, and took photos and samples to measure the sugar content of leaves (Brix level) ex-situ. The ground-based monitoring (repeat photography) was conducted in the afternoon (5.0 pm) at least once every 15 days. Approximately 10 representative samples (leaves, stems of leaves and berries) were collected from five selected points. The collected samples were placed in bags, and collection data (collection time and point) were marked on the label.

We used the same digital camera (Nikon Corp., Tokyo, Japan) with identical settings, consistently repeating the same position, direction, angle, distance, and shooting mode. Due to weather conditions (e.g., rainy, cloudy, dusty, etc.) during digital repeat photography, only well-visible digital images were used to represent coloration occurrences at different points of the same plant. The following procedures were applied during photography:

• The photographed points must have good viewing conditions to ensure the photographs of the overall plant.

• The distance between the photograph-taken point and the plant was not too far or too close. In our study, 2 to 5 meters was found to be an ideal distance.

• We used approximately 1.0-meter distance for laboratory photographing of collected leaves. The collected leaf samples were carefully monitored at different stages of discoloration by photographing to conduct a visual evaluation for the aesthetic quality of the colorations. The study obtained numerous photos that effectively reflect the leaf coloration of the *P. quinquefolia* species, some of which are presented in Figure 2.

The light intensity (as reported Lux level) was measured by an Environment Meter (CEM DT8820- Taiwan).

In the Brix (°Bx) measurement procedure, approximately 10 samples (leaves, berries and stems) were put in a container and crushed until juice was present.

Then one drop of juice is put in a digital refractometer (Palm Abbe-PA2021, Solon, OH), while the device supports automatic temperature compensation and then brix value automatically.

3. Results and Discussion

The plant phenology is one of the important elements for landscapers which these seasonal changes may impact on plant design practices and their functions. The *P. quinquefolia's* leaves are a five-fingered, green through the summer, and in the autumn turn green to orange-red or red in the fall before falling. We were visually rated *P. quinquefolia's* leaves (foliage) during ground-based observations, numerous photos were obtained, effectively reflected the discoloration which some of those are presented in Figure 2. In this regard, we were assigned a color rating, ranged from 1 to 5;

1. = entirely green (Fig. 2A),
2. = some light red color present (Fig. 2B-D),
3. = about equal green and red color (Fig. 2E-F),
4. = almost all red color (Fig. 2G),
5. = entirely dark red color (Fig. 2 H-I)

When Figure 2 is carefully evaluated, it could be seen wide range of colors on same plant which provide visual interest particularly during autumn, may serve very aesthetic appearance to people. With having those autumn coloration properties, *P. quinquefolia* have been widely utilized to attached to vertical or horizontal surfaces, may provide visual interest while may be affect very aesthetic appearance at cost effective way.



Figure 2. Visual appearance of *P. quinquefolia'* leaves during phenological observation (A: entirely green foliage from May to July, B-D: partial leaf senescence from August to September, E-G: Full-leaf senescence from late September to Middle of November, H-I: late leaf senescence from End of November to December).

Brix is a scale measuring the sugar content of plants. It is commonly used in plant science studies, especially to rate plant or fruit maturity (Kaytanlioglu et al., 2023). In this regard, there have been many valuable results reported regarding the Brix value and sugar content of foods (Kappes et al., 2007; Bolade et al., 2009; Chauhan et al., 2014). We assumed the Brix (°Bx) value may be used to evaluate *P. quinquefolia's* parts (leaf, stems, and berries) for assessment of autumn coloration. Table 1 shows the Brix values of leaves, berries and stems presented in Figure 2, comparatively. It was observed that leaves show Brix value in range of 18.95 °Bx (sample A) to 9.72 °Bx (sample I). The berries show Brix value in range of 10.99 °Bx (sample A) to 16.78 °Bx (sample H) and stems in range of 5.74 °Bx (sample I) to 11.70°Bx (sample B). The leaves' Brix values appear to reveal some relationship with visual colour ratings (Fig.2) while dark green colors existed in Sample A, but strong reddish colors existed in Samples H and I. It is also revealed that the autumn phenology impact on sugar content of *P. quinquefolia's* parts some level. It has been presented that environmental factors could contribute to the regulation of plant phenological processes including autumn phenology (Piao et al., 2019). A number of researchers have already reported that high Brix levels are an indicator for plants growing in high stress periods, such as cold or drought conditions, and vice versa. Typically, sucrose, which is a sugar, is formed in the leaves and fruits during the growing period. The results found for *P. quinquefolia's* leaves and Brix values in this study partially consisted of literature information. One may conclude that the sugar content of leaves and berries is sensitive to sampling parts of *P. quinquefolia*.

Table 1. The Brix values of *P. quinquefolia's* parts.

Samples	Leaf	Berry	Stem
A	18.95 (1.65)	10.99 (1.58)	7.52 (0.13)
B	18.05 (1.87)	14.99 (1.09)	11.70 (2.18)
C	16.68 (1.14)	15.12 (1.37)	8.98 (0.23)
D	16.33 (0.12)	15.88 (0.63)	7.38 (0.37)
E	15.73 (1.10)	16.09 (0.39)	8.18 (0.62)
F	14.2 (1.73)	16.10 (0.41)	9.24 (0.30)
G	13.77 (1.36)	16.32 (0.18)	8.98 (0.26)
H	11.26 (2.20)	16.78 (0.16)	8.02 (1.10)
I	9.72 (0.49)	16.43 (0.23)	5.74 (1.0)

**The number in parenthesis are standard deviations of five measurements of the same sample.*

In order to find inter correlations among *P. quinquefolia's* parts (leaves, berries and stems), in terms of sugar contents, the obtained Brix values were plotted against, shown in Figure 3. It is apparent that the Brix levels were inversely correlated with leaves and fruits. It is high at initially and continuously lowered for leaves but vice versa for berries. The less similar trend was also visible for stems. The plot shape in Figure 3 and data presented in Table 1. clearly suggest that autumn coloration bring an effect of change the sugar content. This could be expected considering vast literature information have been reported, which various type of conditions including weather impact on senescence of leaves and plants (Gatti et al., 2016; Tóth, 2025; Bouillon et al., 2025; Mafrica et al., 2025).

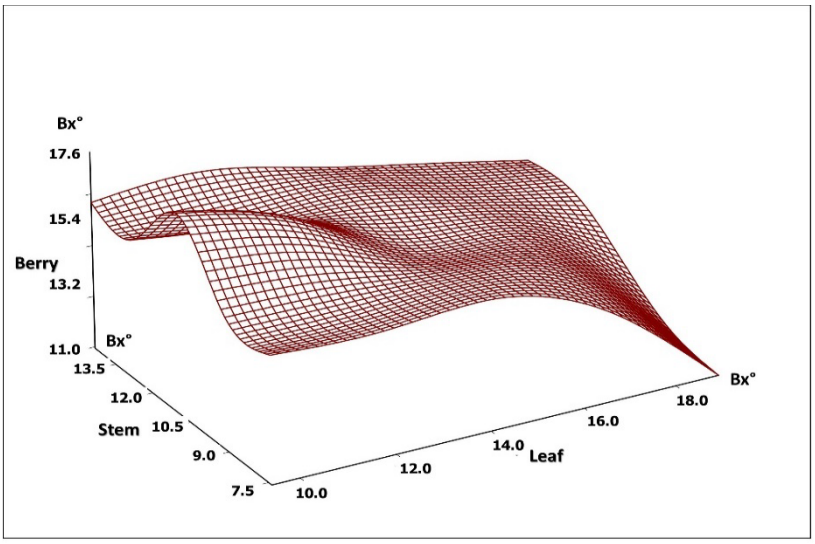


Figure 3. The Brix relationship of *P. quinquefolia's* parts.

A primary focus of this study is the autumn coloration of *P. quinquefolia*. However, a distinct seasonal response in vegetation phenology is noted during the study, which is a dark green color from May to beginning of September and intensive senescence in the late September through November, fall in December (Figure 4). When Figure 4 is carefully evaluated, to assess autumn coloration of *P. quinquefolia*, the five-discoloration period could be suggested.

- Entirely green period (from May to early September)
- Early period (mid-September),
- Middle period (late September to mid-November),
- Late period (late November to early December),
- End period (mid-December).

The leaves of the whole plant (all directions and sides) stay green until September. In September, only the leaves in the South-direction (I) are in light reddish hues. The red color

of the leaves in plants on all sides has increased; green-red colors maintained their dominance until early October. In mid-October, it appears to turn from a greenish to a light reddish hue together for South- (I), South east- (II) and North-direction (III), while the dark reddish hue is dominant in the east (IV) and North-east (V) at the same time. In November, dark reddish hues are intensive in South- (I) and South east-direction (II), light reddish greenish hues to the north-east direction (III), and leaves fall in the north-east direction (V) at that time period. In mid-December, almost all leaves fall throughout the plant in all directions and sides. When the whole *P. quinquefolia* plant is considered, the earliest red coloration and leaf senescence were found in East- (IV) and North-east directions (V). In this respect, the differences in autumn colorations or leaf senescense, which observed the existence of reddish colorations, in terms of directional measurements were found to be important. It is important to note that green and red hues are visible on P. quinquefolia's leaves in all directions until mid-November. Only leaves in the north-east direction (V) at the end of November show rather early, intense red coloration and maturation compared to others.

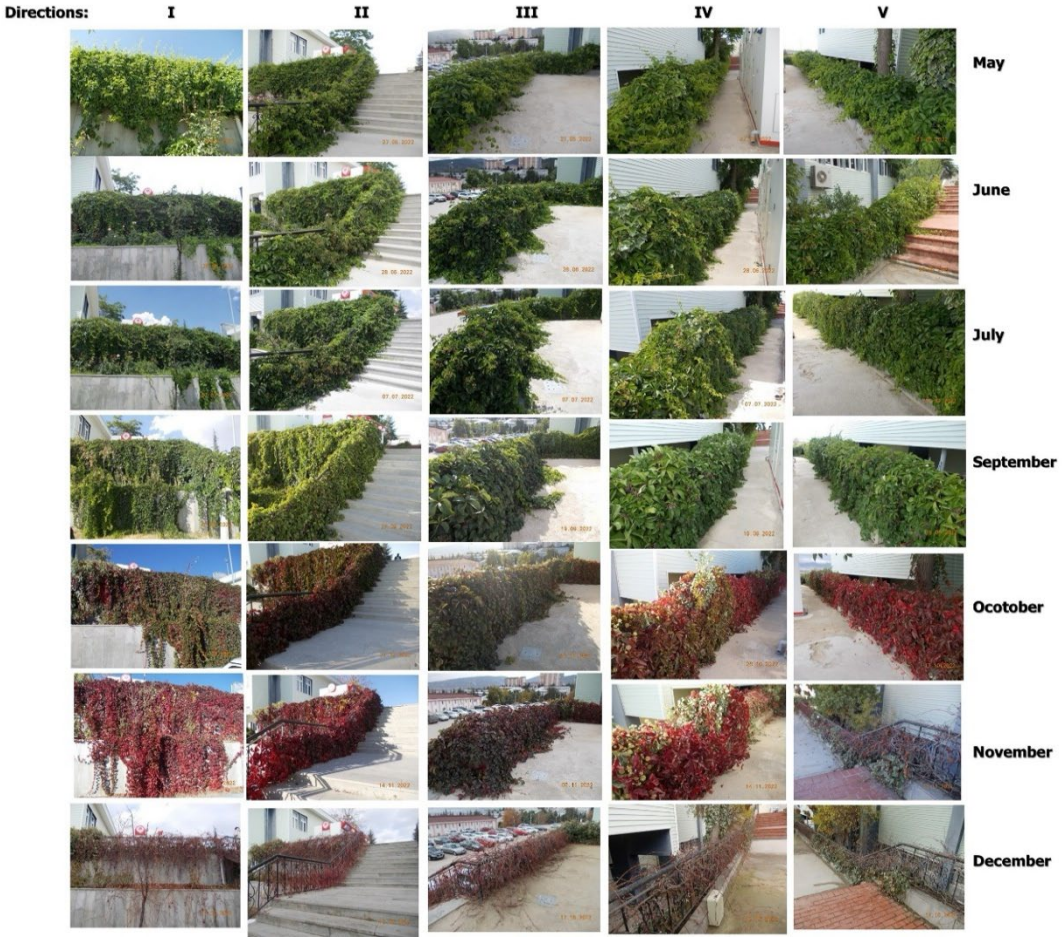


Figure 4. Visual appearance of *P. quinquefolia* from different directions (I: South, II: South-east, III: North, IV East V: North east).

The measured light levels of the selected points are; I: 609.8 lux, II: 1517.3 lux, III: 1232.3 lux, IV: 210 lux, V: 29291.7 lux. Although the evaluation of differences in signaling of the phytochromes is a phenomenon, the locational variations, and light level appear to be more important factors for autumn coloration rather than temperature at the same time period for *P. quinquefolia*.

Aesthetic appearance of plants is a very important issue for landscape design practices. However, it is very important to predict both seasonal and inter-annual color variation in ecosystems, which has important management for intended design purposes. In this regard, phenological changes of plants could be carefully considered by plant experts (Sahin and Onay 2023). Understanding the properties of plant foliage with ornamental appeal may allow plant designers to develop aesthetic design practices using easily planted species like *P.quinquefolia*. This is also a cost-effective way to accomplish aesthetic plant design for successful landscape work.

4. Conclusion

Although landscape-scale phenology estimates are based on instrument-based approaches for field measurements, ground-based observation is a traditional, but still highly useful method in phenology studies and provides first-hand direct evidence of phenological changes. Thanks to those, the timing of phenological events for specific sites and species has improved.

In general, people identify and associate certain landscapes with colors. The choice of colors to design a landscape works in exactly the same way that it decorates a house, seeking to generate a certain effect and atmosphere and giving it its own identity. In plant design practices, creating a focal point could serve to draw attention to a certain place with a plant with an unusual color. While traditional plant phonologic observations have involved recording the date of occurrence for key events (i.e., first leaf opening, first flowering, full bloom, and end of bloom), we have a simple and cost-effective way to monitor the leaf senescence of *P. quinquefolia* plant by repeated visual observations, which is important for landscape discipline. The *P. quinquefolia* selected in this study, which has excellent climbing and surface covering properties, could be an important element for design where surface covering with seasonal color changes is important. Therefore, the autumn coloration of *P. quinquefolia* may be an object that creates focal points and may attract the attention of human beings, which affects them physiologically and sociologically.

Further research is necessary to investigate to better understand the variation in the influence of plant color on visual aesthetic perception. However, the experimental approach and selected methods in this study could be useful to other plant materials that have aesthetic phenological properties throughout the year all around.

References

Archetti, M., Döring, T. F., Hagen, S. B., Hughes, N. M., Leather, S. R., Lee, D. W., ... & Thomas, H. (2009). Unravelling the Evolution of Autumn Colours: an Interdisciplinary Approach. *Trends in Ecology & Evolution, 24*(3), 166-173.

Bolade, M. K., Oluwalana, I. B., & Ojo, O. (2009). Commercial Practice of Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) Beverage Production: Optimization of Hot Water Extraction and Sweetness Level. *World Journal of Agricultural Sciences, 5*(1), 126-131.

Bouillon, P., Belin, E., Fanciullino, A. L., Hanteville, S., Letekoma, Y., Bernard, F., & Celton, J. M. (2025). Internal browning detection in red-flesh apple (Malus domestica) using image analysis and acoustic signal-based detection. *Fruit Research*, *5*(1).

Bozdoğan, E. (2016). Monitoring the Autumn Color Change in Leaves of Amphelopsis Quinquefolia. *Asian Journal of Science and Technology, 7*(1), 2198-2202.

Chauhan, O. P., Archana, B. S., Singh, A., Raju, P. S., & Bawa, A. S. (2014). A refreshing Beverage From Mature Coconut Water Blended with Lemon Juice. *Journal Of Food Science And Technology, 51*(11), 3355-3361.

Crimmins, M. A., & Crimmins, T. M. (2008). Monitoring Plant Phenology Using Digital Repeat Photography. *Environmental Management, 41*, 949-958.

Feild, T. S., Lee, D. W., & Holbrook, N. M. (2001). Why Leaves Turn Red in Autumn. The Role of Anthocyanins in Senescing Leaves of Red-Osier Dogwood. Plant physiology, *127*(2), 566-574.

Gray, R. E., & Ewers, R. M. (2021). Monitoring Forest Phenology in a Changing World. *Forests, 12*(3), 297.

Gatti, M., Pirez, F. J., Chiari, G., Tombesi, S., Palliotti, A., Merli, M. C., & Poni, S. (2016). Phenology, canopy aging and seasonal carbon balance as related to delayed winter pruning of Vitis vinifera L. cv. Sangiovese grapevines. *Frontiers in plant science*, *7*, 659.

Kami, C., Lorrain, S., Hornitschek, P., & Fankhauser, C. (2010). Light-Regulated Plant Growth and Development. *Current Topics In Developmental Biology, 91*, 29-66.

Kappes, S. M., Schmidt, S. J., & Lee, S. Y. (2007). Relationship Between Physical Properties and Sensory Attributes Of Carbonated Beverages. *Journal of Food Science, 72*(1), S001-S011.

Kaytanlioglu, E. H. T., Fakir, H., Ozkan, U., & Sahin, C. K. (2023). A Study on Syrup of Juniperus Excelsa Cones Grown in Türkiye. *Asian J. Res. Agric. Forestry, 9*(4), 203-212

Mafrica, R., De Bruno, A., Mafrica, D. L., Merlo, C., Gattuso, A., & Poiana, M. (2025). Ripening Dynamics and Optimal Harvest Timing of 'Fantastico'and 'Femminello'Bergamot Fruit. *Agriculture*, *15*(7), 737.

Mahr, S. (2024). Virginia Creeper, Parthenocissus quinquefolia, Wisconsin Horticulture, Division of Extension, University of Wisconsin – Madison. URL: https://hort.extension.wisc.edu/articles/virginia-creeper-parthenocissus-quinquefolia/ (Reach date: 21.04.2024)

Morisette, J. T., Richardson, A. D., Knapp, A. K., Fisher, J. I., Graham, E. A., Abatzoglou, J., ... & Liang, L. (2009). Tracking the Rhythm of the Seasons in the Face of Global Change: Phenological Research in the 21st Century. *Frontiers in Ecology and the Environment, 7*(5), 253-260.

Mu, Y., Lin, W., Diao, X., Zhang, Z., Wang, J., Lu, Z., ... & Zhao, C. (2022). Implementation of the Visual Aesthetic Quality of Slope Forest Autumn Color Change into the Configuration of Tree Species. *Scientific reports, 12*(1), 1-19.

Peltoniemi, M., Aurela, M., Böttcher, K., Kolari, P., Loehr, J., Hokkanen, T., ... & Arslan, A. N. (2018). Networked Web-Cameras Monitor Congruent Seasonal Development of Birches with Phenological Field Observations. *Agricultural and forest meteorology, 249*, 335-347.

Piao, S., Liu, Q., Chen, A., Janssens, I. A., Fu, Y., Dai, J., ... & Zhu, X. (2019). Plant Phenology and Global Climate Change: Current Progresses and Challenges. *Global change biology, 25*(6), 1922-1940

Şahin, C., Kaytanlıoğlu, E. H. T., Fakir, H., & Özkan, U. (2023). Evolution of Autumn Leaf Coloration of Torminalis glaberrima Grown in Isparta, Türkiye. *Coğrafya Dergisi*, (47), 101-108.

Şahin, C.K. & Onay, B. (2023). Changing Colors of Leaves: Autumn Coloration of Broadleaf Trees and Shrubs, In: Landscape Research III, Ö. Demirel & E. Düzgüneş (editors), pp.21-30, Livre de Lyon, Lyon France (ISBN: 978-2-38236-585-4)

Şahin, C. K., Onay, B., & Rahimbayli, S. (2024). Autumn Color Determination of European Cranberrybush (Viburnum opulus L.). *European Journal of Science and Technology*, (53), 78-83.Tóth, V. R. (2025). Photosynthetic traits of Phragmites australis along an ecological gradient and developmental stages. *Frontiers in Plant Science*, *15*, 1476142.

Walton, A., Stes, E., Cybulski, N., Van Bel, M., Iñigo, S., Durand, A. N., ... & Gevaert, K. (2016). It's Time for Some "Site"-Seeing: Novel Tools to Monitor the Ubiquitin Landscape in Arabidopsis Thaliana. *The Plant Cell*, *28*(1), 6-16.

Tarakci-Eren, E., & Duzenli, T. (2017). Determination of the Visual Preference Levels and Perceptual Differences in the Appearance of Certain Taxa in Different Seasons. *Fresenius Environmental Bulletin, 26*(12A), 8304-8315.

Zhang, X., Goldberg, M. D., & Yu, Y. (2012). Prototype for Monitoring and Forecasting Fall Foliage Coloration in Real Time From Satellite Data. *Agricultural and Forest Meteorology*, *158*, 21-29.

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp.483-503
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1568256

Computer-Aided Modeling In Parametric Landscape Design*

Parametrik Peyzaj Tasarımında Bilgisayar Destekli Modelleme

Fazilet MUHAMMED ÇOLAK[1], Ayça Yeşim ÇAĞLAYAN[2]

Abstract

In this study, the possibilities of using parametric design in landscape architecture are examined through the design process and design elements. Three different computer-aided design programs, which play an important role in parametric design, were compared and the more advantageous program for parametric design was selected. Examples designed using parametric design approach and design principles are examined and the use of parametric design in landscape architecture is emphasized. At the end of the study, the application of parametric design in landscape design is discussed on the basis of problem-solution and form-logic relationships.

Keywords: Parametric Landscape Design, Design Process, Computer Aided Modeling

Özet

Bu çalışmada parametrik tasarımın peyzaj mimarlığındaki kullanım olanakları tasarım süreci ve tasarım öğeleri üzerinden incelenmiştir. Parametrik tasarımda önemli rol oynayan bilgisayar destekli tasarım araçlarından üç farklı program karşılaştırılarak, parametrik tasarım için daha avantajlı olan program seçilmiştir. Parametrik tasarım yaklaşımı ve tasarım ilkeleri kullanılarak tasarlanmış örnekler incelenmiş ve bu hususlarda parametrik tasarımın peyzaj mimarlığındaki kullanımı vurgulanmıştır. Çalışmanın sonunda, parametrik tasarımın peyzaj tasarımında uygulanma şekli, problem-çözüm ve form-mantık ilişkileri temelinde tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Parametrik Peyzaj Tasarımı, Tasarım Süreci, Bilgisayar Destekli Modelleme

Received: 16.10.2024, Revised: 15.11.2024, Accepted: 26.11.2024
Address: [1]Department of Landscape Architecture, Institute of Graduate Studies, İstanbul University-Cerrahpaşa, İstanbul.
E-mail: fazilet0513@gmail.com
[2] Department of Landscape Architecture, İstanbul University-Cerrahpaşa, İstanbul.
E-mail: ayesim@iuc.edu.tr
*This study is prepared based on the Master's thesis of first author at, titled "Computer-Aided Modeling in Parametric Landscape Design".

1. Introduction

Landscape architecture is a discipline aimed at regulating interactions between the natural environment and human beings by creating aesthetically pleasing and functional spaces. The design process in this field is often complex, involving consideration of various and variable parameters. In recent years, parametric design has become increasingly prevalent as a method to alleviate the challenges in landscape architecture design processes. This approach offers a framework where design parameters can be flexibly adjusted, diverse design options can be rapidly generated, and environmental sensitivities can be maintained.

The parametric design approach is a design methodology based on determining design parameters, defining their relationships, and automatically generating designs based on these parameters. In this approach, the design process begins with designers creating a parameter model, where they input values for a set of variables and define their relationships. These parameters can include various features such as dimensions, material selection, geometry, tolerances, and more. Once the parameters are set, the parameter model is run through software that automatically generates the design. This software recalculates the design based on the values of the specified parameters, and altering each parameter results in a change throughout the entire design.

Today, parametric design technology has become widely used in landscape architecture, paralleled by the growing importance of computer-aided design software. The use of design programs like Rhino based on Grasshopper provides several advantages over traditional design, allowing for efficient selection of structural forms through different parametric variations, facilitating detailed component data for analysis, and enhancing interdisciplinary communication efficiency.

The aim of this study is to explore the possibilities of using parametric design tools in landscape architecture. By examining the features and capabilities of computer-aided modeling tools in parametric landscape design, the study seeks to identify a more suitable tool for parametric design. The objective is to apply parametric landscape design principles to a proposed area using these tools. The use of parametric design in landscape architecture will be examined based on criteria such as problem-objective in design, type of design service, and the application of parametric design thinking in design stages. This will elucidate the effects of parametric design on the landscape design process and its impact on landscape design elements.

Computer-aided design/modeling tools play a crucial role in parametric design. They enhance efficiency and flexibility in the design process, allowing for rapid modifications and adaptations. The study will compare three different design tools based on various considerations, aiming to select the most advantageous tool for parametric design.

1.1. Elements Constituting the Parametric Design Process

Sevgi (2013) defined the formation process of parametric design with four components: initial conditions and parameters, methods for generating variables (output, product), generation mechanism (rules, algorithms), and the selection of the optimal variable. The parametric design process continues with the production of variables within the framework of rules and algorithms, where the initial conditions and parameters specified by the designer are interrelated. In this process, the most suitable variables are selected to form the design object (Sevgi, 2013).

The elements constituting the parametric design process are as follows (Sevgi, 2013):

Initial conditions and parameters (Inputs): These are variables that form the starting point of the design and are used throughout the design process.

Methods for generating variables (Output, Product): These enable the determination of variables to be used in the design process, based on the initial conditions and parameters.

Generation mechanism (Rules, Algorithms): This expresses the relationships and dependencies among variables through rules and algorithms.

1.2. Algorithm of Parametric Design Model

The creation of a parametric design model in landscape architecture involves three stages:

Definition of Parameters Based on Data: For instance, Hammad (2020) outlined various parameters for the design of a pocket park, including dimensions/scale, area selection, accessibility, function, park boundary, location type, terrain, plant cover, etc. Adjustable data in park design. Additionally, Hammad (2020) compiled the quantitative standards of the design as a database for defining design rules. Different data is collected for different landscape designs, and desired parameters can be established.

Determination of Design Rules: The most crucial aspect of parametric design is the determination of rules. A specific design algorithm is conceived for a design and transferred to computer-aided programs. This requires a thorough understanding of computer-aided modeling tools by the designer.

Attainment of Design Results: In parametric design, diverse and quickly obtainable results are expected. The outcome represents the success of both human cognition and computer algorithmic calculations.

In summary, parametric design in landscape architecture consists of the following stages: Identification of initial conditions and parameters; Generation of variables defined by the designer through rules; Optimization of output and output product.

1.3. Principles of Parametricism / Parametric Design

The term "Parametricism" is used to describe an approach in design and architecture. This approach refers to designs created through the use of computer-aided design and production technologies to shape and produce complex geometries and structures. The term "Parametricism" was introduced by Patrick Schumacher of Zaha Hadid Architects in 2008. Schumacher promoted this approach to enhance the use of computer-aided production technologies in architectural design, allowing designs to achieve a level of complexity in geometries that was previously unattainable. Parametricism also enables design to be modeled and modified through mathematical formulas and parameters.

Schumacher asserts that parametricism emerged from the creative development of parametric design systems aimed at explaining the workings of complex social processes and institutions (Schumacher, 2009). According to Patrick Schumacher, parametricism is the most important movement following modernism. As with every movement, Patrick Schumacher defines principles that should be followed and elements that should be avoided in parametricism. Schumacher outlined these principles at different times, particularly in the 2008 publication "Parametricism as Style - The Parametricist Manifesto," the 2009 publication "Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design," and the 2011 book "The Autopoiesis of Architecture." These principles are organized into two categories: affirmations (dogmas) and rejections (taboos).

In recent studies, the principles proposed in the Parametricist Manifesto have been grouped under common headings by gathering similar conditions together, thereby defining key characteristics to look for in designs. In a study by Oktan (2015), the affirmations and rejections deemed necessary for evaluating parametric designs within the context of the "Parametricist Manifesto" are organized as shown in Table 1 below (Table 1).

Table 1. Affirmations / rejections formulated within the context of the "parametricist manifesto".

	Principles of the Parametricist Manifesto	**Formulated Principles**
Dogmas	▪ Articulation ▪ Interconnection of all systems	**Interrelation**
	▪ Hybridization ▪ Morphing ▪ Deformation ▪ Systematic bending and interconnection ▪ Differentiation of all systems within certain rules	**Differentiation of form**
	▪ Variation and repetition of the same unit ▪ Repetition with variation in different proportions	**Differentiated repetition**
	▪ Use of NURBS ▪ Use of splines (curved lines)	**Curvilinearity**
	▪ Use of coding ▪ Parametric processing of all forms	**Parametric design**
	▪ Decontextualization	**Universality**
Taboos	▪ Conventional typologies ▪ Platonic forms ▪ Sharp edges ▪ Straight lines ▪ Right angles and corners ▪ Rigid geometric shapes like squares, triangles, and circles ▪ Rigid forms	**Euclidean forms**
	▪ Lack of interrelation ▪ Juxtaposition of unrelated sub-parts and systems ▪ Unrelated individual parts ▪ Unrelated sub-parts	**Lack of interrelation**
	▪ Simple repetition of the same unit ▪ Simple repetition of parts ▪ Simple repetition of sub-parts	**Simple repetition**

2. Material and Method

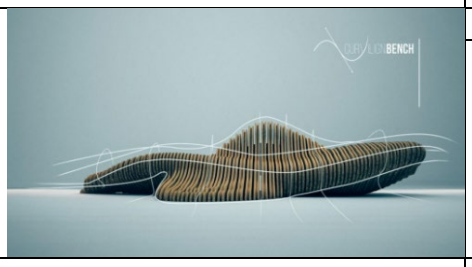
2.1. Material

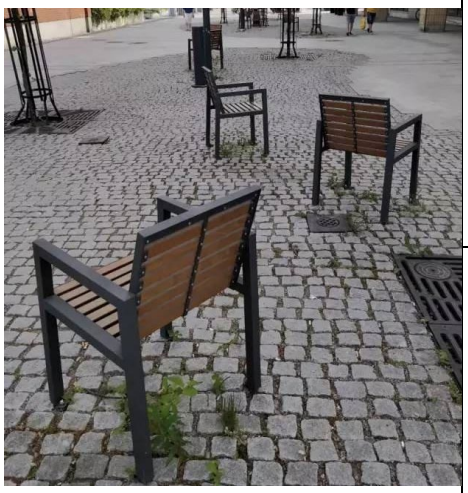
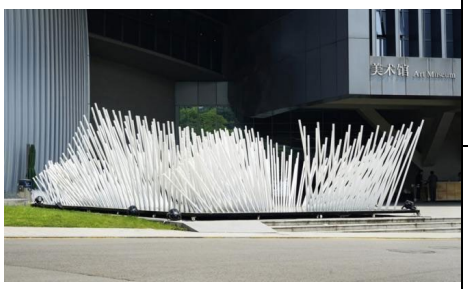
In the scope of this study, an initial literature review was conducted to investigate fundamental information that could be utilized in the research. Among these fundamental pieces of information are the concept of parametric design, elements constituting the parametric design process, parametric design principles, landscape design process and elements, the concept of computer-aided design, and modeling tools. In the subsequent stages, the application of the parametric design approach and the use of parametric design principles in landscape design were elucidated by examining examples of landscape design where parametric design principles were employed. Concurrently, a comparison of computer-aided modeling tools was carried out to highlight the advantages and disadvantages of programs deemed suitable for parametric design. The cited landscape examples in the research encompass fifteen cases, namely Curvilign Bench(Anonymous, 2015), LightPRO Shell Pavilion(Pintos, 2022), Urbach Tower(ICD/ITKE, 2019), Please Be Seated (Paul Cocksedge Studio, 2021), Stadel Museum(Gooood, 2014), Light Wall House (EcoLogic Studio, 2012), Bench Layout(Anonymous, 2023), Roche Campus Kaiseraugst (Bryum, 2019), Parametric Space Installation(Gooood, 2016), Children's Playground(L&A Design, 2020), The South Park(Fletch Studio, 2017), Keio University(MDP, 2012), Sony Forest(Groundhog, 2012), Edaphic Effects(Groundhog, 2011), and MAX IV Laboratory Landscape(Groundhog, 2016).

The cited landscape examples in the research encompass fifteen cases, namely Curvilign Bench(Anonymous, 2015), LightPRO Shell Pavilion(Pintos, 2022), Urbach Tower(ICD/ITKE, 2019), Please Be Seated (Paul Cocksedge Studio, 2021), Stadel Museum(Gooood, 2014), Light Wall House (EcoLogic Studio, 2012), Bench Layout(Anonymous, 2023), Roche Campus Kaiseraugst (Bryum, 2019), Parametric Space Installation(Gooood, 2016), Children's Playground(L&A Design, 2020), The South Park(Fletch Studio, 2017), Keio University(MDP, 2012), Sony Forest(Groundhog, 2012), Edaphic Effects(Groundhog, 2011), and MAX IV Laboratory Landscape(Groundhog, 2016). The classification of landscape design examples is made under three headings: space(scenario) creation, object design, and technical design (Table 2).

Various examples falling under these categories, such as recreational areas, parks, sports and play areas, tourism and leisure facilities, urban and rural development areas, urban pedestrian areas, and squares, were considered(Yarcı and Malkoç, 2011).

Table 2. Landscape design service type of the study samples.

Study Samples	Type of Design Service	Category	İmages	Year and Location
Curvilign Bench	Object Design	Structural design - Reinforcement design		2015 Uncertain
LightPRO Shell Pavilion	Object Design	Structural design - Landscape Structure		2021 Germany
Urbach Tower	Object Design, Technical Design	Structural design - Landscape Structure		2019 Germany
Please Be Seated	Object Design	Structural design - Reinforcement design		2019 London/ UK
Stadel Museum	Object Design, Technical Design	Structural design - Ceiling design, Landscape design, Natural illumination		2012 Germany

LightWall House	Object Design, Technical Design	Structural design - Wall design, Natural illumination		2012 Turin/ Italy
Bench Layout	Space Design	Bench Layout		Uncertain Finland
Roche Campus Kaiseraugst	Object Design, Space Design, Technical Design	Structural design - Pavement design Planting design, Natural irrigation		2018 Switzerland
Parametric Space Installation	Object Design, Technical Design	Structural design - Reinforcement Design		2016 Nanjing/ China
Children's Playground	Object Design, Space Design	Structural design - Playground Design		2020 Guangzho/ China

The South Park	Space Design	Scenario creation		2017 San Francisco/ USA
Keio University	Space Design, Technical Design	Scenario creation, Planting design, Pavement design		2012 Tokyo/ Japan
Sony Forest	Space Design, Planting design	Scenario creation, Planting design		2012 Tokyo/ Japan
Edaphic Effects	Technical Design	Edaphic effects, Irrigation system		2011 Philadelphia /USA
MAX IV Laboratory Landscape	Space Design, Technical Design	Scenario creation, Surface flow management		2016 Lund/ Sweden

(**Note:** The images in this table are taken from sources Anonymous, 2015; Pintos, 2022; ICD/ITKE, 2019; Paul Cocksedge Studio, 2021; Gooood, 2014; EcoLogic Studio, 2012; Anonymous, 2023; Bryum, 2019; Gooood, 2016; L&A Design, 2020; Fletch Studio, 2017; MDP, 2012; Groundhog, 2012; Groundhog, 2011; Groundhog, 2016.)

According to current design examples, parametric design encompasses object design services such as bank design, pavilion design, tower design, seating group design, ceiling

window design, wall design, flooring design, and installation design. Technical design services include natural lighting, bench placement, landscaping, natural irrigation, and surface flow management techniques. In spatial design, it covers the creation of green open spaces, scenario development, and playground design.

2.2. Method

Before evaluating landscape design examples in the context of parametric design principles, it is essential to examine the relationships between landscape design principles and parametric design principles. Landscape design principles encompass concepts such as harmony, contrast, dominance, balance, emphasis, focus, rhythm, repetition, hierarchy, and unity. Parametric design principles include assumptions, reductions, and sometimes, these principles overlap with landscape design principles.

The fundamental design elements in landscape architecture include color, texture, scale, form, and line. The use of these elements in the examined examples is analyzed, marking the elements incorporated with a "√" and those not considered with a "-" sign.

Key elements in the formation process of parametric design, such as initial conditions and parameters (inputs), generative mechanisms (rules, algorithms), and conditional control variables (output, product), were considered in the study. These elements were treated as a cyclic process, and the first three stages were analyzed accordingly.

The study explores the relationship between problem-solving and form-logic in landscape design. It emphasizes that form and logic are integral to the design process, where the problem defines the starting point. The study evaluates how these elements influence each other during the design process.

The study also assesses the file formats supported by each CAM tool since this is crucial for ensuring the compatibility of design files. The usability of CAM tools is a significant factor in the design process. A user-friendly interface ensures that the tools are easy to use, contributing to the efficiency of designers during the design process.

The study examines whether the parametric modeling program used is Rhino and Grasshopper. If the program used is not specified, the study assesses whether similar processes can be carried out using Rhino and Grasshopper.

The purpose of comparing computer-aided modeling (CAM) tools is to understand how different tools meet diverse design needs and to evaluate and select the best option. CAM tools are commonly used to expedite the design process, reduce costs, and facilitate the accurate and efficient production of designs. The selected CAM tools for comparison are

AutoCAD, SketchUp, and Rhino. The comparison includes three key aspects These are features and capabilities, supported file formats and ease of use. First section evaluates the different features and capabilities offered by each CAM tool, including aspects such as view area, display mode, rendering capabilities (material, shading, lighting), layers, basic settings, geometry tools, editing tools, layout, and development.

3. Results and Discussion

The discussion will cover the type of landscape design service, the utilization of fundamental design elements, principles of parametric design, and design stages. Additionally, the examples' problems and solutions, design form, creation logic, and the computer-aided modeling tools used in the design process will be addressed. The features of commonly used tools in landscape architecture, namely AutoCAD, SketchUp, and Rhinoceros, will be examined to select a more suitable tool for parametric design.

3.1. Compliance of Study Samples with Landscape Basic Design Elements and Parametric Design Principles

The use of landscape basic design elements in the study examples is shown in the table below (Table 3). The least used of these is colour and the most used is size.

According to Schumacher (2011), parametrisism is the groundbreaking movement after modernism. Just as each movement has its own characteristics, Schumacher has determined principles that should be followed and avoided in parametrisism. These principles are expected to be taken into consideration in the parametric design of landscape elements. Among the study examples, the bank settlement example and the Sony Forest example draw attention by not complying with any principles.

Table 3. Use of landscape basic design elements in the study samples and compliance of study samples with parametric design principles.

Code	Study Samples	Basic Design Elements					Compliance Parameter Design Pirinciples								
							Dogmas					Taboos			
		Colour	Texture	Size	Form	Line	Interrelation	Differentiation of form	Differentiated repetition	Curvilinearity	Parametric design	Universality	Euclidean forms	Lack of interrelation	Simple repetition
1	**Curvilign Bench**	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

2	**LightPRO Shell Pavilion**	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
3	**Urbach Tower**	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
4	**Please Be Seated**	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
5	**Stadel Museum**	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
6	**LightWall House**	-	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√	-	√	√
7	**Bench Layout**	-	-	√	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	**Roche Campus Kaiseraugst**	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
9	**Parametric Space Installation**	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√
10	**Children's Playground**	√	√	√	√	√	√	-	√	√	√	√	-	√	-
11	**The South Park**	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
12	**Keio University**	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
13	**Sony Forest**	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	**Edaphic Effects**	-	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√
15	**MAX IV Laboratory Landscape**	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

3.2. Use of the Study Sample in the Parametric Design Process (Table 4)

Table 4. Parametric design utilisation analysis of study samples.

Study Samples	Initial conditions and parameters (Inputs)	Generation mechanism (Rules, Algorithms)	Conditional control variables (Output, Product)
Curvilign Bench	The general form created with curves.	1. Placing points at equal intervals along the curves; 2. Creating surfaces with points and curves.	1. Ensuring the smoothness of curves (linear optimization); 2. Material thickness.
LightPRO Shell Pavilion	The general form created with curves.	1. Placing points at equal intervals along the curves; 2. Creating surfaces with points and curves.	Ensuring the smoothness of curves (linear optimization).
Urbach Tower	Wooden piece.	The appropriate calculation and assembly form.	The maximum slope of the wood, the diameter of the tower.
Please Be Seated	The general form created with curves.	1. Placing points at equal intervals along the curves; 2. Creating surfaces with points and curves.	Ensuring the smoothness of curves (linear optimization).
Stadel Museum	Sunlight.	1. Placing points at equal intervals along the curves; 2. Creating surfaces with points and curves.	Ensuring the smoothness of curves (linear optimization).
LightWall House	Wall Opening Unit.	The appropriate use of the rule.	Light direction.

Bench Layout	The desired number of benches and space limit.	Taking into consideration the principle that both lines passing through seating points in the area are not parallel, randomly distributed seating points and orientations are obtained.	The distribution range of bench placement points.
Roche Campus Kaiseraugst	Pedestrian flow, seating areas, and types of existing plants.	Leaving gaps in ground covering based on plant types and the law of plant growth.	Arrangement of plants of different types, pavement form.
Parametric Space Installation	The number and location of "wheat".	The appropriate use of the rule.	The direction of curvature of the "wheat".
Children's Playground	Boundary line of the area versus.	The appropriate use of the rule.	Form size and slope degrees.
The South Park	The value of data collected from the surroundings.	Multi-stage appropriate rules.	The optimization of road curves.
Keio University	Paver depth, dimensions, plant palette, etc.	The appropriate use of the rule.	An empirical ground covering form.
Sony Forest	The type of plants, etc.	The appropriate use of the rule.	Scattering seed points.
Edaphic Effects	Curves drawn based on the terrain slope.	Calculating surface water flow by finding the highest and shortest points within a unit "diamond".	The dimensions of the unit "diamond".
MAX IV Laboratory Landscape	A series of geometric projections extending tangentially from the outer ring of the laboratory building and intersecting.	Erecting peaks on units formed by intersecting lines.	The dimensions of unit peaks.

3.3. Problem-Solution, Form-Logic Relationships in Parametric Landscape Design

The following conclusions were obtained from the case studies in the relations of problem-solution, form-logic. The form-logic relationship is summarised in two types according to problem-solution differences (Table 5).

Table 5. Analysis of problem-solution, form-logic relationships of study samples.

Study Samples	Problem-Solution	Form-Logic
Curvilign Bench	Creating a parametric furniture design inspired by the depths of the ocean, where form takes shape, and fluidity is synthesized; The form is observed to resemble a whale shark.	Pursuit of modeling logic with the goal of finding form, starting from bionics.
		Seeking logic from form
LightPRO Shell Pavilion	Creating a sustainable architectural example for the future by incorporating the use of alternative sustainable materials and presenting innovative approaches in structural applications.	Pursuit of modeling logic with the goal of finding form.
		Seeking logic from form
Urbach Tower	A tower design incorporating aesthetic and sustainable features.	Pursuit of modeling logic with the goal of finding form.

		Data analysis in a computer environment.
		Seeking logic from form
Please Be Seated	Enriching the atmosphere of the square by bringing together art, functionality, and interaction, enhancing the overall experience of the space.	Pursuit of modeling logic with the goal of finding form.
		Seeking logic from form
Stadel Museum	Enhancing natural light to create an airy and accessible interior, constructing a building in accordance with the principles of environmental sustainability, and promoting cultural interaction. Simultaneously, aiming to strengthen the museum's identity through green roof and garden design.	Finding form through problem-solving logic.
		The search for form from logic.
LightWall House	The aim is to enhance indoor comfort and energy efficiency with a specially designed wall solution, considering sunlight, light, and privacy conditions.	Finding form through problem-solving logic.
		The search for form from logic.
Bench Layout	To prevent discomfort, individuals seeking relaxation in open spaces avoid making eye contact with strangers.	Starting with problem-solving logic and using parametric design tools to find placement points.
		The search for form from logic.
Roche Campus Kaiseraugst	Creating a vital habitat for flora and fauna in this green area, enhancing the ecological sustainability of a large corporate facility, while providing employees and visitors with a clean, green, and appealing environment.	Starting with problem-solving logic and using parametric design tools to find placement points.
		The search for form from logic.
Parametric Space Installation	Utilizing parametric techniques to recreate natural phenomena, providing people with a fun and interactive spatial experience, and drawing attention to the natural environment through digital forms to offer “landscape representation” and “landscape narration”.	Pursuit of modeling logic with the goal of finding form.
		Seeking logic from form
Children's Playground	A multifunctional children's play area that combines entertainment and education.	Pursuit of modeling logic with the goal of finding form.
		Seeking logic from form
The South Park	Creating an efficient space by parameterizing data collected from the environment.	Finding form through problem-solving logic.
		The search for form from logic.
Keio University	The request for a tightly bounded and highly sculpted rooftop garden aims to create a space showcasing rich diversity and dynamism, characteristic of a traditional Japanese garden.	Finding form through problem-solving logic.
		The search for form from logic.
Sony Forest	Scattering seeds with consideration for the laws of plant growth.	Finding form through problem-solving logic.
		The search for form from logic.
Edaphic Effects	Generating infiltration infrastructure on-site with parametric models. This project aimed to demonstrate the potential of "incremental	Finding form through problem-solving logic.

	infrastructures" to improve Philadelphia's stormwater infrastructure. To achieve this, a dispersed geotextile network has been proposed as a means of increasing water retention in vacant lands.	**The search for form from logic.**
MAX IV Laboratory Landscape	The measurements taken from sensitive laboratory instruments were affected by external vibrations originating from the nearby highway. The flat topography of the area allowed surface vibrations to move freely. Therefore, one of the fundamental objectives of the design was to maximize the surface area of the landscape through undulating topography, which would better distribute vibrations that could impede the laboratory's operation. Additionally, some ancillary benefits, such as managing surface runoff, can also be achieved through such topography.	Finding form through problem-solving logic.
		The search for form from logic.

3.4. Use of Computer Aided Modelling Tools in Study Samples

Table 6. Use of computer aided modelling tools in study samples.

Study Samples	Used Programs	Available Programs
Curvilign Bench	Rhino & Grasshopper	
LightPRO Shell Pavilion	Uncertain	Rhino & Grasshopper
Urbach Tower	Uncertain	Rhino & Grasshopper
Please Be Seated	Uncertain	Rhino & Grasshopper
Stadel Museum	Uncertain	Rhino & Grasshopper
LightWall House	Bentley Generative Components	Rhino & Grasshopper
Bench Layout	Uncertain	Rhino & Grasshopper
Roche Campus Kaiseraugst	Uncertain	Rhino & Grasshopper
Parametric Space Installation	Rhino & Grasshopper	
Children's Playground	Uncertain	Rhino & Grasshopper
The South Park	Rhino & Grasshopper	
Keio University	Rhino & Grasshopper	
Sony Forest	Rhino & Grasshopper	
Edaphic Effects	Rhino & Grasshopper	
MAX IV Laboratory Landscape	Rhino & Grasshopper	

The result of the comparison of computer aided modelling tools in parametric design, as reflected in table 6 and table 7, shows that the Rhino programme is more advantageous in most features (Table 6 and Table 7). The multi-command nature of the viewport means that the navigation movement towards the inspection of the model is more independent and multi-directional. The multi-command display mode diversified the visual appearance of the model. It is seen that Rhino programme has more advantages than other programmes in rendering. The fact that the rendering command has various and multiple settings contributes to the model visuals to be more realistic. It is seen that the layers and basic settings are at an intermediate level. It is seen to be very advantageous in supported file formats and geometry

settings. In the development programmes, the contribution of grasshopper software has made Rhino programme the biggest advantage.

Table 7. Comparison of modelling tools.

		AutoCAD	Sketch Up	Rhino&Grasshopper
views		Few commands	Mid-number command	Multi command
Display Mode		Few commands	Mid-number command	Multi command
Render	**Material**	non-existent	existence	existence
	Shadowing	non-existent	existence	existence
	Light	non-existent	non-existent	existence
	Render	non-existent	Render added	Own rendering available; Render added
Layers		Multi command	Few commands	Mid-number command
Basic Interfaces		existence	existence	existence
Geometry	**Contrution planes+Vector**	non-existent	non-existent	existence
	Creation settings	Few commands	Mid-number command	Multi command
	Edit settings	Mid-number command	Mid-number command	Multi command
	Attributes	Detailed	Less detailed	Medium detailed
	Select	Varied settings	Simple setting	Diverse Command
	Group	existence	existence	existence
	measure	Mid-number command	Few commands	Multi command
	Object Snap	existence	non-existent	existence
	Layout	existence	non-existent	existence
Development Programmes		Few varieties	non-existent	Wide variety
File Formats Supported		few	middle	a lot

4. Results

4.1. The Use of Parametric Design in Landscape Architecture

In the landscape design process, the analysis stage and the design stage are generally iterative. The transition to the modification and improvement stage occurs based on the user's (client) feedback during evaluation. In traditional design, these processes are subject to longer time costs, but in parametric design, obtaining various results has become an instantaneous operation, as reflected in Table 8 (Table 8). Parametric design is not universally applicable at every stage of the landscape design process, despite the advantages offered by computer-aided design; efforts from designers or users are still necessary. As expressed by Fletcher (2018; cited in Groundhog), 'Memory, experience, emotion, and humor are parameters that cannot yet be placed within a parametric definition.'

Designers may encounter limitations in determining every desired piece of information in the parametric modeling process, and similarly, users may not be able to fully express aesthetic values and emotional responses through computer algorithms.

Landscape elements can be designed in various ways using the parametric design method. For instance, details such as plant selections, garden designs, seating areas, outdoor activities, and landscape features can be designed using parametric models and algorithms.

One of the significant advantages of parametric design is its provision of flexibility and speed in the design process. Parameters and variables allow for the rapid exploration and optimization of different scenarios in the design. Additionally, this design method can contribute to better design quality, increased innovation and diversity, and improved functionality.

The use of parametric design for landscape elements can make the design process more efficient, effective, and creative. Furthermore, the outcomes of parametric design can assist in producing more sustainable, environmentally friendly, and innovative designs in the landscape field. The application of parametric design to landscape elements enhances the aesthetic value of the design.

Table 8. Parameterization possibilities in the landscape design process.

Design Process	Work Stages	Criteria Leading to the Result	Result
Research and Analysis Phase	Defining the Problem	The user's expectations from the design of the space or the negative effects that are desired to be eliminated.	Non-parameterizable
	Determination of Existing Conditions	Determination of existing conditions, determination of user requirements, collection of general information.	Parameterizable
	Field Analysis	Determination of design parameters and rules by the designer.	Parameterizable
Design Phase	Event List		
	Synthesis	Creation of the design model by the designer using modeling tools.	Parameterizable
	Create a scenario	The first model created by the designer.	Parameterizable
	Creating Design Options	Producing multiple options by diversifying the scenarios created by the designer according to different elements.	Parameterizable

	Evaluating Options	Quantitative evaluation of the created model.	Parameterizable
		Evaluation of aesthetics and abstract.	Non-parameterizable
	Choosing a Product	Choosing the most suitable product according to the result of the assessment.	Parameterizable
Development Phase	Structural Design	Continue the object design service on the script.	Parameterizable
	Planting Design	To continue the planting service on the scenario.	Parameterizable
	Detail Design	Elaboration of the final design obtained, development of the irrigation system and lighting system.	Parameterizable
Application		Landscape construction.	-

4.2. Computer-Aided Design Tools in Parametric Landscape Design

Computer-aided modeling tools play a crucial role in the advancement of parametric landscape design. Parametric design is an approach where parameters and relationships are expressed through mathematical or algorithmic models during the design process. Computer-aided modeling tools are essential in facilitating this process and offer several advantages that enhance both the design and its outcomes.

One of the primary benefits of parametric modeling is its ability to enable rapid iteration and adaptation. By adjusting various parameters, designers can quickly explore and evaluate different design alternatives, which results in a more efficient design process. This flexibility not only accelerates decision-making but also fosters a deeper understanding of the relationships between different elements within the design.

Parametric modeling is also crucial for managing complexity in landscape design. Landscapes often consist of intricate relationships between environmental, structural, and aesthetic components. By utilizing parametric tools, these complex relationships can be broken down into manageable, understandable parts. This allows designers to navigate and manipulate the design more effectively, ensuring that all elements work harmoniously.

Moreover, computer-aided parametric tools enhance the analysis of environmental impacts. In landscape design, environmental factors such as sunlight, wind direction, and topography play a significant role in determining the success and sustainability of a project. Parametric models allow for detailed analysis and optimization of these factors, enabling designs that are more environmentally sensitive and perform better under various conditions.

Data-driven decision-making is another advantage provided by parametric modeling. By integrating data from sources such as geographic information systems (GIS) and other measurements, designers can base their decisions on quantitative data. This approach ensures

that the design is grounded in measurable parameters, leading to more accurate and informed design choices.

In addition to functional benefits, parametric modeling tools also contribute to the aesthetic and visualization aspects of landscape design. The ability to create complex forms and patterns with ease enhances the aesthetic richness of a design. Furthermore, 3D visualizations and animations generated through these tools provide designers and stakeholders with a clearer understanding of the final product, improving communication and decision-making.

Optimization is another critical role of parametric modeling in landscape design. By applying optimization techniques, designers can ensure that the design meets specific performance goals, such as water management, energy efficiency, or ecological sustainability. The use of parametric tools makes it easier to test various scenarios and optimize design parameters accordingly.

Finally, collaboration and communication within design teams are greatly enhanced through parametric modeling tools. Virtual environments enable designers to share and understand different aspects of the design in real time, facilitating more effective teamwork and clearer communication of design ideas.

In conclusion, computer-aided modeling tools play a pivotal role in the advancement of parametric landscape design. These tools contribute to more efficient, complex, data-driven, and environmentally sensitive designs while improving collaboration and optimization efforts. As parametric landscape design continues to evolve, the use of these tools will remain essential for pushing the boundaries of creativity and functionality in the field.

Acknowledgment

This study is derived from the Master's thesis titled "Computer-Aided Modeling in Parametric Landscape Design," prepared within the scope of the Landscape Architecture Master's Program at Istanbul University-Cerrahpaşa Institute of Graduate Studies. We extend our gratitude to the Istanbul University-Cerrahpaşa Institute of Graduate Studies for their support in the preparation of this study.

References

Anonymous, (2015). Curvilign bench, https://www.behance.net/gallery/26086063/Parametric-design-curvilign-bench. Accessed:22.6.2023.

Anonymous, (2023). Bank settlement, https://zhuanlan.zhihu.com/p/388555362. Accessed: 31.7.2023.

Bryum, (2019). Landeine International Landscape Award, Roche Campus Kaiseraugst by Bryum, https://landezine-award.com/roche-campus-kaiseraugst/Kampus. Accessed: 22.12.2022.

EcoLogic Studio, (2012). LightWall house, https://www.ecologicstudio.com/projects/lightwall-house , Accessed: 31.7.2023.

Fletch Studio, (2017). The parametric park, https://www.fletcher.studio/blog/2017/5/26/the-parametric-park. Accessed: 31.7.2023.

Fletcher, D. (2018). Cited in Groundhog, The south park, https://groundhog.la/projects/south-park. Accessed: 22.12.2022.

Gooood, (2014). Extension of Staedel Museum, https://www.gooood.cn/extension-of-staedel-museum.htm. Accessed: 31.7. 2023.

Gooood, (2016). Parametric space installation, https://www.gooood.cn/parametric-space-installation-nanjing-university-of-the-arts.htm. Accessed: 31.7.2023.

Groundhog, (2011). Edaphic effects, https://groundhog.la/projects/edaphic-effects/. Accessed: 31.7.2023.

Groundhog, (2012). Sony forest, https://groundhog.la/projects/sony-forest/. Accessed: 31.7.2023.

Groundhog, (2016). Max IV laboratory, https://groundhog.la/projects/max-iv-laboratory/. Accessed: 31.7.2023.

Hammad, A. (2020). “Developing A Parametric Design Tool as A Decision Support System For Designing Pocket Parks”. Master's Thesis, İstanbul Technical University, Institute of Science, İstanbul.

ICD/ITKE, (2019). University of Stuttgart, Urbach tower, https://www.itke.uni-stuttgart.de/research/built-projects/urbach-tower/. Accessed: 31.7.2023.

L&A Design, (2020). Aoya children's play area, https://www.aoya-hk.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=21&id=333. Accessed: 31.7.2023.

MDP Michel Desvigne Paysagiste, (2012). Keio University,

http://micheldesvignepaysagiste.com/en/keio-university. Accessed: 31.7.2023.

Oktan, M.S. (2015). “Parametric Design in the Context of the Parametricism Manifesto”. Master's Thesis, Karadeniz Technical University, Institute of Science.

Paul Cocksedge Studio, (2021). Please be seated, https://www.paulcocksedgestudio.com/please-be-seated-1-1 , Accessed: 31.7.2023.

Pintos, P. (2022). LightPRO Shell pavilion, https://www.archdaily.com/976846/lightpro-shell-pavilion-icd-itke-university-of-stuttgart. Accessed: 31.7.2023.

Schumacher, P. (2008). *Parametricism as Style – Parametricist Manifesto, 11th Architecture Biennale*, Dark Side Club, Venice.

Schumacher, P. (2009). *Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design*, Architectural Design / Digital Cities, 79, 4, 14-23.

Schumacher, P. (2011). *The Autopoiesis of Architecture, Volume I: A New Framework for Architecture*, Wiley, West Sussex, ISBN-10: 0470772980.

Sevgi, S.Y. (2013). “Design of Display Elements in Interior Architecture Using Digital Design and Production Techniques”. Master's Thesis, Istanbul Technical University, Institute of Social Sciences.

Yarcı, B. & Malkoç, E. (2011). Problems Encountered in Landscape Design Practices and Suggested Solutions, *ADÜ Faculty of Agriculture Journal*, *8*(1), 103- 108.

Düzce ÜniversitesiOrman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s.504-538
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1521433

Devlet Ormanlarındaki Yayla Alanlarının Yönetimi: Düzce Bölgesi Üzerine Hukuki Bir Analiz

Management of Highlands in State Forests: A Legal Analysis on Düzce Region

Hakan Yasin ÖZDEMİR[1], Yaşar Selman GÜLTEKİN[2]

Özet

Bu çalışmada, Orman Genel Müdürlüğü tarafından "Devlet Ormanlarındaki Yayla Alanlarının Tespiti ve İdaresi Hakkında Yönetmelik" ile kayıt altına alınan ve yönetim esasları belirlenen, Düzce'deki devlet ormanlarındaki yayla alanları, mevzuat çerçevesinde değerlendirilmiştir. Çalışmada, mevzuat analizi yöntemiyle Türkiye'deki yaylalara ilişkin mevzuat incelenmiş ve Düzce'deki yaylacılık uygulamaları değerlendirilmiştir. Sonuçlar, Düzce'deki yaylaların sürdürülebilir yönetimi için mevcut hukuki düzenlemelerin yetersiz olduğunu ve revize edilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu kapsamda, yayla ve otlak sınırlarının netleştirilmesi, taşınmazların kayıt altına alınması ve mevzuatın tek çatı altında toplanması, kaçak yapılaşmanın önlenmesi, kira ödeme sisteminin düzenlenmesi ve denetimlerin artırılması önerilmektedir. Ayrıca mirasçılara devir uygulamalarının standartlaştırılması, devletin yaylacılığı doğrudan desteklemesi, mevzuat gereği yıkılması gereken taşınmazların ormancılık, turizm, hayvancılık gibi amaçlarla kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Yaylaların sürdürülebilirliğini sağlamak için yasal düzenlemelerin gözden geçirilmesi ve daha etkili bir yönetim modeli oluşturulması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yayla yönetimi, Mevzuat analizi, Sürdürülebilir yaylacılık, Düzce yaylaları.

Abstract

In this study, the highland areas within state forests in Düzce, which have been officially registered and whose management principles have been defined by the "Regulation on the Identification and Administration of Highland Areas in State Forests" issued by the General Directorate of Forestry, are evaluated within the framework of relevant legislation.The legislation related to highlands in Turkey was examined through legislative analysis, and highland practices in Düzce were evaluated.The results indicate that the existing legal regulations are insufficient for the sustainable management of highlands in Düzce and need to be revised.In this context, it is recommended to clarify the boundaries of highlands and pastures, to register real assets, to consolidate legislation under a single framework, to prevent illegal development, to regulate the rent payment system, and to enhance monitoring.Additionally, it has been suggested to standardize inheritance transfer practices, to provide direct state support for highland activities, and to repurposeassets designated for demolition in accordance with legislation for forestry, tourism, and livestock purposes.To ensure the sustainability of highlands, it is recommended to revise legal regulations and establish a more effective management model.

Keywords: Highland management, Legal analysis, Sustainable highland management, Düzce highlands.

Geliş Tarihi:24.07.2024, Düzeltme Tarihi:10.10.2024, Kabul Tarihi:17.02.2025
Adres:[1]Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
[2]Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü
E-mail: hakanyasinozdemir@hotmail.com

1. Giriş

Yabani hayvanlar, mevsimsel beslenme gereksinimleri doğrultusunda farklı rakımlara göç etmektedir. İnsanlar da bu hareketliliğe uyum sağlayarak yaylacılığı benimsemiştir (Aşk, 1987). Yaylacılık, tarımın gelişmediği veya göçebe yaşamın hâkim olduğu dönemlerde hayvancılığı sürdürebilmek için yaylalara göç edilmesiyle başlamıştır (Akbaş ve Baykal, 2022).Bu süreçte, hayvanların otlatılması ve sürülerin korunması temel amaç olmuştur (Özdemir, 2017). Antik çağlardan itibaren Akdeniz ve Orta Doğu'da önemli bir yer edinen yaylacılık, Roma ve Antik Yunan dönemlerinde tarım ve hayvancılık için kritik bir faaliyet olmuştur. Orta Çağ'da Avrupa'da hayvancılık ve ticareti destekleyen yaylacılık, modernleşme süreciyle birlikte ticari bir boyut kazanmıştır (Daşçı ve Çomaklı, 2006; Dong, 2016; Zaman ve Birinci, 2012).

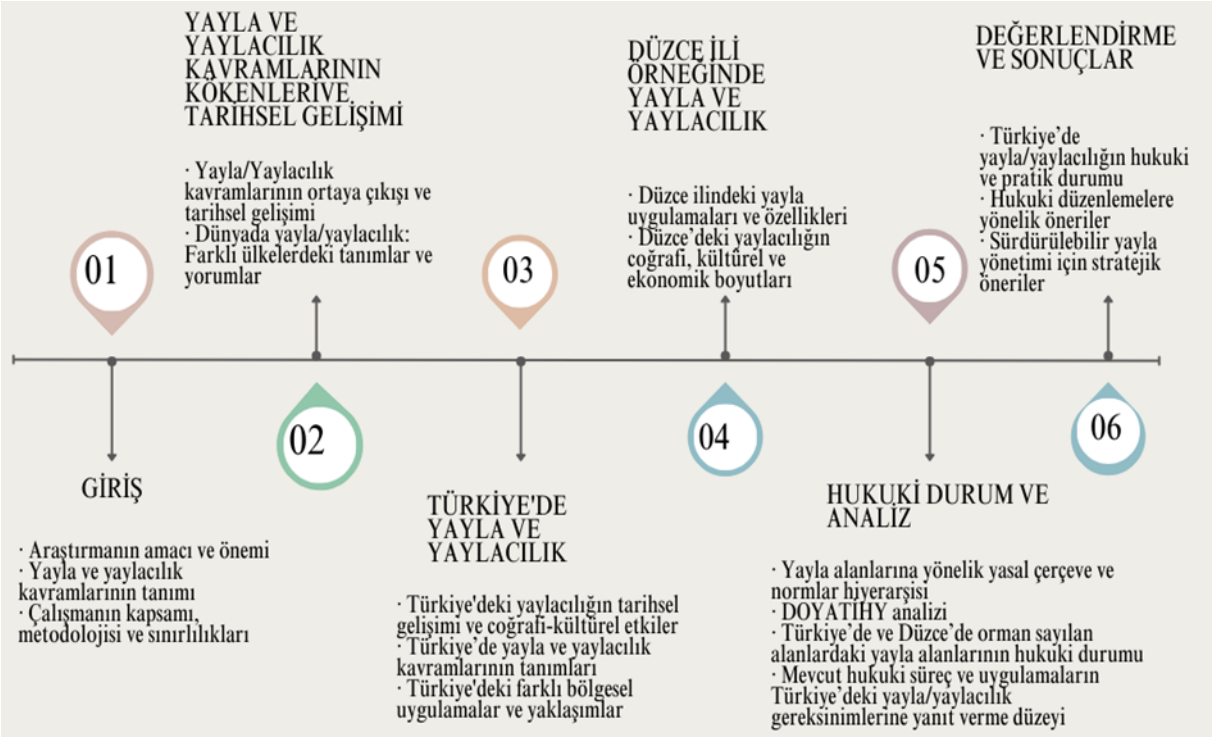
Meralar, çayır, yaylak ve kışlak terimleriyle anılmaktadır. Çayır ve meralar, otlatma (mera) veya biçme (çayır) amaçlı kullanılmaktadır (Albayrak, 2020). Yaylak ve kışlaklar, hayvanların mevsimsel olarak otlatıldığı veya barındırıldığı alanlardır (Resmî Gazete, 1998a). Yaylacılık, geçimini topraktan sağlayan grupların hayvanlarına ot sağlamak amacıyla yaylalara göç etmesidir (Dorji, 2020). Dünya ve Türkiye'de yaylacılık, genellikle göçebe hayvancılık olarak adlandırılmaktadır (Costello ve Svenson, 2018).Meraların korunması, hayvancılığın sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır (Miller, 1999).

Yaylalar, kültürel, ekonomik ve ekolojik açıdan önemli doğal kaynaklardır (Atmış, 1995). Yüksek rakımlı, doğal kaynaklarla zengin bu alanlar, sıcak havadan kaçış için cazip alanlardır (Gülpınar Sekban ve ark., 2018). Yaylalar, tarım ve hayvancılığa katkıda bulunurken, maden, orman ve su kaynakları sağlamakta ve turizm açısından iş imkânı yaratmaktadır (UNESCO, 2020; KTB, 2023). Biyolojik çeşitliliğin korunmasına olanak tanırken ekoturizm faaliyetlerine de imkân sunmaktadır (UNEP, 2004).

Türkiye'de yaylalar, doğal ve kültürel mirasın önemli bir parçasıdır. Ancak, hukuki belirsizlikler, kaçak yapılaşma ve çevresel tahribat gibi tehditlerle karşı karşıyadır (Şeremet ve ark., 2018). Yaylaların sürdürülebilir yönetimi için tarihsel ve doğal özelliklerine uygun planlanması ve denetlenmesi gerekmektedir (Güner ve Ertürk, 2005). 2013 tarihli "Devlet Ormanlarındaki Yayla Alanlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik" (DOYAİHY) kapsamında, yetki ve sorumluluk belirsizlikleri gibi çeşitli sorunlar yayla yönetimini zorlaştırmaktadır.

Bu çalışma, Türkiye'de yayla alanları yönetimine ilişkin hukuki çerçeveyi, temel yasaları, paydaş ilişkilerini ve yönetim süreçlerini analiz etmekte,6831 sayılı Orman

Kanunu'na dayalı olarak DOYAİHY'nin uygulanmasındaki yetersizlikleri ve Düzce ili özelindeki sorunları incelemektedir. Çalışmanın amacı, mevcut düzenlemeleri değerlendirerek çözüm odaklı öneriler geliştirmek ve paydaş ilişkilerini irdelemektir. Hukuki düzenlemelerin güncellenmesi gerekliliği vurgulanarak sürdürülebilir yayla yönetimi ve paydaş haklarının korunmasına yönelik öneriler sunulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmaya ilişkin akış diyagramı.

DOYATİHY kapsamında yapılan literatür incelemesinde, konuyla doğrudan veya dolaylı olarak ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Mevcut araştırmalar, yaylalarda mülkiyet sorunları, imar barışı kapsamındaki problemler, yayla yönetimi, ekoturizm ve yayla şenlikleri konularına odaklanmaktadır.

Bu çalışma, "Yayla ve Yaylacılık" mevzuatına dayanan ancak DOYATİHY ve hukuki süreçlerin sürdürülebilir yayla yönetimi açısından yeterliliğini kapsamlı bir şekilde değerlendiren ilk çalışma olma niteliği taşımaktadır. Literatürde yaylalar, genellikle belirli göstergelere dayalı olarak tanımlanmakla birlikte, kullanım amaçları, hukuki ve sosyoekonomik durumları ile fiziki ve beşerî özellikler dikkate alınarak farklı tanımlara tabi tutulmaktadır.

Sosyal açıdan yaylalar, hayvancılık ve tarım faaliyetlerinde iş birliğini ve kültürel mirasın korunmasını destekleyen alanlardır. Ekonomik olarak, hayvansal ve tarımsal üretimin gerçekleştirildiği, turizm ve rekreasyon açısından önemli destinasyonlardır.

Politik açıdan doğal kaynak yönetimi, hayvancılık, tarım ve göç politikaları bağlamında toplulukların kimlik ve haklarının korunduğu alanlar olarak değerlendirilmektedir. Hukuki bakımdan, arazi kullanımı, mülkiyet haklarının düzenlenmesi, izin verilen faaliyetler, çevresel düzenlemeler ve imar izinlerinin yönetildiği alanlardır.

Yaylalar, ekolojik, ekonomik ve sosyal boyutları kapsayan, bütüncül bir yönetim yaklaşımı gerektiren çok paydaşlı alanlardır (Tekin, 2021). Sürdürülebilirlik açısından insan faktörü ve paydaşlar kritik öneme sahiptir. Paydaşlar; yayla yönetimini doğrudan etkileyen kilit paydaşlar, sonuçlardan etkilenen birincil paydaşlar ve dolaylı etkisi olan ikincil paydaşlar olarak üç gruba ayrılmaktadır (Pelyukh ve ark, 2021). Yerel halk temel paydaş olup, yaylaların kullanımı ve korunması, ulusal ve yerel yönetimler tarafından düzenlenmekte ve merkezi karar alma süreçleriyle yürütülmektedir. Sivil toplum kuruluşları (STK'lar) yaylaların korunmasında önemli rol oynarken, turizm ve doğa sporları için gelen ziyaretçiler ve işletmeler ekonomiye katkı sunmaktadır. Üniversiteler ve araştırmacılar, sürdürülebilirlik konusunda yeni yöntemler geliştirerek sürece katkıda bulunmaktadır (Berkes ve Folke, 1998).

Bu çalışma, literatürde Hohfeld, Susskind ve Cruikshank, Tamanaha ve Pradeep gibi araştırmacıların katkıları doğrultusunda, orman sayılan alanlardaki yaylaların hukuki düzenlemelerini normlar hiyerarşisi çerçevesinde ele almaktadır. Analiz kapsamında Anayasa, uluslararası anlaşmalar, kanunlar, Cumhurbaşkanlığı kararnameleri, yönetmelikler, yönergeler, tebliğler ve genelgeler değerlendirilmiş, mevzuat sistematik bir şekilde incelenmiştir. Orman sayılan alanlardaki taşınmazların idaresi, ilgili mevzuat çerçevesinde yürütülmekte ve farklı prosedürler içermektedir. Yaylak, kışlak ve otlaklara ilişkin mevzuat listesi ve ilgili hükümler Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Çizelge 1. Orman alanlarındaki yaylak, kışlak ve otlaklara ilişkin normlar hiyerarşisi ve mevzuat yapısı.

Sıra No	Adı	Madde	Yaylak/Kışlak/Otlak ile İlişkisi
1	Anayasa	44	"… ormanların küçülmesi ve diğer toprak ve yeraltı servetlerinin azalması sonucunu doğuramaz.."
		45	"…Devlet, tarım arazileri ile çayır ve meraların amaç dışı kullanılmasını ve tahribini önlemek, tarımsal üretim planlaması ilkelerine uygun olarak bitkisel ve hayvansal üretimi artırmak maksadıyla tarım ve hayvancılıkla uğraşanların işletme araç ve gereçlerinin ve diğer girdilerinin sağlanmasını kolaylaştırır."
		46	"….yeni ormanların yetiştirilmesi…"
		169	"Ormanların Korunması ve Geliştirilmesi"
		170	″Orman Köylüsünün Korunması″
2	Orman Kanunu	17/1	"…Devlet ormanlarında 31/12/2011 tarihinden önce toplu yerleşimin

			bulunduğu; yaylak ve otlak olarak kullanılan alanlar içindeki yerler ile yılın belirli dönemlerinde geleneksel yaylacılık maksadıyla yerleşim yeri olarak kullanılan alanlar kullanım bütünlüğü de dikkate alınarak Orman Genel Müdürlüğünce tespit edilir.”
3	Mera Kanunu	1	“…daha önce çeşitli kanunlarla tahsis edilmiş veya kadimden beri kullanılmakta olan mera, yaylak, kışlak ve kamuya ait otlak ve çayırların tespiti, tahdidi ile köy veya belediye tüzel kişilikleri adına tahsislerinin yapılmasını, belirlenecek kurallara uygun bir şekilde kullandırılmasını, bakım ve ıslahının yapılarak verimliliklerinin artırılmasını ve sürdürülmesini, kullanımlarının sürekli olarak denetlenmesini, korunmasını ve gerektiğinde kullanım amacının değiştirilmesini sağlamaktır.”
4	Medeni Kanun	715	“…sahipsiz şeyler ile menfaati umuma ait olan malların devletin hüküm ve tasarrufu altında olduğuna hükmolunur.”
5	Kadastro Kanunu	16/B	“…kamu malları; sahipsiz yerler, kamunun ortak kullanılmasına ayrılan yerler, bir kamu hizmetinin görülmesine ayrılan ve fiilen kullanılan yerler…”
6	Orman Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun	2	“Genel Müdürlüğün görevleri şunlardır:…” a) Orman kaynaklarını; ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel faydalarını dikkate alarak, bitki ve hayvan varlığı ile birlikte, ekosistem bütünlüğü içinde idare etmek, katılımcı ve çok amaçlı şekilde planlamak, usulsüz müdahalelere, tabii afetlere, yangınlara karşı korumak, muhtelif zararlıları ile mücadele etmek ve ettirmek, ormancılık karantina hizmetlerini yürütmek, geliştirmek, orman alanlarını ve ormanlara ilişkin hizmetleri artırmak, ormanları imar ve ıslah etmek, silvikültürel bakımını ve gençleştirilmesini sağlamak, b) Ormanların mülkiyeti ile ilgili iş ve işlemlerini, kadastrosunu, izin ve irtifak işlerini yürütmek,
7	Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik	1	“…amacı; Hazinenin özel mülkiyetindeki taşınmazların satışı, trampası, arsa veya kat karşılığı inşaat yaptırılması, kiraya verilmesi, ön izin verilmesi ve üzerlerinde irtifak hakkı kurulması, Devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerlerin kiraya verilmesi, ön izin ve kullanma izni verilmesi ile ecrimisil ve tahliye işlemlerine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.”
8	OGM Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik	2	“…Genel Müdürlüğün özel mülkiyetindeki taşınmazların satışı, (Ek ibare:RG-13/2/2021-31394) devri, taşınmaz gelirinin yatırım projelerinde değerlendirilmesi, trampası, arsa veya kat karşılığı inşaat yaptırılması, kiraya verilmesi, üzerinde irtifak hakkı kurulması, ecrimisil ve tahliye işlemleri ile orman sayılan alanlarda bulunan yapı ve tesislerin kiraya verilmesi, ecrimisil ve tahliye işlemlerini kapsar.”
9	Devlet Ormanlarındaki Yayla Alanlarının Tespiti ve İdaresi Hakkında Yönetmelik	1	“…amacı; Devlet ormanlarında 31/12/2011 tarihinden önce toplu yerleşimin bulunduğu; yaylak ve otlak olarak kullanılan alanlar içindeki yerler ile yılın belirli dönemlerinde geleneksel yaylacılık maksadıyla yerleşim yeri olarak kullanılan alanların, kullanım bütünlüğü de dikkate alınarak tespiti ve yayla alanı olarak ilanı, yayla alanlarında bulunan her türlü bina ve tesislerin tespiti ve sabit kıymetlere alınması, işletilmesi, işlettirilmesi, bu bina ve tesislerin vaziyet planına işlenmesi, kullanıcılarının tespiti ile bunlara kiraya verilmesi, yayla alanlarında gerekli her tür ve ölçekteki planların yapılması, yaptırılması ve onaylanması ve diğer iş ve işlemlere ilişkin esas ve usullerin belirlenmesidir.”
10	Mera Yönetmeliği	2	“…mera, yaylak ve kışlak alanları ile umuma ait çayır ve otlak alanlarını kapsar.”
11	Ormanlarda ve Orman İçinde Bulunan Otlak, Yaylak ve Kışlaklarda Hayvan Otlatılmasına İlişkin Usul ve	1	“… amacı, ormanlar ile bu ormanların içindeki otlak, yaylak ve kışlaklarda olmak üzere; a) Hangi tür hayvanların ne gibi şartlarla, bu yerlere zarar vermeden otlatılmasına izin verilmesine, b) Bu yerler ile sulama yerlerinde hakları olanların giriş ve çıkış esaslarının belirlenmesine, c) Yangına hassas orman alanlarında yangın riskini azaltmak amacıyla yanıcı madde miktarının otlatma yöntemiyle azaltılmasına yönelik planlama esaslarının belirlenmesine, ç) Ülke genelinde ormanlık alanlarda yaptırılacak planlı otlatma ile kamu yararı gereklerine uygun olarak ormanlardan düzenli

	Esaslar Hakkında Yönetmelik		faydalanmanın sağlanmasına, d) Orman içi, orman kenarı ve orman üst sınırı mera, yaylak, kışlak ve otlakların koruma, bakım, tanzim ve ıslahına, ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.”

Çalışma, normlar hiyerarşisine göre orman sayılan alanlardaki yaylaların mevzuatını DOYATİHY ile sınırlamaktadır. Üst politika belgeleri (Kalkınma Planı, Orta Vadeli Program vb.) üzerine yapılan analizler ilerleyen bölümlerde sunulacaktır.

Mevzuat analizi, yürürlükteki düzenlemelerin sistematik olarak incelenmesi ve değerlendirilmesine yönelik bir yöntemdir. Bu yöntem, normatif yapıyı açıklamak, yasa ve yönetmeliklerin etkilerini analiz etmek ve uygulamada karşılaşılan sorunları belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu metinlerin sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerini de kapsar (Tamanaha, 1997). Mevzuat analizi, genellikle anayasa, kanunlar, yönetmelikler ve ilgili politika belgeleri normlar hiyerarşisi çerçevesinde bütüncül bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Hohfeld’in (1913) geliştirdiği “hukuki ilişkiler teorisi”, haklar, yükümlülükler ve yetkiler gibi hukuki normların farklı boyutlarını analiz etmek için temel bir model sunmaktadır. Çevresel düzenlemelerin değerlendirilmesinde mevzuat analizinin önemi, Susskind ve Cruikshank (1987) tarafından vurgulanmıştır. Mevzuat analiziyle gerçekleştirilen bazı çalışmalar Çizelge 2’de sunulmaktadır.

Çizelge 2. Mevzuat analizi yöntemi kullanılarak yapılan bazı çalışmalara ait örnekler.

Kaynak	**Yapılan Çalışmalar Hakkında Kısa Bilgiler**
Sürdürülebilir Ormancılık Esasları Kapsamında Koruma-Kullanma Dengesine Dair Bir Mevzuat Analizi (Tulukcu Yıldızbaş ve Aydın, 2023).	Çalışmada, orman mevzuatı koruma-kullanma dengesi açısından incelenmiştir. Özellikle bina ve tesis yapımı konusuna odaklanılan yararlanma yöntemlerinin yanı sıra, orman alanlarının kullanımına yönelik diğer mevzuat hükümleri de göz önünde bulundurularak koruma-kullanma dengesi sürdürülebilir ormancılık ilkeleri çerçevesinde analiz edilmiştir. Bu analiz, ilgili temel kanunlara odaklanarak bir puanlama sistemi kullanılarak yapılmış ve böylece sürdürülebilir ormancılığa ilişkin mevzuatın yeterliliği değerlendirilmiştir. Sonuçlar, mevzuatın korumaya daha fazla önem vererek önemli ve büyük bir değişimin eşiğinde olduğunu göstermektedir.
Yasal Düzenlemelerin Arazi Kullanımı Değişikliğine Etkileri: Türk Orman Kanununda 2/B Uygulamaları. (Gençay ve ark., 2018).	Bu çalışma, arazi kullanım değişikliği yoluyla ormansızlaşmaya neden olan 2/B uygulamalarını hukuki bir analiz yaparak incelemektedir. 2/B uygulaması arazi kullanım değişikliği nedeniyle sürdürülebilir orman yönetiminde karbon tutma kapasitelerini ve dolayısıyla iklim değişikliğini doğrudan etkilemektedir. Sürdürülebilir orman yönetimine ulaşmak için mevcut orman mevzuatı kötü tanımlanmış durumdadır.
Türkiye'nin Marjinal Dağlık Alanlarında Doğaya Dayalı Turizm Paydaşlarının Belirlenmesi. (Gültekin ve Gültekin, 2023)	Türkiye'nin marjinal dağlık alanlarındaki doğa temelli turizm faaliyetleri çerçevesinde ilgili olabilecek tüm paydaşlar yerel, bölgesel, ulusal, Avrupa ve küresel ölçekte belge analizi yöntemiyle belirlenmiştir. Her bir paydaşın ilgileri, davranışları ve hedefleri değerlendirilmiştir. Sonuçta doğanın korunması ve aynı zamanda dağlık alanların sosyal ve ekonomik kalkınmasının sağlanması için planlama sürecinde tüm paydaşların olumlu ve olumsuz yönleri ortaya çıkarılarak uzlaşıcı çözümler üretilmelidir.
Mülkiyet Hakları ve Ekonomik Takas Bağlamında Doğa Koruma Aracı Olarak Koruma İrtifası ve Ortak Hukuk	Mülkiyet haklarına ve ekonomik değiş tokuşa bağlı olarak koruma irtifakı ve ortak hukuk irtifakı kavramlarını ve bunların koruma aracı olarak kullanımları tartışılmıştır. Önce mülkiyet hakları kavramını ve koruma irtifakının tanımını ve ortak hukuk irtifakından, sözleşmeden ve adil kulluktan türetilmesi, sonra koruma irtifakı ile ortak hukuk irtifakı ve sözleşmeleri arasında bir karşılaştırma

İrtifası. (Güneş, 2007)	yapılmıştır. Daha sonra, koruma irtifakı, hem hibe veren hem de hibe alan açısından düzenleyici koruma politikası araçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçta, koruma irtifakının hem özel mülk sahipleri hem de hükümet için ortak bir zemin bulabileceği değerlendirilmiştir.
Orman Mülkiyeti ve Kullanım Haklarının Gelişimi Üzerinde Karşılaştırmalı Hukuka Dayalı Bir Analiz. (Birben, 2011).	Mülkiyete dayalı kullanım hakları ile orman kaynaklarının sürdürülebilirliği arasındaki ilişkiyi açıkladığı çalışmasında, mülkiyet kavramının karşılaştırmalı hukuktaki durumunu incelemiş, Türkiye'de ve dünyada orman mülkiyeti yapısını ele almış, kamu ve özel orman mülkiyetinin hukuksal niteliğini açıklayarak kullanım hakları türlerini ve kapsamlarını belirlemiştir. Mülkiyete dayalı kullanım haklarının her birinin yasal statüsünü ayrı ayrı değerlendirecek bir mevzuat güncellemesi yapılması gerektiğini belirtmiştir.
Yerel Yönetimlerin İdari Yapısına İlişkin Mevzuat Analizi (Mecek ve Atmaca, 2020).	Çalışma sonucunda il özel idaresi, belediye ve köy olmak üzere üç farklı birimden oluşan yerel yönetimlerin idari mevzuatta detaylı bir şekilde ele alındığı görülmüştür. Ancak hukuk normları ile uygulamaları arasında birçok noktada uyuşmazlıkların olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bazı hatalı kanun değişiklikleri neticesinde anayasa ile uyumsuzlukların ortaya çıktığı anlaşılmıştır.

Literatür taraması, yaylaların mevzuat, mülkiyet, arazi kullanımı, ekoturizm, yayla şenlikleri, orman köylülerine yönelik destek mekanizmaları, hayvancılık ve politika gibi konulara ilişkin çalışmalar yapıldığını göstermektedir. Bu çalışmalar, ilgili sorunları tespit ederek çözüm önerileri sunmuştur. Araştırmalarda mülakat, anket, uzaktan algılama, gözlem ve mevzuat taraması gibi farklı veri toplama yöntemleri kullanılmış; elde edilen bulgular mevzuat analiziyle değerlendirilerek politika ve mevzuat değişikliklerine yönelik öneriler geliştirilmiştir. Ancak, bu çalışmanın temelini oluşturan DOYATİHY ile ilgili literatürde doğrudan bir araştırmaya rastlanmaması, çalışmanın özgünlüğünü ve katkı potansiyelini ortaya koymaktadır.

1.1. Yaylalar ile ilgili mevzuatın tarihsel gelişimi

Yaylaların kullanım hakları, izin verilen faaliyetler ve korunma yöntemleri, devlet tarafından yasal mevzuatla düzenlenmiştir. Yaylaların tarihsel mevzuatına bakıldığında, Arazi Kanunnamesi (1858), 1924 Anayasası, Köy Kanunu (1924), Kadastro Kanunu (1925), Medeni Kanun (1926) ve çeşitli yıllarda yapılan düzenlemeler (1930, 1934, 1973, 1982 vb.), Mera Kanunu (1998) ve DOYATİHY (2013) öne çıkmaktadır (Aydın Coşkun ve ark., 2007).Osmanlı döneminde, "Metruk Arazi" kategorisinde değerlendirilen yaylalar, Arazi Kanunnamesi ile kamulaştırılmış ve özel mülkiyete geçişi engellenmiş olup sadece hayvan otlatma amacıyla tahsis edilmiştir (Kuruca ve ark., 2019, Sözer, 1972; Atmış, 1995; Canalioğlu, 2000). Cumhuriyet döneminde ise Anayasa ve Köy Kanunu, yaylaların hukuki statüsünü şekillendirmiş ve özel mülklerin kamulaştırılmasını zorlaştırmıştır (Resmî Gazete, 1924).

Kadastro Kanunu ile mülkiyet güvencesi sağlanırken , Medeni Kanun ise tarım arazilerinin kayıt altına alınmasını kolaylaştırmıştır (Kuruca ve ark., 2019). Ancak, 1930,

1934, 1973 ve 1998 yıllarında yapılan yasal düzenlemelerle yaylaların özel mülkiyete geçirilmesi veya tahsis dışı kullanımı yasaklanmıştır (Canalioğlu, 2000). 1982 Anayasası ve müteakip düzenlemeler, yaylaları devlet mülkiyetinde kabul etmektedir (TOB, 2024; TBMM, 2024).

Yaylaların tarihsel gelişimi çevresel, ekonomik ve hukuki sorunlara yol açmıştır. Mülkiyet durumu ve 4342 sayılı Mera Kanunu'nun uygulanmasına ilişkin sorunlar devam etmektedir (Somuncu ve ark., 2014). Mera Kanunu, yaylaların öncelikli kullanım amacını hayvancılık olarak belirlemekte ve arazi kullanımına ilişkin hükümler içermektedir (Zaman ve Birinci, 2012). Mera Kanunu, yayla ve kışlak alanlarının tespitini ve tescilini düzenlemekte; bu süreç, OGM'yi temsilen bir Orman Mühendisinin yer aldığı komisyon tarafından yürütülmektedir (Resmî Gazete, 1998).

Orman Kanunu'na (Resmî Gazete, 1956; Resmî Gazete 1985) göre orman sayılan alanlardaki işlemler OGM tarafından yürütülmektedir. Bu kapsamda, DOYATİHY'in uygulanabilmesi amacıyla yaylaların yoğun olduğu bölgelerde 10 Orman Bölge Müdürlüğü'ne (Adana, Bolu, Giresun, İstanbul, Kahramanmaraş, Kayseri, Konya, Mersin, Sakarya, Trabzon) bağlı 15 Emlak Şefliği kurulmuştur.

Emlak Şeflikleri, OGM'ye ait özel mülkiyet taşınmazlarının envanterini tutmak, Taşınmaz Yönetim Bilgi Sistemi'ne girişlerini sağlamak, kiralanan taşınmazları izlemek ve devredilen taşınmazların amaca uygun kullanımlarını denetlemekle sorumludur. Ayrıca irtifak hakkı tanınan taşınmazlarda sözleşme hükümlerinin takibi, arsa ve kat karşılığı inşaat ile trampa sözleşmelerinin izlenmesi görevleri bulunmaktadır. Ormandaki yayla alanlarında kiralanan bina ve tesislerin kira sözleşmelerini takip etmek ve gerekli tadilatların gerçekleştirilmesini kontrol etmek de görevleri arasındadır.

DOYATİHY'nin uygulanmasında yetkili kurum OGM'dir. Orman sayılan alanlardaki yaylalar, 07.03.2013 tarih ve 28580 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan DOYATİHY hükümleri çerçevesinde yönetilmektedir. İlgili yönetmelik ile ilk defa orman sayılan alanlardaki yaylaların yönetimi hukuki bir zemin bulmuştur. Bu doğrultuda süreç, Yayla Alanı Tespit Komisyonu'nun devlet ormanlarında bulunan toplu yerleşim ve geleneksel yaylacılık alanlarını belirleyerek bunların yayla olarak ilanı için Cumhurbaşkanlığı'na sunmasıyla başlamakta (Resmî Gazete, 2011), 1/1000 ölçekli vaziyet planlarına, 31.12.2011 tarihinden önce inşa edilen ve müsadere kararı olan bina ve tesisler eklenmekte, bu yapılar Sabit Kıymet Bedel Tespit Komisyonu tarafından değerlendirilerek OGM bütçesine kaydedilmektedir. Kullanıcı Tespit Komisyonları, yapıların kullanıcılarını belirleyerek ilan etmekte, Kira Bedeli Tespit Komisyonu ise ilk yıl kira bedelini rayiç

bedel üzerinden hesaplamaktadır. Kiralama talepleri Orman İşletme Müdürlüklerine (OİM) iletilmekte olup, bina ve tesisler pazarlık usulü ihaleyle en fazla 10 yıl süreyle kiralanmaktadır. İlk yıl kira bedeli peşin alınmakta, sonraki yıllarda TÜFE oranında artırılmaktadır. Ödenmeyen kira bedelleri 6183 sayılı Amme Alacaklarının Tahsil Usulü Hakkında Kanun kapsamında tahsil edilmektedir.

Kira sözleşmeleri, sözleşme süresiyle sınırlı olmak kaydıyla, ilgili OİM'nin onayı ile alt veya üst mirasçılara devredilebilir. Devir işlemi, kiracının tüm yükümlülüklerini yerine getirmiş olması ve devir talebi sırasında herhangi bir borcunun bulunmaması koşuluna bağlıdır. Devir gerçekleştiğinde, kira sözleşmesi mevcut koşullarla devam eder.

Kullanıcıları tespit edilemeyen ve bir yıl içinde kiralanmayan bina ve tesisler yıkılır. OİM tarafından görevlendirilen komisyon, kiralanan yapıların amacına uygun kullanılıp kullanılmadığını yılda en az bir kez denetler. Bu bina ve tesislerden elde edilecek gelirler ile yapılan giderler, OGM döner sermaye bütçesinde yer almakta ve ayrı bir hesapta takip edilmektedir.

DOYATİHY kapsamında OGM tarafından ilan edilen yaylalara ilişkin idari işlemler Çizelge 3'te sunulmaktadır(Sayıştay, 2023). Yönetmelik gereği, taşınmaz sayısının üçten az olması nedeniyle 141 yayla iptal edilmiş ve 384 yayla tescil edilmiştir. Sınır değişikliklerine itiraz ve teknik hatalar nedeniyle 103 yaylada revizyon yapılmıştır. Yaylaların sabit kıymete alınma oranı %92,70, vaziyet planı hazırlanma oranı %94,79 ve kullanıcı tespiti yapılma oranı ise %88,80'dir. Toplam 15.000 bina ve tesisin %84,72'si kiralanmış olup, kiralananların %90,70'i Adana (%67,94), Bolu (%6,62), Sakarya (%6,21), Mersin (%5,97) ve Kayseri (%3,96) OBM'lerinde yer almaktadır.

2022 ve 2023 yılı Sayıştay denetim raporlarına göre, 6831 sayılı Orman Kanunu'nun 17. maddesi gereğince, kullanıcı tespit tarihinden itibaren bir yıl içinde kiralanmayan bina ve tesislerin yıkılması hükme bağlanmıştır. Ancak, bu taşınmazlara yönelik başlatılan yasal işlemler sonuçsuz kalmış ve 2.703 taşınmazın çeşitli nedenlerle kiraya verilememesi döner sermaye işletmelerinde gelir kaybına neden olmuştur. Bu durumun önlenmesi için DOYATİHY hükümlerinin uygulanması gerektiği vurgulanmaktadır.

Yayla ve yaylacılıkla ilgili yasal süreçlerin değerlendirilmesi, yalnızca mevcut mevzuatın incelenmesiyle değil, yargı organlarının bu mevzuatı nasıl yorumladığıyla da doğrudan ilişkilidir. 1988-2019 yılları arasında Türkiye'de kaydedilen 724.693 orman suçunun %37'si izinsiz ve kaçak ağaç kesimi, %16'sı orman ürünlerinin izinsiz taşınması ve kaçak nakliyesi, %17'si izinsiz alan açılması, %12'si izinsiz alan işgali, %15'i izinsiz hayvan otlatma ve %3'ü usulsüz harcama işlemlerinden oluşmaktadır (Kahyaoğlu ve ark.,

2022). Bu suçlar, ormanların korunmasında karşılaşılan temel zorlukları ve yasa dışı faaliyetlerin orman varlıkları üzerindeki baskısını göstermektedir.

Çizelge 3.OGM tarafından ilan edilen yaylalarla ilgili idari işlemler.

No	Orman Bölge Müdürlüğü	İlan Edilen Yayla Sayısı	İptal Edilen Yayla Sayısı	Revize Edilen Yayla Sayısı	İptal Sonrası Kalan Yayla Sayısı	Sabit Kıymete Alınan Yayla Sayısı	Vaziyet Planı Yapılan Yayla Sayısı	Kullanıcı Tespiti Yapılan Yayla Sayısı	Kiralama Yapılan Bina ve Tesis Sayısı	Kiralama Yapılmayan Bina ve Tesis Sayısı
1	**Adana**	93	9	45	84	81	81	81	8.634	773
2	**Amasya**	32	11	0	21	21	21	21	148	92
3	**Ankara**	1	0	0	1	1	1	1	5	18
4	**Antalya**	19	0	0	19	19	19	19	76	418
5	**Artvin**	5	1	0	4	4	4	4	33	8
6	**Balıkesir**	1	0	0	1	1	1	1	159	3
7	**Bolu**	53	5	15	48	48	48	47	843	300
8	**Bursa**	1	0	1	1	1	1	1	15	0
9	**Erzurum**	12	7	0	5	5	5	5	47	26
10	**Eskişehir**	21	3	0	18	18	18	18	100	0
11	**Giresun**	56	35	1	21	21	21	20	207	22
12	**Hatay**	8	2	0	6	1	6	1	23	1
13	**Isparta**	3	0	1	3	3	3	3	38	0
14	**K.maraş**	48	18	0	30	29	30	16	166	236
15	**Kastamonu**	4	1	0	3	3	3	3	25	0
16	**Kayseri**	22	0	0	22	22	22	22	503	145
17	**Konya**	36	35	0	1	1	1	1	47	0
18	**Kütahya**	8	7	0	1	0	0	0	0	0
19	**Mersin**	28	0	22	28	28	28	28	758	6
20	**Sakarya**	34	0	0	34	34	34	34	789	188
21	**Sinop**	2	0	0	2	2	2	2	0	12
22	**Trabzon**	38	7	18	31	13	15	13	92	44
	Toplam	**525**	**141**	**103**	**384**	**356**	**364**	**341**	**12.708**	**2.292**

Yaylaların orman sayılan alanlar içindeki konumu ve mülkiyet haklarına ilişkin çeşitli içtihatlar, Sinerji Hukuk Yazılımları aracılığıyla incelenen Yargıtay kararları doğrultusunda değerlendirilmiştir. Yargıtay kararları, orman alanlarındaki yaylalarda işgal, ağaç kesme, orman yakma, otlak işgali, zilyetliğin korunması, imar planı ve tapu iptali davaları gibi geniş bir suç yelpazesinde hukuki değerlendirmeler içermektedir. Bu kararlar, yayla ve orman alanlarının korunmasına yönelik hukuki yorumların nasıl şekillendiğini ve suç türlerine bağlı uygulanan yaptırımları ortaya koymaktadır. Ayrıca, mülkiyet haklarının korunması ve yasal düzenlemelerin uygulanmasına ilişkin adli yorumların anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye'deki yayla alanlarının hukuki durumu ve sürdürülebilir yönetimine ilişkin mevcut yasal çerçeve ve yönetmelik uygulamaları, özellikle DOYATİHY kapsamında analiz edilmiştir. İlk bölümde, yaylaların çevresel ve ekonomik önemi ile korunması ve yönetiminde karşılaşılan sorunlar ele alınmıştır. Çalışmanın devamında, Düzce ili örneğinde hukuki düzenlemelerin yeterliliği incelenmiş ve yaylaların sürdürülebilirliği için iyileştirme alanları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, ilgili

mevzuat, uygulama örnekleri ve Yargıtay kararları detaylı şekilde mevzuat analizi gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

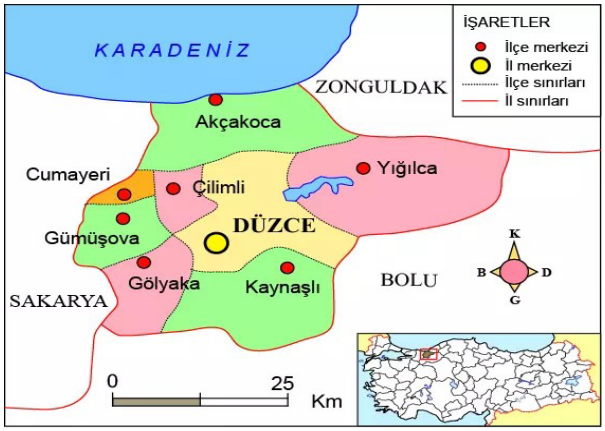
2.1. Materyal

Çalışmanın yürütüldüğü Düzce ilinin coğrafi ve yönetsel özellikleri ile araştırmada kullanılan yasal düzenlemeler, politika belgeleri ve diğer kaynaklara ilişkin bilgiler aşağıda ayrıntılı olarak sunulmuştur.

2.1.1. Çalışma alanı

Bu çalışmada yayla yönetimi ve sürdürülebilirliği açısından örnek teşkil eden Düzce ili seçilmiştir. Coğrafi ve sosyo-ekonomik özellikleri ile dikkat çeken Düzce'de yaylacılık uygulamaları ve yasal düzenlemelerin etkileri incelenmiştir. İstanbul, Ankara, Bursa ve Eskişehir gibi büyükşehirlere yakınlığı ile önemli bir merkez konumundaki Düzce, Karadeniz kıyısında yer almakta ve Bolu, Sakarya ve Zonguldak ile komşudur. Karadeniz Bölgesi'nin batı kesimi ile Marmara Bölgesi'nin doğusu arasında ve yaklaşık olarak 40°-42° kuzey enlemleri ile 30°-33° doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 2).

Düzce'nin deniz seviyesinden yüksekliği 150 metre olup, Efteni Gölü ve Büyük Melen boyunca 112 metreye kadar düşmektedir. En yüksek noktası1.830 metre ile Kardüz Yaylası olup, yüzölçümü 2.492 km²'dir. Akçakoca, Bolu ve Elmacık Dağları ile çevrili olan ilin orta kesiminde tarımsal üretim açısından önemli bir yere sahip Düzce Ovası bulunmaktadır. Küçük Melen, Asar Suyu, Uğur Suyu, Aksu Deresi ve Büyük Melen gibi ana akarsular Efteni Gölü'nde birleşerek Karadeniz'e dökülmektedir (Düzce Valiliği, 2023).



Şekil 2. Türkiye haritasında Düzce'nin yeri ve Düzce'nin fiziki haritası.

Düzce, iklim, arazi yapısı ve su kaynaklarıyla orman gelişimi için elverişli olup, toplam 122.034 hektar (%47) orman alanına sahiptir. Doğudan batıya uzanan Elmacık Dağları boyunca 58 km'lik hatta bulunan birçok yayla doğa turizmine uygundur. Kardüz Yaylası'ndan Abant Milli Parkı'na kadar uzanan yaylalar ardışık bir yapı oluşturmakta olup, Kardüz, Kızık, Pürenli, Balıklı, Hira, Sinekli, Derebalık, Torkul, Odayeri, Sırık, Çiçekli, Şehirli, Kocayayla, Topuk, Eğrelti, Yeniyurt ve Sakarca yaylaları "Yayla Koridoru" potansiyeli taşımaktadır. Bu yaylalar arasındaki geçiş mesafeleri 5-20 dakika arasında değişmekte ve yürüyüş parkurlarıyla birbirine bağlanmaktadır.

Düzce'deki yaylalar geniş otlak alanlarına sahip olup, mera niteliğindeki alanların tespit ve tahdit çalışmaları tamamlanmış, tahsis ve ıslah projeleri ise devam etmektedir. İl genelinde 149 köyde 436 parselin (22.898 da.) tespit ve tahdidi, 91 köyde ise 359 parselin (9.490 da.) tahsisi tamamlanmıştır (DTİM, 2021).

Çalışma alanı, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü (BOBM) yetki alanında bulunmakta olup, bölgede Akçakoca, Düzce, Gölyaka ve Yığılca OİM faaliyet göstermektedir. Yerleşim alanlarının orman sınırları içerisinde bulunması nedeniyle OGM tarafından yayla alanı olarak tescil edilen 17 yaylanın vaziyet planları onaylanmıştır. Bu yaylalardan dördü Düzce OİM, on üçü ise Gölyaka OİM'ye bağlıdır. Yaylalarda toplam 439 taşınmaz tespit edilmiş olup, bunlardan 418'i kiralanmıştır. Kiralanan taşınmazların OGM bünyesindeki toplam oranı %3,29, BOBM içindeki oranı ise %49,58'dir.

2.1.2. Araştırmada kullanılan belgeler

Bu çalışmada, mevzuat analizi yöntemi kullanılarak araştırma sorularına yanıt aranmış ve çeşitli kaynaklar incelenmiştir. Veriler teorik ve belge temelli olup, saha çalışması veya mülakat içermemektedir. Araştırmada incelenen başlıca kaynaklar şunlardır:

1. **Yasal Düzenlemeler:** Anayasa, kanunlar, Cumhurbaşkanlığı kararnameleri, yönetmelikler, yönergeler, tebliğler, genelgeler gibi normlar hiyerarşisine uygun yasal mevzuat incelenmiş ve orman sayılan alanlardaki yaylak, kışlak ve otlaklara ilişkin mevcut yasal çerçeve değerlendirilmiştir.
2. **Üst Politika Belgeleri:** Kalkınma planları, ulusal stratejik belgeler ve sektör raporları incelenerek, ilgili yasal düzenlemelerin bağlamı ve politika düzeyindeki yönlendirmeler analiz edilmiştir.

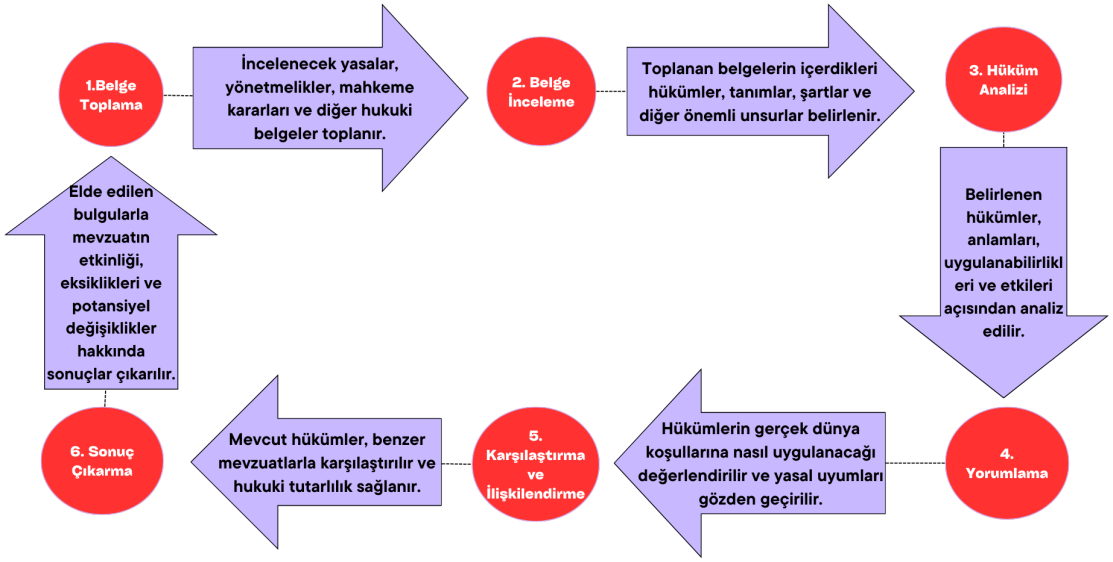
3. **Uluslararası Hukuki Çerçeve:** Uluslararası anlaşmalar, sözleşmeler ve deklarasyonlar ele alınarak, doğal kaynak yönetimine ilişkin uluslararası standartlar değerlendirilmiştir.
4. **Akademik Çalışmalar ve Bilimsel Yayınlar:** Konuyla ilişkin literatür taraması yapılarak, akademik kitaplar ve makaleler aracılığıyla mevzuatın teorik ve uygulamalı yönleri analiz edilmiştir.
5. **Mahkeme Kararları:** Yargı kararları incelenerek, yasal düzenlemelerin somut olaylara uygulanışı ve karşılaşılan hukuki sorunlar ele alınmıştır.
6. **Sektörel Rehberler ve Uygulama Kılavuzları:** Doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve korumasına yönelik rehberler incelenerek, uygulamada karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri değerlendirilmiştir.

Bu belgelerden elde edilen bilgiler, mevzuatla doğrudan yanıtlanamayan araştırma sorularının açıklığa kavuşturulması ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi amacıyla değerlendirilmiştir.

2.2. Yöntem

Bu çalışmada, Düzce ilindeki yayla alanlarının hukuki durumu ve mülkiyet yapısına ilişkin sorunlar, belge analizi yöntemiyle incelenmiştir. DOYATİHY düzenlemeleri, literatür taraması, saha denetim belgeleri ve Yargıtay kararları üzerinden yapılan analizlerle, yayla alanlarının yönetim ve kiralama süreçleri ayrıntılı şekilde değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, idari ve hukuki işlemler ile mevcut sorunların anlaşılmasına katkı sağlamış ve çözüm önerilerinin geliştirilmesine zemin oluşturmuştur.

Mevzuat analizi, mevcut durumun değerlendirilmesinin yanı sıra, faaliyet alanlarının belirlenmesine ve geleceğe yönelik stratejilerin şekillendirilmesine katkı sağlar. Bu yöntem, amaçların ve hedeflerin netleştirilmesine yardımcı olurken, uygulayıcının görev ve sorumlulukları çerçevesinde hareket etmesine rehberlik etmektedir (Özbudun, 2023). Analiz süreci genellikle belirli aşamaları içermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Mevzuat analizi süreci.

Bu çalışmada kullanılan mevzuat analizi yöntemi, yasa, yönetmelik, karar ve diğer hukuki belgelerin sistematik olarak incelenmesi yoluyla hükümlerin anlaşılmasını ve yorumlanmasını amaçlayan bir araştırma yaklaşımıdır (Özbudun, 2023). Analiz sürecinde, "Mevzuat Analizi Tablosu" gibi araçlar kullanılarak mevzuattan kaynaklanan yükümlülükler, ilgili mevzuat maddeleri ve belirlenen yasal gereklilikler detaylı şekilde ortaya konmaktadır. Bu yapı, araştırma sorularına sistematik yanıt bulunmasını kolaylaştırmaktadır (OGM, 2024).

Yaylaların mevzuat analizi sürecinde ele alınması gereken araştırma soruları ve bu sorulara yönelik incelenecek kaynaklar Çizelge 4'tesunulmaktadır.

Çizelge 4. Araştırma soruları ve kaynaklar.

No	Araştırma soruları	İncelenmesi gereken kaynaklar
1.	Yaylaların hukuki statüsü nedir ve hangi mevzuatlar bu statüyü tanımlar? Mevcut yönetim politikaları ve uygulamalar, yayla alanlarının sürdürülebilirliğini nasıl etkiler? Mevcut hukuki süreçler, yaylaların sürdürülebilir yönetimi için yeterli midir?	Mevzuat, politika belgeleri ve akademik çalışmaların incelenmesi.
2.	Yaylaların kullanımıyla ilgili mevcut yasal düzenlemeler nelerdir?	Mevzuat, sektörel rehberler ve uygulama kılavuzları, mahkeme Kararları.
3.	Devlet ormanlarındaki yayla alanlarına ilişkin yasal düzenlemeler nelerdir?	Orman mevzuatı, devlet ormanlarının yönetimiyle ilgili hukuki çerçeve, ilgili mahkeme kararları.
4.	Mevzuattaki yasal yükümlülükler yerine getirilmekte midir; getirilemiyorsa bunun sebepleri nelerdir? Buna ilişkin mevzuat değişikliği gerekli midir?	Mevzuatın uygulama sürecindeki zorluklar ve eksiklikler üzerine literatür taraması.
5.	Yaylaların hukuki çerçevesi yerel toplulukların ihtiyaçlarını karşılamakta mıdır? Yaylaların sürdürülebilir yönetimi için uygulamada karşılaşılan sorunlar nelerdir? Mevzuatta yer almayan hizmetler var mıdır? Varsa mevzuatta ne tür değişiklikler yapılmalıdır?	Yerel yönetim politikaları, sektörel rehberler, yerel toplulukların ihtiyaçları üzerine akademik çalışmalar, mevzuat analizleri.

6.	Yaylaların yerel topluluklar üzerindeki ekonomik ve sosyal etkileri nelerdir?	Sosyal ve ekonomik etki değerlendirmeleri, akademik çalışmalar, ilgili mevzuat.
7.	Devlet ormanlarındaki yaylaların yönetiminde yerel toplulukların rolü nasıl olmalıdır?	Yerel yönetim politikaları, uluslararası hukuki çerçeve, sektörel rehberler.
8.	Yaylaların kullanım amaçları nelerdir ve bunlar hangi paydaşlar ile ilişkilidir?	Mevzuat, sektörel rehberler, ilgili paydaş grupları ve kullanım amaçları üzerine akademik yayınlar.
9.	Yaylaların sunduğu ürün ve hizmetlerin yararlanıcıları kimlerdir?	Mevzuat ve sektörel raporlar üzerinden ürün ve hizmet analizleri.
10.	Yaylaların yönetiminde paydaş katılımı nasıl sağlanabilir? Devlet, yerel yönetimler, STK'lar ve yerel halk arasındaki işbirliği nasıl güçlendirilebilir?	Üst Politika Belgeleri, yerel yönetim politikaları, STK raporları, akademik çalışmalar.
11.	Yaylaların sunduğu ürün ve hizmetler düzeyinde görev ve yetki çatışmaları var mıdır?	Mahkeme kararları, sektörel rehberler, mevzuat analizleri.

Bu çalışmada, yaylaların mevzuat analizi sürecinde saha çalışması yapılmayacak; yanıtlar, mevcut yasalar, üst politika belgeleri, uluslararası hukuki çerçeve, akademik çalışmalar, mahkeme kararları, sektörel rehberler ve uygulama kılavuzları gibi kaynaklardan elde edilecektir. Mevzuatla doğrudan yanıtlanamayan sorular, ilgili literatür ve düzenleyici belgeler ışığında değerlendirilerek çözüm önerileri sunulacaktır. Tüm veriler teorik ve dokümantasyon temelli olup, saha çalışması ve mülakat sürece dahil edilmemektedir.

Mevzuat analizinde, orman ve yayla alanlarının sürdürülebilir korunması ve yönetimine yönelik yasal düzenlemeler, aşağıda yer alan Çizelge 5'te ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Çizelge 5. Yaylak, kışlak ve otlaklara ilişkin mevzuat analizi.

Yasal Yükümlülük	**Dayanak**	**Tespitler**	**İhtiyaçlar**
Orman ve orman kaynaklarını korumak	4 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin 334. Maddesi 1/a.	Ormanların korunmasında aktif görev yapan memurlarının yetki ve sorumluluklarının kolluk görevi yapan benzer memurlarda olduğu gibi kanunla düzenlenmesi ormanların kanun dışı müdahalelere karşı korunmasında etkinliği artıracaktır.	5271 (Ceza Muhakemeleri Kanunu) ve 6136 (Ateşli Silahlar ve Bıçaklar ile Diğer Aletler Hakkında Kanun) sayılı kanunlarda düzenleme yapılması
Orman ve orman kaynaklarını korumak	6831 Sayılı Orman Kanunu	Kanunun uygulanmasında arazi yapısının bütüncül olarak değerlendirilmesi, yayla alanlarının sürdürülebilirlik yapısını güçlendirecektir.	Kanunun 17/1 maddesinde düzenleme yapılması
Ormandaki yaylaları korumak ve sürdürülebilir şekilde yönetmek	DOYATİHY	Yönetmeliğin uygulanmasında yaşanan mülkiyet, tespit, kiralama, muhasebeleştirme vb. sorunların uygulayıcıların önerileri doğrultusunda düzeltilmesi yaylaların sürdürülebilir kullanımına katkı sağlayacaktır.	DOYATİHY'de tüm paydaşların katılımıyla gerekli değişikliklerin yapılması
Orman dışındaki yaylaları	Hazine Taşınmazlarının	Orman dışındaki yaylalarda işgal ve faydalanmanın engellenmesi	Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında

korumak	İdaresi Hakkında Yönetmelik	yaylaların sürdürülebilir kullanımına katkı sağlayacaktır.	Yönetmelikte gerekli değişikliklerin yapılması
Arazilerin bütüncül sürdürülebilirliğinin sağlanması	Kadastro Kanunu	Yaylaların kadastroları yapılırken yayla sınırlarının baz alınması yaylaların sürdürülebilir kullanımına katkı sağlayacaktır.	Kadastro Kanununda yapılacak gerekli değişiklik ile orman kadastro çalışmalarının entegrasyonu
Orman dışındaki otlakları korumak	Mera Kanunu	Orman dışındaki otlakların tespit, tescil, kiralama vb. çalışmalarının tamamlanması, ormana bitişik otlakların bütüncül değerlendirilmesi özellikle hayvancılığa sosyoekonomik katkı sağlayacaktır.	Mera Kanununda ormana bitişik otlakların bütüncül değerlendirilmesi için gerekli değişikliklerin yapılması

6831 sayılı Orman Kanunu, ormanların ve yaylaların sürdürülebilir yönetimi için arazi yapısının bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Kanunun 17/1 maddesinde yapılacak düzenlemelerin, yayla alanlarının sürdürülebilirliğini güçlendireceği öngörülmektedir. DOYATİHY kapsamında yapılan değerlendirmelerde, mülkiyet, tespit, kiralama ve muhasebeleştirme süreçlerinde karşılaşılan sorunların uygulayıcı görüşleri doğrultusunda iyileştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Bu düzenlemeler, yaylaların sürdürülebilir kullanımını sağlamak için kritik öneme sahiptir.

Orman dışındaki yaylaların korunmasına yönelik olarak Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik, işgal ve faydalanmanın önlenmesinin sürdürülebilir kullanım açısından önemini vurgulamaktadır. Kadastro Kanunu, yayla kadastro işlemlerinin orman kadastrosu ile entegrasyonunu ve yayla sınırlarının dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Mera Kanunu ise, orman dışındaki otlakların tespit, tescil ve kiralama işlemlerinin tamamlanmasını veormana bitişik otlakların ise bütüncül değerlendirilmesini önermektedir. Bu düzenlemeler, hayvancılığa yönelik sosyoekonomik katkının artırılmasını hedeflemektedir.

Mevzuat analizi, yayla ve orman alanlarının korunmasına yönelik önerilen hukuki düzenlemelerin, tüm paydaşların katılımıyla güncellenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Üst politika belgeleri; kalkınma planı, hükümet programı, orta vadeli program, orta vadeli mali plan ve yıllık program gibi ulusal, bölgesel ve sektörel stratejileri kapsamaktadır. Bu belgeler, kalkınma planından başlayarak belirli bir hiyerarşi içinde hazırlanmakta olup, dikey hiyerarşi kalkınma planı-orta vadeli program-yıllık program şeklinde, yatay hiyerarşi ise sektörel stratejiler-eylem planları şeklinde belgelendirme sürecini yönlendirmektedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2024).

Üst politika belgeleri analizi kapsamında, Türkiye'de ormanların sürdürülebilir yönetimi ve çevresel kalkınma hedeflerine yönelik stratejiler değerlendirilmiştir. On İkinci

Kalkınma Planı'nda, 500 ve 501 numaralı politikalar doğrultusunda sürdürülebilir orman yönetimi amaçlanmaktadır.500. Politika, ormanların BM Küresel Orman Hedefleri, Rio Sözleşmeleri ve Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları gibi uluslararası taahhütlerle uyumlu olarak korunmasını, 501. politika, orman ürün ve hizmetlerinin ihracat odaklı çeşitlendirilmesi ve sektörün ekonomideki payının artırılmasını hedeflemektedir.

Orta Vadeli Program (2024-2026), 2053 net sıfır emisyon hedefine ulaşmak ve yeşil dönüşüm sürecini hızlandırmak amacıyla stratejiler belirlemiştir. Programda, iklim değişikliğine uyum kapasitesinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve rekabetçiliğin güçlendirilmesi önceliklendirilmiştir.8. Yeşil Dönüşüm Tedbiri kapsamında, sürdürülebilir orman yönetimi ilkelerine uygun olarak orman varlığının korunması, yeni karbon yutaklarının oluşturulması ve endüstriyel plantasyon faaliyetlerinin sürdürülmesi hedeflenmektedir. Bu belgeler, Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedefleri, çevresel taahhütler ve yeşil dönüşüm süreci doğrultusunda orman alanlarının korunması ve orman kaynaklı ürünlerin ekonomik katkısının artırılmasını içermektedir.

Bu çalışmada, yayla ve orman alanlarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi çerçevesinde mevcut yasalar, üst politika belgeleri, uluslararası hukuki çerçeve, akademik çalışmalar ve bilimsel yayınlar, mahkeme kararları, sektörel rehberler ve uygulama kılavuzları incelenmiş; elde edilen veriler bulgular bölümünde sunulmuştur. Mevzuat ve politika belgelerinden elde edilen bulgular, ormandaki yayla alanlarının mevcut durumu, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri doğrultusunda analiz edilerek, mevcut hukuki çerçevenin etkinliği ve yeterliliği değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

Düzce'deki yaylaların bir kısmı orman içinde, bir kısmı dışında yer almakta, bazıları ise her iki alanda da bulunmaktadır (Çizelge 6). Ormanda yer alan yaylaların vaziyet planları onaylanmış, kullanıcı tespitleri yapılmış ve kiralama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ancak, Kütüklü Yaylasında sınır itirazları ve kiralanamayan taşınmazlar, Ilıca Yaylası'nda ise tescil iptali gibi sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunlar, çalışma alanı olarak Düzce'nin seçilmesinde etkili olmuştur.

Düzce'de bulunan 30 yayladan 13'ü, mülkiyetin tamamının Maliye Hazinesi'ne ait olması (orman sayılmayan alan) veya ormandaki kısımlarında yerleşim yeri bulunmaması nedeniyle DOYATİHY kapsamına alınmamıştır.

DOİM sınırlarındaki Kütüklü yaylasında yayla sınırına yapılan itirazlar nedeniyle 20 taşınmaz kiralanamamıştır. Ayrıca, GOİM sınırındaki Ilıca yaylasının tescili, taşınmaz sayısının 3'ten az olması nedeniyle iptal edilmiştir.

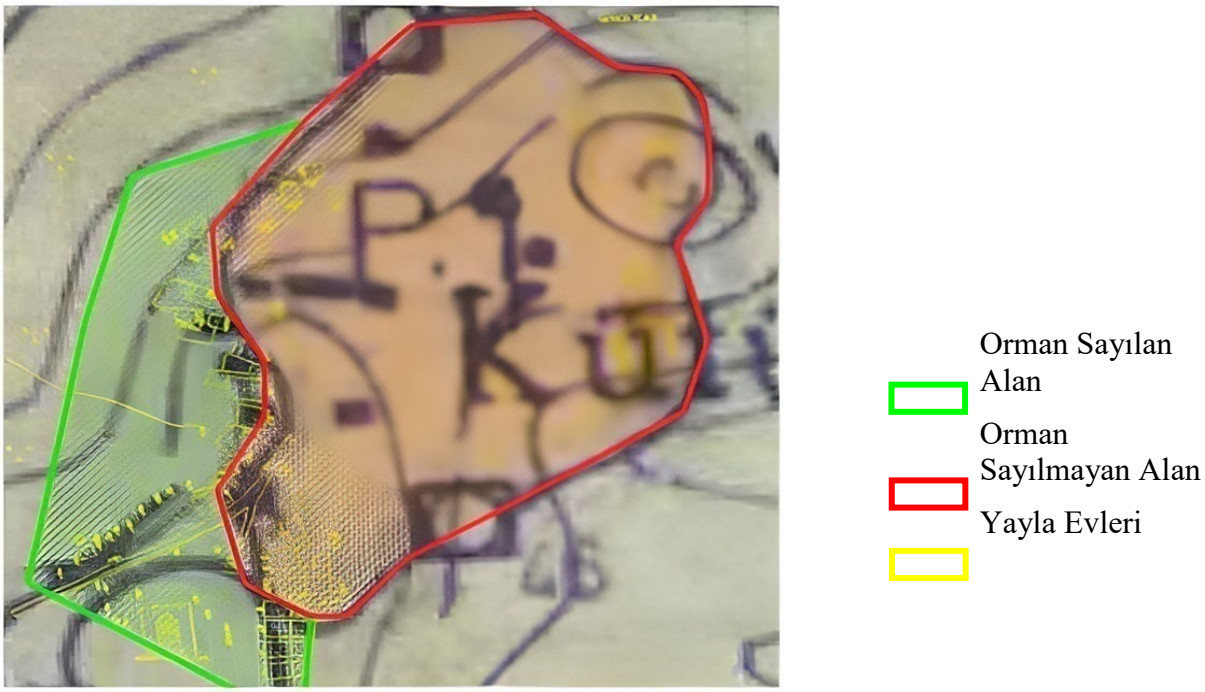
Kütüklü Yaylası'na ait vaziyet planının dış sınırları, orman kadastro haritası esas alınarak belirlenmiştir (Şekil 4). Haritada, yeşil alan orman statüsündeki bölgeleri, kırmızı alan orman dışı (6831 sayılı Orman Kanunu'nun 2/B maddesi kapsamında değerlendirilen) alanları, sarı alanlar ise yayla evlerinin bulunduğu bölgeleri göstermektedir. Yayla sınırları ve yayla evlerinin konumları koordinat sistemine işlenerek vaziyet planı bu verilere göre onaylanmıştır.

Çizelge 6. Düzce ili yaylaları ve mülkiyet durumları.

S. No	İli	İlçesi	Köyü	OİM / Şefliği	Yayla adı	Niteliği	Ormandaki Taşınmaz Sayısı
1	Düzce	Merkez	Çınardüzü	Düzce/ Odayeri	Çaşırcık	Tümü Orman	19
2	Düzce	Merkez	Kavakbıçkı	Düzce/ Odayeri	Sırık	Tümü Orman	57
3	Düzce	Merkez	Fındıklı Aksu	Düzce/ Odayeri	Odayeri	Çoğunluğu 2/B, bir kısmı Orman	
4	Düzce	Merkez	Fındıklı Aksu	Düzce/ Odayeri	Torkul	2/B	
5	Düzce	Kaynaşlı	Yeniyurt	Düzce/ Asar	Kütüklü	Bir kısmı Orman, bir kısmı Maliye Hazinesi	20
6	Düzce	Kaynaşlı	Bıçkıyanı	Düzce/ Asar	Topuk	Maliye Hazinesi	
7	Düzce	Kaynaşlı	Altınköy	Düzce/ Asar	Eğreltili	Bir kısmı Orman, bir kısmı Maliye Hazinesi	
8	Düzce	Kaynaşlı	Altınköy	Düzce/ Asar	Oflu	Maliye Hazinesi	
9	Düzce	Merkez	Samandere	Düzce/ Samandere	Kuşyuvası	Tümü Orman	4
10	Düzce	Merkez	Samandere	Düzce/ Samandere	Koca	Tümü Orman	
11	Düzce	Kaynaşlı	Çatalçam	Düzce/ Samandere	Sakarca	Maliye Hazinesi	
12	Düzce	Merkez	Çakırsayvan – Samandere	Düzce/ Samandere	Sinekli	Maliye Hazinesi	
13	Düzce	Merkez	Derdin	Düzce/ Çiçekli	Çiçekli	Tümü Orman	
14	Düzce	Merkez	Derdin	Düzce/ Çiçekli	Şehirli	Tümü Orman	
15	Düzce	Kaynaşlı	Darıyeri Yörükler	Düzce/ Darıyeri	Yörükler	Bir kısmı Orman, bir kısmı Maliye Hazinesi	

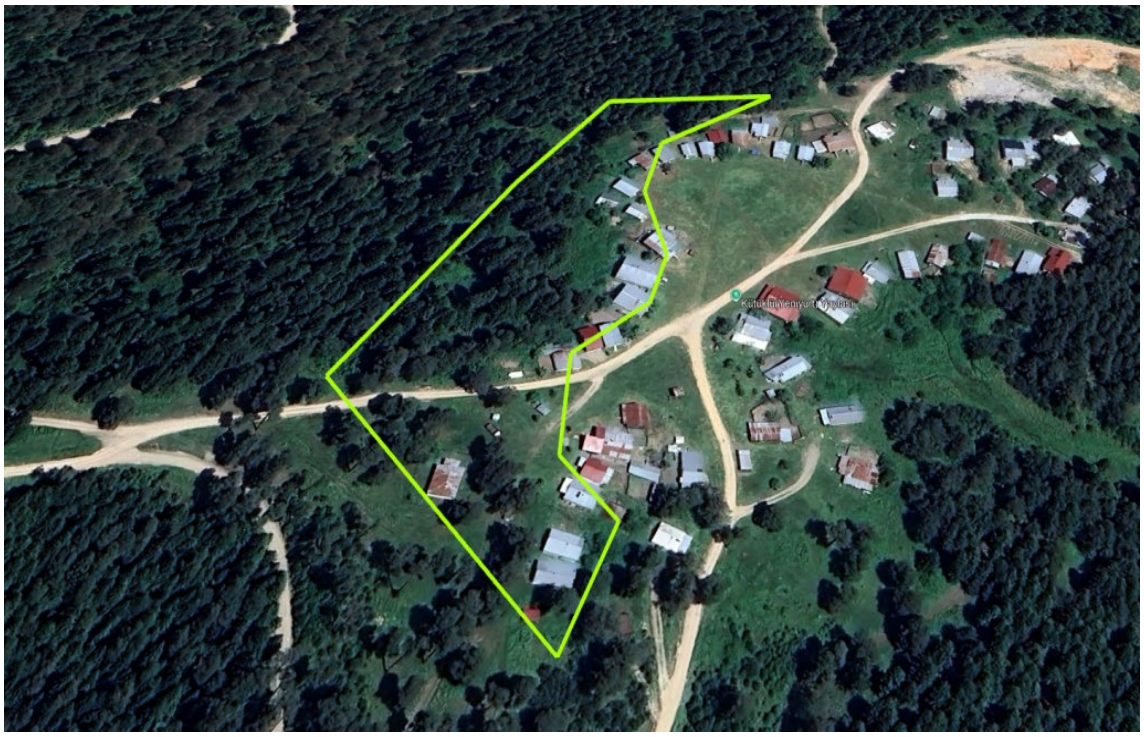
16	Düzce	Merkez	Çınardüzü	Düzce/ Odayeri	Çınardüzü	Maliye Hazinesi	
17	Düzce	Merkez	Çınardüzü	Düzce/ Odayeri	Yanık	Maliye Hazinesi	
1	Düzce	Gölyaka	Yunusefendi	Gölyaka/ Gölyaka	Unluk	Tümü Orman	33
2	Düzce	Gölyaka	Ortaköy	Gölyaka/ Balıklı	Pürenli	Tümü Orman	9
3	Düzce	Gölyaka	Aydınpınar	Gölyaka/ Balıklı	Derebalık	Tümü Orman	82
4	Düzce	Gölyaka	Gölormanı	Gölyaka/ Balıklı	Balıklı	Tümü Orman	100
5	Düzce	Gölyaka	Hamamüstü	Gölyaka/ Balıklı	Hamamüstü	Tümü Orman	13
6	Düzce	Gölyaka	Yunusefendi	Gölyaka/ Balıklı	Kızık	Tümü Orman	31
	Düzce	Gölyaka	Saçmalıpınar	Gölyaka/ Kardüz	Balkaya	Tümü Orman	15
8	Düzce	Gölyaka	Aktarla	Gölyaka/ Balıklı	Hıra	Tümü Orman	12
9	Düzce	Gölyaka	Yunusefendi	Gölyaka/ Kardüz	Beygiroba	Tümü Orman	12
10	Düzce	Gölyaka	Saçmalıpınar	Gölyaka/ Kardüz	Ermenioba	Tümü Orman	24
11	Düzce	Gölyaka	Saçmalıpınar	Gölyaka/ Kardüz	Çakırhasan	Tümü Orman	3
12	Düzce	Gölyaka	Karacasumandıra	Gölyaka/ Balıklı	Balıklı	Tümü Orman	5
13	Düzce	Gölyaka	Ilıca	Gölyaka/ Balıklı	Ilıca	Tümü Orman	1
						Toplam	439

DOYATİHY çerçevesinde hazırlanan vaziyet planı, yalnızca Kütüklü Yaylası'nın orman sınırları içindeki bölümünü kapsamaktadır (Şekil 5). Orman kadastro haritası baz alınarak hazırlanan planda, taşınmazların konumlarına dair bilgiler yer almaktadır. Buna göre, taşınmazların bazıları tamamen orman sınırları içinde, bazıları kısmen orman alanında, bazıları ise tamamen orman dışı alanlarda yer almaktadır.



Şekil 4. Düzce İli, Kaynaşlı İlçesi, Yeniyurt Köyü, Kütüklü Yaylası orman kadastro haritası.

DOYATİHY yürürlüğe girmeden önce, yayla sınırları orman kadastro haritalarına göre belirlenmekte ve ormanda kalan taşınmazlar için OİM tarafından işgal ve faydalanma zaptı (6831/93-2) düzenlenerek dava açılmaktaydı. DOYATİHY ile bu alanlar yayla olarak tescil edilmiş ve üzerindeki taşınmazlar OGM sabit kıymetlerine (demirbaş) kaydedilmiştir. Böylece yayla taşınmazlarının sahibi devlet olmuş ve bedeli karşılığında kullanıcılarına kiralanmıştır. DOYATİHY öncesinde açılan davalar devam etmekte olup, yeni yapılaşmalarda yine zabıt düzenlenerek dava süreci başlatılacaktır (OGM, 2024).



Şekil 5. Düzce İli, Kaynaşlı İlçesi, Yeniyurt Köyü, Kütüklü Yaylası vaziyet planı dış sınırları.

Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda, tüm araştırma sorularına yönelik kapsamlı bir değerlendirme yapılmış ve DOYATİHY'nin uygulanmasına ilişkin belirlenen başlıca sorunlar aşağıda sunulmuştur:

- DOYATİHY kapsamında yaylalar, orman kadastro haritalarına göre tescil edilmekte olup, bazı yaylaların sınırları orman kadastro alanının tamamını içermemektedir. Bu durum, yaylaların bir kısmının orman alanında, bir kısmının ise orman dışı alanlarda kalmasına yol açmaktadır. Benzer şekilde, bazı bina ve tesisler de hem orman hem de orman dışı alanlarda yer almakta olup, Kütüklü Yaylası buna örnek teşkil etmektedir. Orman sınırları içinde kalan taşınmazlar, OGM sabit kıymetlerine kaydedilerek devlet mülkiyetine geçirilirken, orman dışındaki taşınmazlara ilişkin olarak Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik (Resmî Gazete, 2007) kapsamında herhangi bir işlem yapılmamıştır. Sonuç olarak, aynı yaylada bulunan taşınmazlar farklı yasal düzenlemelere tabi tutulmaktadır.
- Orman alanlarında yapılan yıllık denetimler, vaziyet planlarında belirlenen taşınmazlar dışında yeni yapılaşmayı engellemektedir. Ancak, orman dışı taşınmazlar Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik kapsamında fiili

duruma göre tespit edilmekte, ecrimisil tahsil edilerek idare altına alınmaktadır. İmar Kanunu Geçici 16. Maddesi (İmar Barışı) çerçevesinde, yaylalardaki kaçak yapılara "Yapı Kayıt Belgesi" verilerek yasal statü kazandırılmıştır (Resmî Gazete, 2018). Ancak, imar barışı sonrası kaçak yapılaşmanın sürdüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, orman kadastrosunun kesinleşmesinden itibaren 20 yıl içinde işgalciler, mahkeme kararıyla taşınmazı bedelsiz olarak tapulu hale getirebilmektedir.

- DOYATİHY kapsamında orman sınırları içindeki yayla taşınmazları, 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu'na (Resmî Gazete, 1983) göre yapılan ihalelerle10 yıl süreyle kiralanmıştır. Ancak, orman dışındaki taşınmazlar için kira bedeli uygulanmamaktadır.
- Orman dışındaki otlakların yönetimi (bakım, ıslah, otlatma, dinlendirme vb.) İl Tarım ve Orman Müdürlükleri tarafından Mera Yönetmeliği çerçevesinde yapılmaktadır Resmî Gazete, 1998b). İhtiyaç fazlası mera alanları tescil edildikten sonra gerçek/tüzel kişilere kiralanabilmektedir. Ancak yayla alanlarına yönelik özel bir çalışma bulunmamaktadır. Orman içindeki otlaklar ise "Ormanlarda Ve Orman İçinde Bulunan Otlak, Yaylak Ve Kışlaklarda Hayvan Otlatılmasına İlişkin Usul Ve Esaslar Hakkında Yönetmelik" kapsamında(Resmî Gazete, 2012) Orman İşletme Şeflikleri tarafından hazırlanan otlatma planlarına göre yönetilmektedir. Aynı yayladaki otlakların farklı yasal düzenlemelere tabi olması yönetimde bütünlük sağlamayı zorlaştırmaktadır.
- 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu ve Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmeliğinde,sözleşme sahibinin ölümü halinde mirasçılardan istekli olanlara sözleşme devredilebilmektedir. DOYATİHY'de de alt veya üst mirasçılara devir hakkı tanınmış (madde 17) olmakla birlikte, uygulamada yalnızca bir mirasçı ile sözleşme imzalanmakta ve diğer mirasçılardan muvafakat alınmaktadır. Ancak, herhangi bir mirasçının muvafakat vermemesi durumunda devir işlemi gerçekleştirilememektedir.
- Yaylacılık, genellikle hayvancılık, ormancılık ve tarımla ilişkilidir. Ağaçların tarımla bütünleşmesi Agro-Silvikültürel, hayvancılıkla entegrasyonu ise Silvo-Pastoral sistemler olarak adlandırılmaktadır. Ağaç, tarım ve hayvancılığın bir arada yürütüldüğü durumlarda ise Agro-Silvo-Pastoral karma sistemler uygulanmaktadır (Geray, 1983). Küresel ölçekte, bu sistemler çok amaçlı ağaçlar, çalı çitleri, arıcılık ve balıkçılık gibi faaliyetlerle desteklenmektedir. Türkiye'de, Hazine mülkiyetindeki yayla alanlarında kira sözleşmesine sahip olanlar devlet

desteklerinden yararlanmaktadır. Orman köyleri ise Orman Köylülerinin Kalkındırılmasının Desteklenmesi Faaliyetlerine İlişkin Yönetmelik (Resmî Gazete, 2012) kapsamında ekonomik ve sosyal kredilerle desteklenmektedir. Ancak, orman sınırları içindeki yaylacılık faaliyetlerine doğrudan devlet desteği sağlanmamaktadır.

- DOYATİHY kapsamında, orman alanlarında hatalı kullanıcı tespiti yapılan taşınmazlara süresi içinde itiraz edilmemesi, taşınmazların gerçek kullanıcılarına kiralanmasını engellemektedir.
- DOYATİHY'nin 19. maddesi uyarınca, yayla alanlarında kamu hizmetine tahsis edilen bina ve tesislerin, ilgili kamu idarelerine bedelsiz olarak tahsis edilmesi öngörülmektedir. Ancak, mevcut durumda bu kapsamda herhangi bir tahsis işlemi gerçekleştirilmemiştir.
- DOYATİHY'te, ormanda kalan taşınmazlardan kullanıcısı tespit edilemeyenler ve bir yıl içinde kiralanmayanların yıkılacağı belirtilmiş olsa da bu konuda herhangi bir işlem yapılmamıştır.
- DOYATİHY kapsamında, üçten az taşınmaz bulunan yaylaların tescili iptal edilmekte (Resmî Gazete, 2021) ve ilgili taşınmazların yıkılması gerekmektedir. Ancak uygulamada, tescili iptal edilen yaylalarda, örneğin Ilıca Yaylası'nda yıkım işlemleri gerçekleştirilmemiştir.
- DOYATİHY kapsamında, kira bedelinin iki yıl üst üste ödenmemesi durumunda, ihale şartnamesi ve sözleşmeye göre sözleşmenin feshedilmesi ve taşınmazın yıkılması gerekmektedir. Ancak, icra takibi başlatılmasına rağmen sözleşmeler iptal edilmemiş ve taşınmazların yıkımı gerçekleştirilmemiştir.
- DOYATİHY kapsamında, taşınmazların tamir veya bakım ihtiyacı olduğunda, kiracının talebi üzerine OİM, OBM ve OGM arasında resmi yazışmalar yoluyla izin süreci yürütülmektedir. Ancak, bu sürecin uzunluğu, yaylacılığın kısa süreli kullanım dönemiyle örtüşmemekte ve bakım-onarım ihtiyaçlarının ertelenmesine yol açarak sonraki dönemde artmasına neden olmaktadır.
- Yayla taşınmazlarının kira bedelleri, ilgili kurumların görüşleri doğrultusunda ve mevzuat gereği rayiç bedelin %5'inin altına düşmeyecek şekilde belirlenmiştir. Ancak, farklı bölgelerde 100 m²'lik taşınmazlar için belirlenen kira bedelleri arasında (örneğin, 500 TL ve 3.000 TL) önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu durum, kullanıcılar arasında kira bedeli eşitsizliğine neden olmaktadır.

- Ormandaki yayla taşınmazlarının kira ödemeleri, kiracıların OİM Muhasebe Birimlerine fiziki olarak başvurusu ile gerçekleştirilmektedir. Mevcut yıl kira bedelleri vezneden ödenirken, geçmiş yıl ödemeleri farklı bir birimde, icra takibine giren ödemeler ise hukuk birimi aracılığıyla tahsil edilmektedir. Bu süreç, bürokratik işlemleri artırarak sürecin verimliliğini olumsuz etkilemektedir.
- Geçmiş dönem muhasebe hataları, kira bedellerinin ilgili olduğu yılların doğru belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Ancak, icra takibine konu edilen ve hukuk birimlerine intikal eden dosyalar aracılığıyla bu hataların düzeltilmesi sağlanabilmektedir.
- Orman içindeki bazı yayla taşınmazlarının kış aylarında kiralanması, kira ödeme tarihlerinin kış dönemine denk gelmesine ve kiracıların ödemelerini bahar aylarına erteleyerek gecikme faiziyle karşılaşmalarına neden olmaktadır. Ayrıca, ödeme tarihlerindeki farklılıklar, sözleşme gereği uygulanan ÜFE/TÜFE oranlarında değişikliklere yol açmakta ve Nisan ile Ekim aylarında belirlenen artış oranları arasındaki farklar ek mali sorunlar doğurmaktadır.

Araştırmanın temel sorularından biri olan “Mevcut hukuki süreçler yaylaların sürdürülebilir yönetimi için yeterli midir?” sorusu, 6831 sayılı Orman Kanunu'nun uygulanmasındaki eksiklikler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Mevcut eksiklikler, yaylaların korunması ve sürdürülebilir kullanımı için yeni düzenlemeler gerektirdiğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, eksikliklerin giderilmesi ve uygulamaların etkinliğinin artırılması için çeşitli öneriler sunularak, yayla alanlarının sürdürülebilir yönetimi amaçlanmaktadır.

4. Tartışma ve Sonuç

Yayla alanlarının sürdürülebilir yönetimi için idari ve hukuki açıdan gerekli ve uygulanabilir öneriler aşağıda sunulmuştur.

- Yaylaların bir kısmının orman, diğer kısmının ise orman dışı alanlarda yer alması, sürdürülebilir yönetimi zorlaştırmaktadır. Bu sorunun çözümü için, OGM’nin 2020/1 nolu tamim 5. maddesi doğrultusunda yaylaların tamamının orman alanı içine dahil edilmesi önerilmektedir. Böylece, DOYATİHY kapsamında OGM yönetiminde uygulamada karşılaşılan eksikliklerin mevzuat düzenlemeleriyle giderilmesi sağlanarak, daha etkin ve sürdürülebilir bir yönetim gerçekleştirilebilecektir. Alternatif olarak, yaylaların tamamının orman dışı alan

olarak tescil edilmesi ve orman kadastro haritalarının güncellenmesi önerilmektedir.

Orman dışına çıkarılması mümkün olmayan yaylalar için, 6831 sayılı Orman Kanunu'nun Ek 16. maddesi kapsamında, ilgili yönetmelik doğrultusunda işlem tesis edilerek, orman dışına çıkarılan alanların en az iki katı büyüklüğünde alanın orman tesis etmek üzere tahsis edilmesi sağlanabilir (Resmî Gazete, 2023). Benzer şekilde, Birben (2011) mülkiyete dayalı kullanım haklarının yasal statüsünün ayrı ayrı değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Sonuç olarak, yaylaların sürdürülebilir yönetimi için ilgili yasal düzenlemeler doğrultusunda, yaylaların tek bir hukuki statüde değerlendirilmesi gerekmektedir.

- Kaçak yapılaşmanın önlenebilmesi için yaylaların orman veya orman dışı statüsünün kesin olarak belirlenmesi gerekmektedir. Mevcut taşınmazlar, İmar Kanunu Geçici 16. maddesi kapsamında Yapı Kayıt Belgesi verilenler dahil olmak üzere vaziyet planlarına işlenmeli ve öncelikli olarak mevcut kullanıcılarına, mümkün değilse kamu idareleri veya turizm işletmelerine kiralanarak kayıt altına alınmalıdır. Kaçak yapılaşmanın kontrolü, periyodik denetimlerin yanı sıra drone ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) gibi uzaktan algılama yöntemleri ile dijital olarak desteklenmelidir. Döner'in (2021) çalışmasında, 2013-2018 yılları arasında yaylalarda yapı sayısının %21,48 oranında arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, kira gelirlerinin yaylaların sürdürülebilir yönetimi için kullanılması gerekmektedir.
- Yaylalardaki otlak alanları, orman veya orman dışı statülerine göre farklı yasal çerçevelerde yönetilmektedir. Otlakların, yaylalar gibi tek bir mevzuat kapsamında ele alınarak aşırı otlatmanın önlenmesi ve sürdürülebilir bir yönetim sağlanması gerekmektedir. Bu süreç, tüm paydaşların katılımıyla yürütülmelidir (FAO, 2021). Gültekin ve Gültekin (2023), planlama sürecinde paydaşların görüşlerinin dikkate alınarak uzlaşıcı çözümler geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Yerel halkın otlak ihtiyaçları, Tarım ve Orman Müdürlükleri ile üniversiteler iş birliğinde belirlenebilir; yerel yönetimler ulaşımı iyileştirebilir; STK'lar koruma ve sürdürülebilirlik konularında destek sağlayabilir; endüstri kuruluşları ise ürünlerin pazara erişimini artırabilir. Türkiye'de, ormandaki otlaklara yönelik Otlak Yönetim Planları tamamlanmış (OGM, 2012), ancak orman dışındaki otlakların tescil işlemleri henüz tamamlanmamıştır. Tescil sürecinin belirlenen bir tarihe kadar tamamlanması, yönetim planlarının hazırlanarak uygulanması ve hayvancılığın geliştirilmesine yönelik adımların atılması önerilmektedir.

- Orman ve orman dışındaki kamu taşınmazlarının 2886 sayılı Kanun kapsamında kiralanmasında, sözleşme sahibinin vefatı nedeniyle ortaya çıkan sorunlar, Kanunun 67. maddesi gereğince çözülebilmektedir. Bu maddeye göre, müteahhit veya müşterinin ölümü halinde işler tasfiye edilerek kesin teminat ve alacaklar varislere devredilir; istekli varisler ise 30 gün içinde kesin teminat vererek sözleşmeyi devralabilir. Güneş (2007), gayrimenkul üzerinde kısıtlayıcı hak olarak koruma irtifakının sağlanabileceğini belirtmiştir. Mevcut düzenlemelerin etkin uygulanması ile bu sorunların giderilebileceği öngörülmektedir.
- Yaylacılık faaliyetlerinin devlet tarafından doğrudan desteklenmemesi, sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Yaylalarda gelir kaynaklarının artırılması ve kırsal göçün önlenmesi için kapsamlı politikalara ihtiyaç duyulmaktadır. OECD (2006) raporuna göre, kırsal alanlarda tarım odaklı politikalar yerine çok sektörlü kalkınma stratejilerinin benimsenmesi, küçük işletmelerin teşvik edilerek yerel istihdamın artırılması önerilmektedir. Ayrıca, yerel yönetimlerin karar alma süreçlerine daha fazla katılımı ve desteklerin ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği gözetmesi gerekmektedir. Agrosilvikültürel ve agropastoral sistemler, orman alanlarında çiftlik hayvanları ve arıcılık faaliyetleriyle entegre edilerek yaylalarda yaygın olarak uygulanmaktadır (Selvan ve Kumar, 2017). Türkiye'de Isparta, Konya, Denizli, İzmir, Düzce, Sakarya ve Kocaeli gibi illerde bu sistemler sürdürülmektedir (Filiz ve Tolunay, 2003; Ok, 2019).

  Ulusal Kırsal Kalkınma Strateji Belgesi (2021-2023) kapsamında, kırsal kalkınma, altyapı ve sosyal gelişimi destekleyen çeşitli devlet teşvikleri (KÖYDES, SOGEP, KOSGEB, Kalkınma Ajansı destekleri vb.) mevcuttur. Bu desteklerin yaylaların kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması ve ormancılık faaliyetleriyle entegre edilmesi durumunda, kültürel mirasın korunması ve kırsal göçün azaltılmasına katkı sağlayabileceği öngörülmektedir (Gürer ve Eke, 2011).
- Orman yaylalarındaki kamu hizmeti amaçlı bina ve tesislerin yasal statüsünün belirlenmesi için, taşınmazların vaziyet planlarına işlenerek tespit edilmesi ve kamu idarelerine bedelsiz tahsis edilmesi gerekmektedir. Kullanılmayan tesisler ise ilgili kamu idarelerine bildirilerek ormancılık faaliyetleri veya turizm ve hayvancılık gibi yaylacılık amaçlarına yönelik olarak değerlendirilmelidir.
- Ormandaki taşınmazlarda hatalı kullanıcı tespiti ve itiraz süresinin aşılması nedeniyle yıkım işlemlerinin gerçekleştirilmemesi sorunu (Sayıştay, 2023) devam

etmektedir. Bu sorunun çözümü için, kullanıcı tespit komisyonları tarafından gerekli düzeltmeler yapılarak taşınmazların gerçek kullanıcılarına kiralanması sağlanmalıdır.

- Ormandaki yaylalarda, kullanıcısı tespit edilemeyen veya tespit tarihinden itibaren bir yıl içinde kiralanmayan taşınmazların yıkılması gerektiği halde bu işlemlerin gerçekleştirilmediği tespit edilmiştir (Sayıştay, 2023). Bu sorunun çözümü için taşınmazların yıkılması yerine, ihale yoluyla farklı kullanıcılara kiralanması, turizm amaçlı değerlendirilmesi veya kamu idarelerine tahsis edilmesi önerilmektedir.
- Ormandaki yaylalarda, kira bedeli iki yıl üst üste ödenmeyen taşınmazların sözleşmesinin feshedilmesi ve OGM'nin ihtiyaç duymaması halinde yıkılması gerekmektedir. Ancak, bu işlemlerin gerçekleştirilmemesi sorununun çözümü için taşınmazların yıkımı yerine, ihale yoluyla farklı kullanıcılara kiralanması, turizm amaçlı değerlendirilmesi veya kamu idarelerine tahsis edilmesi önerilmektedir.
- Ormandaki yaylalarda üçten az taşınmaz bulunması durumunda tescilin iptal edilerek taşınmazların yıkılması gerekmektedir. Ancak, bu işlemler uygulanmamaktadır (örneğin Ilıca Yaylası). Kadimden beri yayla olarak kullanılan alanların taşınmaz sayısına göre değerlendirilmesi uygun bir yaklaşım olmayıp, bu alanların ormancılık faaliyetleri veya yaylacıların ortak kullanımı için turizm ve hayvancılık gibi amaçlarla korunması önerilmektedir. Ayrıca, mevcut yönetmelik doğrultusunda sorumluluklarını yerine getirmeyen personel hakkında idari işlemler uygulanmalıdır.
- Ormandaki yayla taşınmazlarının tadilat izinlerinin uzun bürokratik süreçler nedeniyle gecikmesi ve bakım ihtiyacının artması sorununu aşmak için, OGM'nin yetki devri yaparak tadilat taleplerinin Bölge Müdürlükleri denetim komisyonları tarafından değerlendirilmesi önerilmektedir. Bu sayede izin süresi kısaltılarak tadilatların başvuru döneminde gerçekleştirilmesi sağlanabilir.
- Ormandaki yayla taşınmazlarının kira bedellerinde, farklı Orman Bölge Müdürlüklerinde uygulanan farklılıkların giderilmesi için, ortak bir sistem oluşturularak kira bedellerinin standart bir komisyon tarafından belirlenmesi önerilmektedir. Bu sayede, kira bedellerinin yeknesak şekilde tespit edilmesi sağlanabilir.
- Ormandaki yayla taşınmazlarının kira ödemelerindeki bürokratik işlemlerin azaltılması amacıyla, orman köylülerine verilen kredilerde olduğu gibi, bankalar aracılığıyla bir ödeme sistemi kurulması önerilmektedir. Bu sistem sayesinde, kira

bedelleri, gecikme zamları ve mahkeme giderleri gibi tüm hesaplamalar bankacılık sistemi üzerinden gerçekleştirilerek ödemeler daha etkin ve düzenli bir şekilde yapılabilir.

- Ormandaki yayla taşınmazlarının kira bedellerine ilişkin muhasebe hatalarının giderilmesi için, tahakkuk eden ve tahsil edilen bedellerin belirlenerek, geçmiş yıllardan itibaren öncelikle gecikme faizlerinin, ardından anaparanın hesaplanması ve muhasebe kayıtlarının doğru şekilde güncellenmesi önerilmektedir.
- Ormandaki yayla taşınmazlarının kira tarihlerinin kış aylarına denk gelmesi, ödemelerin ertelenmesine ve gecikme zammı ile farklı ÜFE/TÜFE artış oranları gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunların önlenmesi için kira bedellerinin ortak bir ayda belirlenmesi ve yıllık artış oranlarının standart hale getirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, kış aylarına denk gelen kira ödemelerinin, orman parklarında olduğu gibi, Mayıs-Kasım periyoduna çekilmesi planlanabilir.
- DOYATİHY öncesinde işgalci taşınmaz sahipleri hakkında düzenlenen işgal ve faydalanma zabıtları mahkemelere taşınarak iş yükünü artırırken, yönetmelik sonrasında yeni işgallerin büyük ölçüde azaldığı görülmüştür. Orman suçları istatistiklerine göre, 1988'de 31.305 olan orman suçu sayısı, 2019'da 12.091'e düşmüştür. Bu azalmada, toplumun eğitim seviyesi ve çevre bilincinin artışı, yeni teknolojilerin kullanımı ve kırsal nüfusun azalması gibi faktörler etkili olmuştur (Kahyaoğlu ve ark., 2022). Kırsal alanlardaki nüfus azalması orman kaynaklarına olan talebi düşürürken, alternatif ürünlerin yaygınlaşması ve bilinçli tüketim alışkanlıkları da korumaya katkı sağlamıştır. Yönetmeliğin olumlu etkilerinin sürdürülmesi için yıllık denetim raporlarının hazırlanarak denetim süreçlerinin etkin şekilde devam ettirilmesi önem arz etmektedir.
- Yaylaların korunması ve sürdürülebilir yönetimi için, yerel halkın katılımıyla kooperatifleşme gibi profesyonel modellerle yönetilecek özel yönetim bölgelerinin ilan edilmesi önerilmektedir. Hu ve ark. (2023) tarafından Tibet Platosunda yapılan çalışmada, korunan alanlarda iklim değişikliğinden etkilenecek bölgelerin planlanması sağlanmıştır. Bu yaklaşım, yerel halkın tarihi ve kültürel bağlarını korurken, devlet denetiminin etkin bir şekilde sürdürülmesine olanak tanıyacaktır.

Yayla alanlarının sürdürülebilir yönetimi için, orman ve orman dışı alan sınırlarının netleştirilmesi, taşınmazların kayıt altına alınması ve denetimlerin artırılması gerekmektedir. Kaçak yapılaşmanın önlenmesi, kira ödeme sistemi, tamir-bakım izinleri ve

kullanıcı tespitlerine yönelik yasal düzenlemelerle, devlet-vatandaş ilişkilerindeki uyuşmazlıkların azaltılması hedeflenmektedir. Bu öneriler, yaylaların bütüncül bir yönetim anlayışıyla daha sürdürülebilir hale getirilmesini amaçlamaktadır.

Otlak alanlarının yaylalarla birlikte tek bir mevzuat kapsamında yönetilmesi, aşırı otlatmanın önlenmesi ve tescil işlemlerinin tamamlanması hayvancılığın gelişimine katkı sağlayacaktır. Yaylacılığın devlet tarafından doğrudan desteklenmesi ise yaylaların sürdürülebilirliğini güçlendirebilir.

Sonuç olarak, önerilerin uygulanması, Düzce'deki yaylaların doğal ve kültürel değerlerinin korunmasına katkı sağlayarak kırsal göçün önlenmesine yardımcı olabilir. Yaylaların sürdürülebilir yönetimi için yasal düzenlemelerin gözden geçirilmesi ve etkili bir yönetim modelinin oluşturulması gerekmektedir. Turyahabwe ve Banana (2008), Uganda'daki çalışmada, yeni politika oluşturmanın zorluğu nedeniyle mevcut politikaların operasyonel hale getirilmesi ve izleme-değerlendirme süreçlerine önem verilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Etkili bir yönetim modeli oluşturmak için mevcut durum analizi, paydaş görüşmeleri ve teknolojik altyapının değerlendirilmesi yapılarak pilot uygulamalar başlatılmalıdır. Pilot aşamadan elde edilen geri bildirimlerle politikalar yaygınlaştırılmalı, dijital izleme sistemleri geliştirilerek paydaşlar eğitilmelidir. Sürekli izleme ve raporlama ile sürdürülebilirlik stratejileri belirlenmeli, yerel halkın katılımı sağlanarak her bölgeye özgü esnek planlama yaklaşımları benimsenmeli ve finansal kaynaklar önceden planlanarak sürdürülebilir kaynak yönetimi sağlanmalıdır.

Teşekkür

Saha uygulamalarında karşılaşılan zorluklara dair katkılarından dolayı Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Düzce ve Gölyaka Orman İşletme Müdürlüğü, Düzce Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Düzce Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, Düzce Kültür ve Turizm İl Müdürlüğü personeline teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akbaş, F. ve Baykal, F. (2022). Dünyada Yaylacılık Kültürüne Coğrafi Bir Bakış. *Coğrafya Dergisi,* (45)*, 195-213.*

Albayrak, L. (2020). *Ardahan'da Yaylacılık Kültürü ve Yaylacılık Faaliyetlerinde Yaşanan Sorunlar, Ardahan Değerlemeleri-2: Değerler, Potansiyeller ve Yaklaşımlar*, Nobel Akademi Yayınları, Ankara.

Aşk, M. K. (1987). *Yaylak ve Mer'a Islahı*. Kurtuluş Ofset Yayınları, İzmir.

Atmış, E. (1995). *Yayla Turizminin Altyapı Sorunları*. I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Trabzon.

Aydın Coşkun, A., Şentürk, G. ve Birben, Ü. (2007). Hukuksal Açıdan Yayla Kavramı ve Yapılaşma Usul ve Esasları. *Yargıtay Dergisi*, *33*(4).

Berkes, F. ve Folke, C. (1998). Linking Socialand Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press.*

Birben, Ü. (2011). 'Orman Mülkiyeti Ve Kullanım Haklarının Gelişimi Üzerinde Karşılaştırmalı Hukuka Dayalı Bir Analiz'. Doktora Tezi, İstanbul Üniv, Ankara.

Canalioğlu, M. V. (2000). *Yayla Turizmi*. Trabzon İl Turizm Müdürlüğü Yayınları.

Costello, E. ve Svensson, E. (2018). *Transhumant pastoralism in historic landscapes: Beginning a European perspective.* The European Association of Archaeologists.

Çanakçıoğlu, H. (1993). *Orman Koruma*. İstanbul Üniv. Yayınları.

Daşçı, M. ve Çomaklı, B. (2006). Yaylacılık ve Tarımsal Açıdan Önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *37*(2), 275-280.

Defne, M. (1955). *Türkiye'de Otlak ve Otlatma İşlerinin Tanzimi Yolu ile Ormanların Korunması Üzerinde Araştırmalar.* T.C. Ziraat Vekaleti Orman Umum Müdürlüğü Yayınları, *167*(14).

Dong, S. (2016). *Overview: Pastoralism in the World*. In: Dong, S., Kassam, KA., Tourrand, J., Boone, R. (eds) Building Resilience of Human-Natural Systems of Pastoralism in the Developing World. Springer, Cham.

Dorji, N. (2020). 'Transhumant pastoralism in a changing world: Challenges and Opportunities to Sustainable Yak Farming in Bhutan'. PhD Thesis, Wageningen University, Netherlands.

DTİM (2021). "Düzce İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Faaliyet Raporu". T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Düzce Valiliği. (2023). http://www.duzce.gov.tr/cografya. Erişim Tarihi: 30.09.2023

Emiroğlu, M. (1977). Bolu'da Yaylalar ve Yaylacılık. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Yayınları*, 272.

FAO,(2021). Paydaş Katılım Çerçevesi, Türkiye Dayanıklı Peyzaj Entegrasyonu Projesi (TULIP), Çevresel ve Sosyal Yönetim Çerçevesi, Ankara. Erişim adresi:https://www.ogm.gov.tr/tulip/cevresel-

-yonetim-cercevesi/paydas-katilim-cerceve-dokumani. Erişim tarihi: 30.09.2023

Filiz, S. ve Tolunay, A. (2003). Isparta İli'nde Agroforestry Uygulamaları ve Bu Uygulamalarda Kullanılabilecek Bitki Türleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi A(2),1*49-160.

Gençay, G., Birben, Ü. ve Durkaya, B. (2018). Effects of Legal Regulations on Land Use Change: 2/B Applications in Turkish Forest Law. *Journal of Sustainable Forestry, 37(8),* 804-819.

Geray, U. (1983). Tarım ve Orman Arazileri Kullanımında Karma Sistemler. *İstanbul Üniv. Orman Fakültesi Yayınları. 1B* (33).

Gülpınar Sekban, D. Ü. , Bekar, M. ve Acar, C. (2018). Trabzon İlinin Yayla Turizmi Potansiyelinin Değerlendirilmesi ve Farkındalık Yönünden İncelenmesi. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD)* , 3(1), 349-361.

Güner, İ.ve Ertürk, M. (2005). Fethiye'de Yaylalar ve Yaylacılık. *Doğu Coğrafya Dergisi, 10*(14), 141-178.

Güneş, Y. (2007). Conservation Easement and Common Law Easement as a Nature Conservation Tool within the Context of Property Rights and the Economic Trade Off. *Ann. Fac. Droit D'istanbul, 39, 279-294.*

Gürer, N.ve Eke, F. (2011). Dağlık Alanlarda Turizm ve Ekonomik Kalkınma İlişkisinin Sürdürülebilirlik Göstergeleri ile İrdelenmesinde Bir Yöntem Önerisi; Erzurum, Erzincan, Bayburt Bölgesi Örneği. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 2*(1), 125-133.

Hohfeld, W. N. (1913). Fundamental Legal Conceptions as Applied in Judicial Reasoning. *Yale Law Journal, 23*(1), 16-59.

İşiler, M. (2012). 'Türkiye'de Arazi Yönetimine Yönelik Mevzuat Analiz'. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniv, İstanbul.

Kahyaoğlu, N., Güvendi, E. ve Ertuğrul, M,H. (2022). Türkiye'deki Orman Suçlarının Değerlendirilmesi. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5*(1), 115-123.

KTB. (2023). T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. Erişim adresi: https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/duzce/TurizmAktiviteleri/duzce-yaylalari-trans-yayla-turizmi. Erişim Tarihi: 30.09.2023.

Kuruca, N., Kuruca, M. Y. ve Karademir, S. (2019). *Osmanlı Devletinden Günümüze Yaylaların Hukukî Problemleri ve Çözüm Önerileri (Giresun Örneği).* Uluslararası Yaylacılık ve Yayla Kültürü Sempozyumu*,* 126-141.

Mecek, M. & Atmaca, Y. (2020). Yerel Yönetimlerin İdari Yapısına İlişkin Mevzuat Analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 19*(76), 2068-2087.

Miller, D, J. (1999). Nomads of the Tibetan Plateau Rangelands in Western China — Part Three: Pastoral Development and Future Challenges*.* *Rangelands,* 21, 17-20.

OECD, (2006). The New Rural Paradigm Policies and Governance. Erişim adresi:https://www.oecd.org/en/topics/regional-development.html Erişim Tarihi: 11.02.2024

Ögel, B. (1991). *Türk Kültür Tarihine Giriş.* Kültür Bakanlığı Yayınları, Ankara.

Ok, K. (2019). *Karma Ormancılık Üretim Sistemleri ve Türkiye'nin Kırsal Kalkınma Sorunu.* Kırsalda Üretim ve İstihdam Temelli Kalkınma Çalıştayı, 2019, İzmir.

Özdemir, M. (2017). 'Giresun Yayla Şenlikleri'. Doktora Tezi. Hacettepe Üniv. / Sosyal Bil. Enst, Ankara.

Özbudun, E. (2023). *Türk Anayasa Hukuku.* Yetkin Yayınları, Ankara.

Özden, S., Atmış, E. ve Menemencioğlu, K. (2004). Negative Effects of Recent Unplanned Expansion on Highland Ecosystems in Turkey. *Mountain Research and Development* 24(4), 303-306.

Pradeep, M. D. (2019). Legal Research- Descriptive Analysis on Doctrinal Methodology. *International Journal of Management, Technology, and Social Sciences, 4*(2), 95-103.

Pelyukh, O., Lavnyy, V., Paletto, A. ve Troxler, D. (2021). Stakeholder Analysis in Sustainable Forest Management: An Application in The Yavoriv Region (Ukraine). *Forest Policy and Economics,* 131.

Razali, A.,Ismail. S.,Awang, S., Praveena, M. ve Abidin, Z. (2018). Land Use Change In Highland Area And Its Impact On River Water Quality: A Review Of Case Studies In Malaysia*. Ecological Processes, 7*(19).

Resmî Gazete, (2013). Devlet Ormanlarındaki Yayla Alanlarının Tespiti ve İdaresi Hakkında Yönetmelik. Ankara, Türkiye. Erişim adresi:

https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=17181&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (1983). Devlet İhale Kanunu. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=2886&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5 Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (2007). Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik. Ankara, Türkiye. Erişim adresi:
https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=11385&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5 Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (2018). Cumhurbaşkanı Kararı. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/afyon/menu/3194-degisiklik-gecici-16_20180607081602.pdf Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (2021). İmar Kanunu Geçici Madde 16. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/01/20210130-17.pdf Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (1987). Kadastro Kanunu. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=3402&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5 Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (1924). Köy Kanunu. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=442&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=3 Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (1926). Medeni Kanun. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=4721&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5 Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (1998a). Mera Kanunu. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=4342&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5 Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (1998b). Mera Yönetmeliği. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5057&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5 Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (1985). Orman Genel Müdürlüğü Teşkilat Ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun. Ankara, Türkiye. Erişim adresi:

https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=3234&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5 Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (1956). Orman Kanunu. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6831&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=3Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (2012). Orman Köylülerinin Kalkındırılmalarının Desteklenmesi Faaliyetlerine İlişkin Yönetmelik. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=16226&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5Erişim Tarihi: 23.06.2024

Resmî Gazete. (2012, 7 11). Ormanlarda Ve Orman İçinde Bulunan Otlak, Yaylak Ve Kışlaklarda Hayvan Otlatılmasına İlişkin Usul Ve Esaslar Hakkında Yönetmelik. Ankara, Türkiye.

Resmî Gazete. (2023, 13 12). Antalya, Balıkesir, İstanbul, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla, Mersin, Sivas, Trabzon ve Yozgat'ta bazı alanların orman sınırları dışına çıkartılması hakkında karar. Ankara, Türkiye.

Sayıştay Başkanlığı (2022). Orman Genel Müdürlüğü 2022 Yılı Denetim Raporu, Ankara.

Sayıştay Başkanlığı (2023). Orman Genel Müdürlüğü 2023 Yılı Denetim Raporu, Ankara.

Somuncu, M., Akpınar, N., Kurum, E. ve Kaya, N. (2014). *Doğu Karadeniz Bölgesi Yaylalarının İşlevlerinde Meydana Gelen Değişim ve Sonuçları.* Yayla Kültürü ve Yaylacılık Sempozyumu, 77-105. Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik.

Sözer, A. N. (1972). *Kuzeydoğu Anadolu'da Yaylacılık*. İş Matbaacılık ve Ticaret, Ankara.

Susskind, L., Cruikshank, J. (1987). *Breaking the Impasse: Consensual Approaches to Resolving Public Disputes*. Basic Books.

Şen, G. (2011). 'Yaylacılık Faaliyetlerindeki Sosyo-Ekonomik Değişimin Yüksek Dağ Ormanları Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması (Maçka İlçesi Örneği)'. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniv, Trabzon.

Şeremet, M., Alaeddinoğlu, F. ve Okudum. R. (2021). *Rural Community Development Through Ecotourism In Turkey: Challenges And Opportunities In The Eastern Black Sea Region*. Ecotourism And Rural Community Development Book.

Tamanaha, Brian Z. (1997). *Realistic Socio-Legal Theory: Pragmatism and a Social Theory of Law*. Oxford University Press.

TBMM (2024). https://www.tbmm.gov.tr/ Erişim Tarihi:13.06.2024

T.C. Cumhurbaşkanlığı (2024). Erişim adresi: https://www.tccb.gov.tr/ Erişim Tarihi: 30.05.2024

Tekin, Ö. F. (2021). Yayla Turizminin Kırsal Kalkınma ve Sürdürülebilir Turizm Bağlamında Değerlendirilmesi: Rize Örneği. *Çatalhöyük Uluslararası Turizm ve Sosyal Araştırmalar Dergisi,* (7)*, 16-28.*

TOB (2024). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim adresi: https://www.tarimorman.gov.tr/ Erişim Tarihi: 30.06.2024.

Tulukcu Yıldızbaş, N., Aydın, A., (2023). Sürdürülebilir Ormancılık Esasları Kapsamında Koruma-Kullanma Dengesine Dair Bir Mevzuat Analizi. *Journal of Environmental and Natural Studies, 5*(3), 226-234.

Turyahabwe, N. ve Banana, A.Y. (2008). An Overview Of History And Development Of Forest Policy And LegislationIn Uganda. *International ForestryReview, 10*(4), 641-656.

UNEP (2004). Birleşmiş Milletler Çevre Programı. 2004 Yılı Türkiye İlişkileri Raporu. Ankara. Erişim adresi: https://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-cevre-programi.tr.mfa Erişim tarihi: 23.06.2024

UNESCO (2020). UNESCO Türkiye Millî Komisyonu 2020-2021 Faaliyet Raporları, Erişim adresi: www.unesco.org.tr Erişim tarihi: 23.06.2024

Hu, X., Wei, L., Cheng, Q., Wu, X., Ni, J. (2023). Adjusting the protected areas on the Tibetan Plateau under changing climate, *Global Ecology and Conservation, 45*.

Zaman, M. ve Birinci, S. (2012). *Anadolu'da Yayla Yerleşmeleri, Tarihsel Gelişimi ve Yaylacılık Kültürü.* 4. Uluslararası Türk Kültürü Sempozyumu, 525-549.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s.539-551
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1602988

Düzce İli Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinde İş Kazalarının Analizi*

Analysis of Occupational Accidents in Forest Products Industry Enterprises in Düzce Province

Gülseren YEŞİLDAĞ [1], Derya SEVİM KORKUT [1]

Özet

Çalışmanın amacı, Düzce ilinde orman ürünleri sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde yaşanan iş kazalarının analiz edilmesidir. Bu amaçla Düzce ilinde orman ürünleri sektöründe faaliyet gösteren işletmelerdeki 5029 çalışan çalışmanın evrenini oluşturmuştur. Oluşturulan anket formları Eylül 2023-Temmuz 2024 döneminde toplam 30 işletmede, 405 çalışana yüz yüze anket yöntemiyle uygulanmış ve 374 anket değerlendirmeye alınmıştır. Çalışma sonucunda; katılımcıların %82,9'unun iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgi sahibi olduğu, %85'inin ise yapılan işle ilgili olarak kişisel koruyucu ekipman kullandıkları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Düzce, İş kazası, Orman ürünleri endüstrisi, İş sağlığı ve güvenliği.

Abstract

The aim of the study was to analyze occupational accidents in enterprises operating in the forest products sector in Düzce province. For this purpose, 5029 employees in enterprises operating in the forest products sector in Düzce province constituted the universe of the study. The survey forms were applied to 405 employees in a total of 30 enterprises via face-to-face survey method between September 2023 and July 2024, and 374 surveys were evaluated. As a result of the study; It was determined that 82.9% of the participants had knowledge about occupational health and safety, and 85% used personal protective equipment for the work done.

Keywords: Düzce, Occupational accident, Forest products industry, Occupational health and safety.

Geliş Tarihi: 17.12.2024, Düzeltme Tarihi: 02.01.2025, Kabul Tarihi: 07.03.2025
Adres: [1]Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
E-mail: deryasevimkorkut@duzce.edu.tr
*Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinde İş Kazalarının Analizi: Düzce İli Örneği" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

İş güvenliği, çalışanların iş kazası yaşamasını önlemek amacıyla güvenli bir çalışma ortamı yaratmak için alınması gereken önlemlerdir (Yıldırım ve ark., 2015). İş sağlığı ve güvenliği (İSG), çalışanların işyerlerindeki fiziksel çevre koşulları nedeniyle maruz kaldıkları sağlık sorunları ve mesleki risklerin ortadan kaldırılması veya azaltılması ile ilgilenen bir bilim dalı haline gelmiştir (İlhan ve ark., 2013). İSG'nin asıl amacı, çalışanları iş kazalarından ve meslek hastalıklarından korumaktır (Atılgan ve ark., 2015); çalışanların korunması, üretim güvenliği ve üretim verimliliğinin sağlanması temel hedeflerini oluşturmaktadır (Gedik ve İlhan, 2014).

Kaza, hiçbir sebep yokken, beklenmedik bir zamanda, belirli bir amaç olmadan ve rastgele meydana gelir (Gedik ve İlhan, 2014). 6331 Sayılı İSG Kanunu (2012) 3. Maddesi g. Bendinde iş kazası "İşyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hale getiren olay" olarak tanımlanmıştır.

İş kazalarının büyük çoğunluğu örgütsel, bireysel, işyeri ve ekonomik faktörler gibi alt faktörlerden etkilenmektedir (Akyüz ve ark., 2020). İş kazaları ve meslek hastalıklarını azaltmak için kazaların her yönünün araştırılması ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi esastır (Gedik ve İlhan, 2014).

Orman ürünleri sanayi sektörü, yarattığı istihdam ve üretim gücüyle imalat sanayi içerisinde üç ayrı alt sektörde (ağaç ürünleri ve mantar imalatı, kağıt ve kağıt ürünleri imalatı, mobilya imalatı) faaliyetini sürdürmektedir (Akyüz ve ark., 2016a). SGK 2023 yılı verilerine göre; Düzce ili orman ürünleri sanayi sektöründe toplam 328 işletme faaliyet göstermektedir. Sektörel dağılım incelendiğinde; ağaç ürünleri ve mantar imalatı sektöründe 157, kağıt ve kağıt ürünleri imalatı sektöründe 6, mobilya imalatı sektöründe ise 165 işletme bulunmaktadır. Ağaç ürünleri ve mantar imalatı sektöründe 2.125, kağıt ve kağıt ürünleri imalatı sektöründe 90, mobilya imalatı sektöründe ise 2.281 çalışan olmak üzere Düzce orman ürünleri sektöründe toplam 4.496 çalışan istihdam edilmektedir (SGK, 2025).

Orman ürünleri sanayi sektörü tehlikeli işler grubu içinde yer almaktadır (Akyüz ve ark., 2016b). Üretim yapısı itibariyle kontrol edilebilir ve kontrol edilemez birçok risk faktörüne sahip olması (Akyüz ve ark., 2018) ve emek yoğun bir sektör olması nedeniyle iş kazaları ve meslek hastalıkları bu sektörde yoğun olarak meydana gelmektedir (Gedik ve ark., 2022).

Üretim alanlarında bulunan araçların önemli bir bölümü çalışanlar açısından tehlikeli durumların oluşmasına neden olmaktadır (Akyüz ve ark., 2016b). Çalışma alanlarında kesme, delme veya diğer tahrip edici işlemleri yapan makine ve araçlar, gerekli önlemlerin alınmaması sonucu kazaların yaşanmasına neden olmaktadır (İlhan ve ark., 2013).

Kaza olaylarının önlenebilmesi için işletmelerde gerekli tedbirler alınmalıdır. İşletmelerde kullanılan el aletleri/makinelerin bakımlarının, planlı bakım çalışması hazırlanarak düzenli olarak yapılmaları (Gedik ve İlhan, 2014); üretim ve bakım/onarım bölümlerinde risk değerlendirmelerinin uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır (Gedik ve ark., 2022). Risk ve kaza analizleri yapılmalı ve gereken düzeltici tedbirler alınmalıdır (Akyüz ve ark., 2016b). İş kazalarından korunmada çalışanlara eğitimler verilerek iş kazalarına yönelik algısal durumları tespit edilmeli ve böylece düzenleyici önlemler alınmalıdır (Akyüz ve ark., 2018). İşletmelerde herhangi bir hasar veya zarar meydana gelmeden önce önleyici çalışmalar yapılmalı, işyerlerine İSG konusunda gerekli uyarı levhalarının asılması zorunlu hale getirilmelidir (Gedik ve Sevim Korkut, 2011). İşletme içi çalışma koşullarının iyileştirilmesi, çalışanlara yaptıkları işe uygun kişisel koruyucu donanımların sağlanması ve çalışanlara yaptıkları işle ilgili gerekli eğitimlerin verilmesi, çalışanların risk alma eğilimlerinin azaltılmasında önemli faktörler olarak görülmektedir (Çil ve Gedik, 2022).

Bu çalışmanın temel amacı, orman ürünleri sanayi işletmelerinde çalışanların iş kazalarına maruz kalma durumunu belirlemektir. Bu amaçla Düzce ilinde faaliyette bulunan orman ürünleri sanayisinde çalışanlar çalışma kapsamına alınmıştır.

Bu çalışma Düzce ilinde orman ürünleri sektöründe faaliyet gösteren işletmeler ve hazırlanan anket formundan elde edilen verilerle sınırlıdır. Anket sorularının katılımcılar tarafından doğru anlaşıldığı ve içtenlikle cevaplandığı varsayılmıştır. Orman ürünleri sanayi işletmelerinin tamamına ulaşılamamış olması ve anket yöntemiyle veri toplanmış olması çalışmanın sınırlılıklarını oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın evrenini Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) 2022 verilerine göre Düzce ilinde orman ürünleri sektöründe faaliyet gösteren 322 işletme ve bu işletmelerdeki 5029 çalışan oluşturmuştur. Örneklem büyüklüğü %95 güven düzeyi ve %5 hata payı (Lemeshow ve ark., 1990) ile 357 olarak belirlenmiştir. Anket çalışması için Eylül 2023-Temmuz 2024 döneminde 10 ve üzeri çalışanı olan toplam 50 işletme ile görüşülmüştür. Bu işletmelerin 20'si işlerinin yoğunluğu nedeniyle anketin kendi işyerlerinde yapılmasını uygun

bulmamıştır. Anket formu, anketin yapılmasına katkı sağlayan 30 işletmedeki 405 çalışana basit rastgele örnekleme yöntemi ile uygulanmıştır. Anketlerin incelenmesi sonucunda, bazı soruların eksik ya da hatalı doldurulması nedeniyle 31 anket değerlendirme dışında tutularak, toplam 374 anket değerlendirmeye alınmıştır.

Anket formu, İnce (2019) tarafından hazırlanan yüksek lisans tezine dayalı olarak geliştirilmiştir. Formda, katılımcıların demografik özellikleri, çalışma durumları ve iş kazalarına yönelik sorular yer almaktadır. Verilerin analizinde SPSS (2003) paket programı kullanılmış ve tanımlayıcı istatistikler ile güvenirlik analizleri yapılmıştır. Cronbach Alpha Katsayısı 0.951 olarak hesaplanmış, Kaiser Meyer Olkin (KMO) değeri 0.933 ve Bartlett'in Küresellik testi sonucu 12266.531 bulunmuştur. Bu sonuçlar, Özdamar (2002) ve Kalaycı (2010)'a göre veri setinin hem güvenilir hem de geçerli olduğunu göstermektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Katılımcıların Demografik Bilgileri

Demografik özellikler irdelendiğinde, %68.4 oranında erkek katılımcıların, %31.6 oranında kadın katılımcıların çalışmaya katıldıkları görülmektedir. Katılımcıların %35.1'inin 26-35 yaş aralığında toplandığı, yaş aralığının ise 20 ile 69 arasında değiştiği belirlenmiştir. Katılımcıların %67.4'ünün evli, %31.6'sının lise mezunu, %47.3'ünün ortalama aylık gelirinin 20.001 TL ve üzerinde olduğu görülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Katılımcıların demografik bilgileri.

Seçenekler		**Kişi sayısı**	**Oran (%)**
Cinsiyet	Erkek	256	68.4
	Kadın	118	31.6
	Toplam	**374**	**100**
Yaş grubu	25 yaş ve altı	42	11.4
	26-35	129	35.1
	36-45	109	29.6
	46 ve üzeri	88	23.9
	Toplam	**368**	**100**
Medeni durum	Evli	252	67.4
	Bekar	122	32.6
	Toplam	**374**	**100**
Eğitim durumu	İlkokul	88	23.5
	Ortaokul	56	15
	Lise	118	31.6
	Ön lisans	30	8
	Lisans	71	19
	Lisansüstü	11	2.9
	Toplam	**374**	**100**
	11.402 TL'den az	9	2.4

Ortalama aylık gelir	11.402 TL-13.000 TL arası	22	5.9
	13.001 TL-20.000 TL	166	44.4
	20.001 TL ve üzeri	177	47.3
	Toplam	**374**	**100**

3.2. Katılımcıların İş Bilgileri

Katılımcıların işyerlerinin faaliyet alanları incelendiğinde; katılımcıların %40.6'sının mobilya, %38.5'inin kereste, %12.3'ünün ise levha alanında çalıştığı belirlenmiştir. Katılımcıların %8.6'sı ise diğer seçeneği altında lamine parke, masif panel/profil, otomotiv ahşabı alanında çalıştığını belirtmiştir.

Katılımcıların çalışma hayatları boyunca toplam çalışma sürelerinin 1 yıl ile 40 yıl arasında değiştiği görülmüştür. Toplam çalışma süresi 10 yıl ve üzerinde olan katılımcıların oranı %56.7 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Katılımcıların bulundukları işletmedeki çalışma sürelerinin 1 yıl ile 25 yıl arasında değiştiği, %35.6'sının bulundukları işletmedeki çalışma sürelerinin 1-3 yıl arasında olduğu görülmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 2. Katılımcıların iş bilgileri.

Seçenekler		**Kişi sayısı**	**Oran (%)**
Çalışma süreleri (toplam)	1 yıldan az	-	-
	1-3 yıl arası	53	14.7
	4-6 yıl arası	62	17.2
	7-9 yıl arası	41	11.4
	10 yıl ve üzeri	204	56.7
	Toplam	**360**	**100**
Bulundukları işletmede çalışma süreleri	1 yıldan az	-	-
	1-3 yıl arası	130	35.6
	4-6 yıl arası	95	26
	7-9 yıl arası	50	13.7
	10 yıl ve üzeri	90	24.7
	Toplam	**365**	**100**
Çalıştıkları bölüm	Üretim	236	63.1
	Planlama	9	2.4
	Kalite kontrol	27	7.2
	Bakım	22	5.9
	Diğer	80	21.4
	Toplam	**374**	**100**
İş yerindeki statü	İşçi	239	63.9
	Ustabaşı	21	5.6
	Vardiya amiri	8	2.1
	Mühendis	48	12.8
	Diğer	58	15.5
	Toplam	**374**	**100**

Katılımcıların %63.1'inin üretim bölümünde, %21.4'ünün diğer seçeneği altında; zımparalama, paketleme, satın alma, insan kaynakları, muhasebe, e-ticaret, ihracat, araştırma-geliştirme, lojistik, depo, satış-pazarlama, sevkiyat, bilgi işlem, tasarım, döşeme, kazan ve boyahane bölümlerinde çalıştıkları belirlenmiştir.

Katılımcıların %63.9'u iş yerindeki statülerini işçi olarak, %15.5'i operatör, muhasebeci, uzman, satın alma, e-ticaret uzmanı, üretim sorumlusu, depo ve stok sorumlusu, kazan operatörü ve bakım elemanı olarak belirtmişlerdir.

3.3. İSG İle İlgili Değerlendirme

Katılımcıların %82.9'unun İSG hakkında bilgi sahibi olduğu, %13.4'ünün ise kısmen bilgi sahibi olduğu belirlenmiştir. Aşkın ve Öztürk (2022) tarafından Çanakkale ilinde küçük ve orta ölçekli mobilya işletmeleri çalışanları ile yapılan çalışmada, katılımcıların %73.6'sının İSG hakkında bilgi sahibi olduğu, %22.1'inin kısmen bilgi sahibi olduğu belirlenmiştir.

Katılımcıların %83.6'sının İSG ile ilgili eğitim aldıkları tespit edilmiştir. Gedik ve İlhan'ın (2014) Sakarya ilinde faaliyet gösteren mobilya işletmelerinde yaptıkları çalışmada katılımcıların %80.2'sinin İSG konusunda eğitim aldıkları; Yıldırım ve ark. (2015) tarafından Türkiye genelinde mobilya endüstrisinde çalışanlar ile yapılan çalışmada katılımcıların %72'sinin İSG eğitimi aldıkları; Zor ve ark. (2017) tarafından Zonguldak ilinde mobilya işletmelerinde çalışanlar ile yapılan çalışmada, katılımcıların %88.9'unun İSG konusunda eğitim aldıkları; Akyüz ve ark. (2018) Türkiye genelinde orman ürünleri sanayi sektörünün farklı alt gruplarında (mobilya, levha, kağıt ve kereste-doğrama) yer alan işletmeler düzeyinde yaptıkları çalışmada katılımcıların %80'lik bölümünün İSG eğitimini tamamen ya da kısmen aldıkları; İnce (2019) tarafından Adana ilinde küçük ölçekli mobilya sanayi işletmelerinde çalışanlar ile yapılan çalışmada katılımcıların %59.7'sinin iş kazası ile ilgili eğitim aldıkları belirtilmiştir.

Katılımcıların aldıkları eğitim konuları arasında; yangın tatbikatı, İSG, standart işbaşı eğitimi, iş kazası, ilk yardım, yüksekte çalışma, iş kanunu, doğru ekipman kullanımı, C sınıfı iş güvenliği, risk yönetimi, temel güvenlik bilgisi, acil durum, deprem, çevre, güvenlik, makine güvenliği, kişisel koruyucu ekipman kullanımı, meslek hastalıkları, çalışma mevzuatı yer almaktadır.

Katılımcılar eğitimleri; işyerlerinde, üniversitede, Düzce Çevre ve OSGB'de, iş sağlığı ve güvenliği uzmanından, özel şirkette, Doruk ortak sağlık güvenlik biriminde, risk merkezinde, meslek lisesinde ve yetkili İSG eğitim merkezinde aldıklarını belirtmişlerdir.

Katılımcıların yaptıkları işle ilgili kendileri için uygun kişisel koruyucu ekipman kullanım durumları incelendiğinde, katılımcıların %85'i yaptıkları işle ilgili olarak kişisel koruyucu ekipman kullandıklarını ifade etmişlerdir. İnce'nin (2019) çalışmasında katılımcıların %60,1'inin; Gedik ve İlhan'ın (2014) çalışmalarında katılımcıların %71.4'ünün bir koruyucu ekipman kullandıkları belirlenmiştir.

Katılımcıların en fazla kullandıkları kişisel koruyucu ekipmanın eldiven ve çelik burunlu ayakkabı olduğu, en az kullandıklarının ise önlük ve koruyucu elbise olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). İnce (2019) tarafından yapılan çalışmada, katılımcıların koruyucu ekipman olarak en fazla eldiven ve gözlük kullandıkları, İlhan ve ark.'nın (2013) Sakarya ili mobilya imalatında çalışanlar ile yaptıkları çalışmada ise çalışanların sadece eldiven kullandıkları belirtilmiştir.

Çizelge 3. Kişisel koruyucu ekipman kullanımı.

Seçenekler	**Ortalama***	**Standart sapma**
Eldiven	1.3342	0.472
Çelik burunlu ayakkabı	1.4064	0.491
Kulaklık	1.5267	0.499
Maske	1.5321	0.499
Gözlük	1.5802	0.494
Baret	1.7594	0.428
Önlük	1.7620	0.426
Koruyucu elbise	1.8102	0.392

*1: Evet, 2: Hayır

İşletme genelinde son bir yılda meydana gelen iş kazası durumu değerlendirildiğinde; katılımcıların %62.6'sı son bir yılda çalıştıkları işletmede iş kazası meydana geldiğini belirtmiştir. Bu durumun aksine literatür incelendiğinde "İnce (2019)" ve "Aşkın ve Öztürk (2022)" tarafından yapılan çalışmalarda son bir yılda çalıştıkları işletmede iş kazası yaşanmadığını belirten katılımcıların oranının daha fazla olduğu belirlenmiştir.

İşletme genelinde son bir yılda meydana gelen iş kazası sonucunda en fazla kesilme ve ezilme olaylarının yaşandığı katılımcılar tarafından belirtilmiştir (Çizelge 4). İnce (2019) tarafından yapılan çalışmada işletmelerde iş kazası sonucunda en fazla kesilme ve incinme olaylarının yaşandığı belirlenmiştir. Şen ve Çınar (2017) mobilya işletmelerinde yaptıkları çalışmalarında hafif yaralanma ile sonuçlanan iş kazalarının oranını %60 olarak belirtmişlerdir.

Çizelge 4. Meydana gelen iş kazası sonucunda yaşanan durum.

Seçenekler	Ortalama*	Standart sapma
Kesilme	1.6497	0.477
Ezilme	1.6765	0.468
Kırık	1.8075	0.394
İncinme	1.8449	0.362
Uzuv kopması	1.9412	0.235
Göze yabancı cisim kaçması	1.9442	0.219
Yanma	1.9706	0.169
Görme kaybı	1.9840	0.125
Can kaybı	1.9840	0.125
İşitme kaybı	1.9866	0.115
Herhangi bir yaralanma olayı yaşanmadı	1.9866	0.115
İş görebilme yetisinde kayıp	1.9893	0.103

*1: Evet, 2: Hayır

Yaşanan iş kazası olayları sonrası işletmede önlem alınma durumu değerlendirildiğinde, katılımcıların %90.6'sı (339 katılımcı) yaşanan iş kazası olayları sonrası işletmede önlem alındığını belirtmiştir.

İş kazalarının oluşum sebepleri değerlendirildiğinde katılımcılar tarafından en önemli yargı "Dalgınlık, dikkatsizlik ve yorgunluk halleri" olarak belirtilmiştir. Bu yargıdan sonra "Makinalarda sensör, acil durdurma butonlarının bulunmaması ya da çalışır durumda olmaması" yargısı gelmektedir. En az önem düzeyine sahip yargı ise "Çalışma ortamının ısıl konfor özelliklerinin yetersizliği" olarak görülmektedir (Çizelge 5). İnce (2019) yaptığı çalışmada iş kazalarının oluşum sebepleri arasında katılımcılara göre en önemli yargının "eğitim yetersizliği" olduğunu, önem düzeyi düşük yargının ise "işletme içinde hızlı araç kullanımı" olduğunu belirtmiştir. Şen ve Çınar'ın (2017) çalışmalarında katılımcıların iş kazası nedenleri arasında sırasıyla; acelecilik, dikkatsizlik, dalgınlık, yorgunluk ve düzensizlik seçeneklerini işaretledikleri belirtilmiştir. Gençer (2014) çalışmasında iş kazalarının önemli nedeninin dikkatsizlik ve dalgınlık kaynaklı olduğunu belirlemiştir. Aşkın ve Öztürk (2022) yaptıkları çalışmalarında kazaların en önemli nedenini dikkatsizlik olarak belirtmişlerdir.

Çizelge 5. İşyerindeki kaza nedenleri.

Seçenekler	**Ortalama***	**Standart sapma**
Dalgınlık, dikkatsizlik ve yorgunluk halleri	1.2941	0.511
Makinalarda sensör, acil durdurma butonlarının bulunmaması ya da çalışır durumda olmaması	1.3316	0.668
Eğitim eksikliği	1.3342	0.712
Yapılan işin ciddiye alınmaması	1.3610	0.638
İş disiplinindeki eksiklikler	1.3743	0.580
Tecrübe eksikliği	1.4037	0.659
Yetersiz çalışma ekipmanı kullanımı	1.4225	0.697
Uyarı levhalarının bulunmaması	1.4545	0.703
Uzmanlık alanı dışında çalıştırılma	1.4572	0.730
Çalışma talimatlarının bulunmaması	1.4652	0.692
Denetim eksikliği	1.5027	0.738
Güvenlik alanlarının yetersizliği (çalışma alanının yetersizliği)	1.5241	0.794
Uygun olmayan makine yerleşim düzeni	1.5508	0.792
Motivasyon yetersizliği	1.5856	0.789
Çalışma zemini/yolların uygun olmaması	1.6123	0.845
Teknoloji ve donanım yetersizliği	1.6364	0.813
Stabil iş düzeni	1.6872	0.867
Çalışma ortamının ısıl konfor özelliklerinin yetersizliği	1.7754	0.936

*1: Çok önemli, 5: Hiç önemli değil

İş kazalarının önlenebilmesi için yapılması gerekenler değerlendirildiğinde en önemli yargıların "İş sağlığı ve güvenliği hakkında personele eğitim verilmeli" ve "Bozuk/kırık araç-gereç kullandırılmamalı" olduğu belirlenmiştir. En düşük önem düzeyine sahip yargı ise "Çalışma ortamında monotonluktan kaçınılmalı" olarak görülmektedir (Çizelge 6). İnce'nin (2019) çalışmasında iş kazalarının önlenebilmesi amacıyla işletmeler tarafından yapılması gerekenler arasında en önemli yargının "Eğitim verilmeli" yargısı olduğu, en düşük önem düzeyine sahip yargının ise "Düzenli olarak işletmede risk analizi yapılmalı" yargısı olduğu belirtilmiştir. Çil ve Gedik (2024) tarafından yapılan çalışmada, katılımcı öğrencilerin İSG konusundaki farkındalık düzeyleri incelenmiş ve çalışma sonucunda katılımcı öğrencilerin eğitim hayatları boyunca acil durum eylem planı ve risk analizi eğitimleri alması gerektiği ifade edilmiştir.

Çizelge 6. İş kazalarının önlenebilmesi için neler yapılmalı.

Seçenekler	Ortalama*	Standart sapma
İş sağlığı ve güvenliği hakkında personele eğitim verilmeli	1.3957	0.936
Bozuk/kırık araç-gereç kullandırılmamalı	1.3957	0.904
İş güvenliği tedbirleri kapsamında kişiye uygun kişisel koruyucu ekipman kullanımı zorunlu hale getirilmeli	1.4198	0.939
Düzenli bakım ve periyodik kontrol faaliyetleri yapılmalı	1.4332	0.881
Acil durumlar (yangın, deprem, sel, sabotaj vs.) ile ilgili eğitim verilmeli	1.4545	0.912
İşe giriş muayeneleri ve periyodik muayeneler düzenli yapılmalı	1.4893	0.928
Üretim hattında kapasiteye uygun makine teçhizat kullanılmalı	1.5027	0.922
İş sağlığı ve güvenliği uzmanı bulundurulmalı ve denetim sürekliliği olmalı	1.5160	0.939
İş yeri hekimi bulundurulmalı, sağlık kontrolleri sürekli yapılmalı	1.5321	0.945
Motivasyonu teşvik edici teknikler kullanılmalı	1.5455	0.950
İşletmedeki ana ve tali yollar personel sayısı ve nakliye trafiğine göre dizayn edilmeli-işaretlemeler yapılmalı	1.5508	0.941
Sistematik olarak işletmede risk analizi gerçekleştirilmeli	1.5722	0.939
Çalışanların iş yükü hafifletilmeli	1.5775	0.956
Personel uzmanlık alanı dışında çalışmaya sevk edilmemeli	1.5829	1.039
Ergonomik bir çalışma ortamı yaratılmalı	1.5909	0.941
Çalışma ortamında monotonluktan kaçınılmalı	1.6578	1.001

*1: Tamamen katılıyorum, 5: Tamamen katılmıyorum

4. Sonuç ve Öneriler

Eylül 2023-Temmuz 2024 döneminde yapılan çalışmanın sonuçlarına göre Düzce ilinde faaliyet gösteren orman ürünleri sanayi işletmelerinde kadın çalışanlardan daha fazla erkek çalışan olduğu belirlenmiştir. Bu durum, orman ürünleri sektörünün hem fiziksel iş yükü hem de sektörel gelenekler nedeniyle erkek çalışanların yoğun olduğu sektörler arasında yer almasıyla açıklanabilir. Katılımcıların %35.1'inin 26-35 yaş aralığında olduğu görülmüştür. Katılımcıların %31.6'sının lise mezunu, %21.9'unun ise lisans ve lisansüstü mezunu olduğu belirlenmiştir.

Katılımcıların çalışma süreleri incelendiğinde; %56.7'sinin çalışma hayatları boyunca toplam çalışma sürelerinin 10 yıl ve üzeri olduğu, %35.6'sının ise mevcut işinde 1-3 yıl arasında çalışma süresine sahip olduğu belirlenmiştir.

Katılımcıların %63.1'nin üretim bölümünde çalıştığı belirlenmiştir. İş kazalarının en fazla gerçekleştiği bölümlerden biri olan üretim bölümü çalışanlarına İSG konularında düzenli eğitimler verilmeli ve gerekli önlemler alınmadır. Verilen eğitimler sayesinde iş kazalarının önüne geçilebilir.

Katılımcıların %82.9'unun İSG konusunda bilgisinin olduğu, %13,4'ünün kısmen bilgisinin olduğu, %83.6'sının İSG ile ilgili eğitim aldıkları, %85'inin yapılan işle ilgili olarak kişisel koruyucu ekipman kullandıkları belirlenmiştir. Katılımcılar tarafından en sık

kullanılan kişisel koruyucu ekipmanlar eldiven ve çelik burunlu ayakkabı olarak belirtilmiştir. Çalışanların bu konuda farkındalıklarını artırmak amacıyla kişisel koruyucu donanımların kullanımı konusunda düzenli eğitimler verilmelidir. Kişisel koruyucu ekipman kullanım oranı arttıkça iş kazaları önlenebilir.

Katılımcıların %62.6'sı tarafından işletme genelinde son bir yılda iş kazası meydana geldiği ve en sık yaşanan iş kazalarının kesik ve ezilme olarak gerçekleştiği belirtilmiştir.

İş kazalarının oluşum sebepleri değerlendirildiğinde katılımcılara göre en önemli yargının "Dalgınlık, dikkatsizlik ve yorgunluk halleri" yargısının olduğu görülmektedir. Çalışanların iş yükünün artması, uygun dinlenme aralarının verilmemesi, dalgınlık, dikkatsizlik ve yorgunluğu beraberinde getirerek iş kazalarına neden olacaktır. İşverenlere çalışanlara yapabileceklerinden daha fazla iş yükü yüklememeleri ve uygun dinlenme araları sağlamaları önerilir. Her türlü güvenlik tedbiri alınmalı ve çalışanların en dikkatsiz durumlarda bile kaza geçirmelerine olanak bırakmayacak koşullar sağlanmalıdır.

Katılımcılara göre iş kazalarını önlemek için yapılması gerekenler arasında en önemli yargı "Çalışanlara iş sağlığı ve güvenliği konusunda eğitim verilmelidir" olarak görülmüştür. İş kazalarını önlemek için en önemli öneri, çalışanlara ve işverenlere düzenli İSG eğitimleri verilmesidir. Eğitimlerin yanı sıra, işyerlerinde kapsamlı risk analizleri yapılmalı ve alınan önlemler düzenli olarak denetlenmelidir. Bu yaklaşımlar, iş kazalarını önemli ölçüde azaltabilir ve güvenli bir çalışma ortamı sağlayabilir.

Kaynaklar

Akyüz, K. C., Yıldırım, İ., Tugay, T., Akyüz, İ. ve Gedik, T. (2016a). İmalat sanayi içerisinde yer alan sektörlerin iş kazası istatistiklerinin küme ve ayırma analizleri ile değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, *12*(1), 18-29.

Akyüz, K.C., Yıldırım, İ., Tugay, T., Akyüz, İ. ve Gedik, T. (2016b). Orman ürünleri sanayi sektöründe iş kazası istatistiklerine genel bir bakış. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, *12*(2), 66-79.

Akyüz, K.C., Yıldırım, İ., Akyüz, İ. ve Ersen, N. (2018). Orman ürünleri sanayi sektöründe iş sağlığı ve güvenliğine yönelik çalışan algısının incelenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *19*(2), 154-166.

Akyüz, K. C., Yıldırım, İ. ve Güngör, C. (2020). Validation of a pre-existing safety climate scale for the Turkish furniture manufacturing industry, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 26*(3), 450-458.

Aşkın, A. ve Öztürk, Ö. F. (2022). Mobilya sektörü çalışanlarında iş kazası ve meslek hastalıklarının incelenmesi üzerinde bir araştırma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *24*(2), 351-364.

Atılgan, A., Ersen, N., Peker, H. ve Kahraman, N. (2015). Türkiye mobilya sanayinde iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesine ilişkin tavsiyeler. *Selçuk University Journal of Engineering Sciences*, *Özel Sayı-1* (UMK-2015), 664-683.

Çil, M. ve Gedik, T. (2022). Research on factors affecting the risk-taking behavior of personnel working in the forest products sector. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, *28*(4), 2315-2323.

Çil, M. ve Gedik, T. (2024). Orman Fakültesi öğrencilerinin iş sağlığı ve güvenliği konusunda farkındalıklarının analizi (Düzce Üniversitesi). *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *25*(2), 178-183.

Gedik, T. ve İlhan, A. (2014). Sakarya ili mobilya imalatçılarında iş sağlığı ve iş güvenliği üzerine bir inceleme. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 123-129.

Gedik, T., Çil, M., Sevim Korkut, D. ve Kurutkan, M. N. (2022). Orman ürünleri sektöründe risk alma davranışını etkileyen faktörlerin irdelenmesi (TR42 Düzey 2 Bölgesi). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *24*(2), 339-350.

Gedik, T. ve Sevim Korkut, D. (2011). A research on work accidents in forest products industry in Duzce, *International Journal of the Physical Sciences, 6*(30), 7065-7072.

Gençer, E. (2014). 'Kalite yönetim sistemi ile iş sağlığı ve işçi güvenliği yönetim sisteminin imalat sektöründe iş kazası ve meslek hastalıklarının etkisinin araştırılması'. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

İlhan, A., Koşar, G., Karapınar, A. ve Gedik, T. (2013). Sakarya ili mobilya imalatında iş kazası ve meslek hastalıklarının ortaya çıkış nedenlerinin analizi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *13*(2), 202-210.

İnce, M. (2019). 'Küçük ölçekli mobilya sanayi işletmelerinde iş kazalarının analizi: Adana ili örneği'. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.

Kalaycı, Ş. (2010). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*. Asil Yayın Dağıtım, Ankara.

Lemeshow, S., Hosmer, Jr. D. W., Janelle, K. and Lwanga, S. K. (1990). *Adequacy of Sample Size in Health Studies*, World Healt Organization. Courier International Ltd, Tiptree, Colchester.

Özdamar, K. (2002). *Paket programlar ile istatiksel veri analizi*, Kaan Kitabevi.

SGK: Sosyal Güvenlik Kurumu, (2023, 1 Eylül). 2022 yılı istatistik bilgisi [Online]. Erişim: https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/

SGK: Sosyal Güvenlik Kurumu, (2025, 6 Mart). 2023 yılı istatistik bilgisi [Online]. Erişim: https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/

SPSS, (2003). Institute Inc., SPSS Base 12.0 User's Guide.

Şen, H. ve Çınar, H. (2017). Mobilya ürün yaşam döngüsünde iş sağlığı ve güvenliği analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5*, 235-246.

Yıldırım, İ., Akyüz, K. C., Akyüz, İ. ve Alevli, C. (2015). Mobilya sektöründe çalışanların iş güvenliği algıları ve iş doyumu düzeylerinin incelenmesi. *Selçuk University Journal of Engineering Sciences*, *Özel Sayı-1* (UMK-2015), 171-184.

Zor, M., Yazıcı, H. ve Karakavuz, H. (2017). Mobilya imalatçılarında iş güvenliği algısı üzerine bir inceleme: Zonguldak ili örneği. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, *6*(3), 1143-1151.

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (2012, 30 Haziran). https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.6331.pdf [01 Aralık 2024. Ziyaret Tarihi]

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 557-564
Kategori: Derleme Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1538595

İç Anadolu Kurak Sahalarında Ağaçlandırma Başarısını Sınırlandıran Etmenler*

Factors limiting Afforestation Success in Central Anatolian Arid Regions

Abdullah Hüseyin DÖNMEZ[1], Oktay YILDIZ[1]

Özet

İç Anadolu'nun kurak sahalarındaki cılız bitki örtüsü uzun yıllardır hayvan ve insan baskısıyla aşırı derecede tahrip olmuştur. İklim değişikliğinin de etkisiyle bölge rüzgar erozyonu, kuraklık ve çölleşme tehdidi altındadır. Gerek sosyolojik gerek ekonomik gerekse ekolojik nedenlerden dolayı tahrip olmuş bu ekosistemlerin acilen restorasyonuna ihtiyaç vardır. Bu amaçla bölgede 1950'lerden beridir ağaçlandırma çalışmaları yapılmaktadır. Fakat bitki yetişmesi açısından oldukça çetin koşullara sahip yöredeki çalışmalarda başarı oranı oldukça düşük, maliyetli ve uzun zaman almaktadır. Bu nedenle yörede şimdiye kadar yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular doğrultusunda ağaçlandırma başarısını sınırlandıran ana etmenler değerlendirilmiş ve uygulamacılara çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tahrip, Restorasyon, İklim değişikliği

Abstract

The weak vegetation cover in the aridlands of Central Anatolia has been extremely damaged by animal and human pressure for many years. With the influence of climate change, the region is under the threat of wind erosion, drought and desertification. There is an urgent need for restoration of these ecosystems that have been destroyed due to sociological, economic and ecological reasons. For this purpose, afforestation efforts have been carried out in the region since the 1950s. However, the success rate of studies in the region, which has very harsh conditions in terms of plant growth, is quite low, costly and takes a long time. For this reason, in line with the findings obtained from the studies carried out so far in the region, the main factors limiting the success of afforestation were evaluated and solution suggestions were presented to practitioners.

Keywords: Disturbance, Restoration, Climate change

Geliş Tarihi: 26.08.2024, Düzeltme Tarihi: 15.09.2024, Kabul Tarihi: 23.09.2024
Adres: Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman mühendisliği Bölümü
E-mail: abdullahhuseyindonmez@duzce.edu.tr
*Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "İç Anadolu Kurak Sahalarında Dikim Çukuru, Hümik Asit Ve Jasmonik Uygulamasının, Toros Sediri (*Cedrus libani*), Karaçam (P*inus nigra*), Kızılçam (*Pinus brutia*), Badem (*Prunus amygdalus*) Ve İğde (*Elaeagnus angustifolia*) Fidanlarının Tutma ve Büyüme Başarısına Etkisi" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

İç Anadolu kapalı havza konumu ve çöl biyomlarına yakın olmasından dolayı küresel ısınmaya karşı hassas ekosistemlere sahiptir. Yaz aylarında Afrika ve Arabistan yarımadası üzerinden gelen sıcak hava dalgaları uzun süreli sıcak ve kuru bir iklimin oluşmasına neden olmaktadır. İç Anadolu bölgesi güneyden Toroslar ve kuzeyden kuzey Anadolu dağlarıyla çevrili olduğundan yağmur gölgesinde kalmaktadır. Nemi boşalmış kuru hava buharlaşmayı arttırmakta ve geniş düzlüklerde şiddetli rüzgarlara neden olmaktadır (Yıldız ve ark., 2022).

Topografik ve iklimsel koşulları bitki yetişmesini kısıtladığından geniş düzlükler bozkırlarla kaplıdır. Ayrıca bozkır ekosistemleri uzun yıllardır yanlış politika ve uygulamalarla daha da genişlemiştir (Şekil 1). Özellikle 1950'deki Marshall yardımı ile artan traktör sayısı, tarım teknolojilerinin gelişmesi, hayvancılık vb faaliyetler bu kırılgan ekosistemler üzerindeki tahribatı arttırmıştır (Yıldız ve ark., 2018).



Şekil 1. Karacadağ mevkiinde yoğun otlatmaya maruz kalmış bitki örtüsü.

İklim değişikliğinin etkilerinin arttığı bu günlerde bu tip marjinal ve tahrip olmuş alanlarının restorasyonu ön plana çıkmaktadır. Restorasyon çalışmaları ile tahrip olmuş sahalara bitki örtüsünün getirilmesi ve toprağın korunması İç Anadolu Bölgesinin marjinal arazileri için önemli bir yer tutmaktadır. Çölleşme ile Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı'nın vizyon ve misyonunda da bu durumun önemi vurgulanmaktadır (Yıldız ve ark., 2018). Ülkemizin de için de yer aldığı İklim değişikliği sözleşmesinde de bu durumun önemine yer verilmiştir. Ayrıca Mart 2019'da toplanan Birleşmiş Milletler (BM) Genel Kurulu kararı ile, 2021-2030 yıllarını BM Ekosistem Restorasyonu On Yılı ilan ederek gelecek yıllarda

restorasyon çalışmalarının bilimsel, idari ve siyasi boyutlarının uygulamaya geçirilmesi düşünülmüştür (Willemen ve ark., 2020).

Kurak ve yarı kurak sahalarda yapılan ağaçlandırmalar, bitki örtüsünü ve toprağın yapısını iyileştirmeye yönelik etkili bir ekosistem restorasyonu çalışmalarıdır. Ağaçlandırmalarda bir taraftan kuraklığa karşı dayanıklı bitki türleri seçilerek diğer taraftan da farklı yöntemler denenerek sahanın bitki örtüsü ile kaplanması, toprağın organik madde içeriğinin ve su tutma kapasitesinin artırılması, erozyonunun engellenmesi ve biyolojik çeşitliliğinin arttırılması gibi amaçlar hedeflenmektedir (Şekil 2).

Fakat olumsuz koşulların hüküm sürdüğü bu sahalarda ağaçlandırma başarısı düşük ve çalışmalar oldukça maliyetlidir. Bu nedenle başarının arttırılması için fidanlık aşamasından fidanların sahaya dikimi ve ayakta kalan bireylerin biyolojik bağımsızlığını kazanana kadar geçen aşamalardaki bütün süreçlerin takip edilerek başarıyı arttırmaya yönelik verilerin elde edilmesi ve analizi gerekmektedir.



Şekil 2. Karapınar Çölleşme ile Mücadele İstasyonu'nda 1950'lerde başlayan çalışma ve 2018 yılındaki durumu.

2. Fidanlık Aşaması

Ağaçlandırmada kullanılacak bireylerin tür ve kalitesi, saha performansları üzerinde büyük öneme sahiptir. Fidanlık aşamasında türlerin kalitesini artırmak ve sahaya dikimi gerçekleştirilecek dirençli bireylerin yetiştirilmesi için farklı uygulamalar uzun yıllardır denenmektedir.

Ülkemizde fidanlıklar kurulum maliyeti ve yer tahsisi konusunda meydana gelen problemlerden dolayı genellikle birinci sınıf araziler yerine düşük verime sahip alanlarda kurulmuştur. Dolayısı ile öncelikle bu alanların kaliteli fidan yetiştirilmesine uygun hale getirilmeye çalışılmaktadır. Gübreleme fidanlık sahalarının verimini arttıran en önemli

uygulamalardandır (Irmak, 1961). Fidanlıklarda genellikle azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gübreleri kullanılmaktadır (Ürgenç, 1988). Fidanlıklarda gübrelemenin dışında saha hazırlama, sulama ve ot alma ile yoğun faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Yetiştirilen fidanlarda kalite özellikleri olarak genellikle çap, boy ve gürbüzlük gibi göstergeler ön plana çıkarılmaktadır. Fakat fidanlık ortamlarında verimli sahalar için kaliteli olarak nitelendirilen fidanlar kurak sahalar için uygun olmayabilir. Fidanlık ortamında sulama, gübreleme ot alma gibi kültürel tedbirler yetişme ortamının stresini azaltmakta ancak fidanlar sahaya sevk edildiğinde birçok strese karşı hazır olamamaktadır. Dolayısıyla fidanlık aşaması veya verimli sahalar için kaliteli olarak sınıflandırılan fidanlar kurak sahalar için kaliteli olmayabilir. Bu nedenle her sahaya göre yetiştirilecek fidan tür ve kalitesinin yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Her yöre için genel geçer fidan kalite sınıflandırmasından vazgeçilip kurak sahalar için fidan kalitelerinin yeniden değerlendirilip kurak saha için fidan yetiştirecek şekilde fidanlıkların uzmanlaşması gerekmektedir. Bunun için de kurak sahalarda daha başarılı olan fidanların özelliklerini belirleyecek saha çalışmalarına ihtiyaç vardır. Sahalarda fidan performansını arttıracak bir diğer etken de kök mantarı aşılaması olabilir. Kök mantarları fidanların topraktaki tüketim zonunu önemli oranda arttırarak kuraklığa karşı direncini arttırabilir. Toprak vd. (2017) yaptıkları çalışmada kurak ve yarı kurak alanlarda mikorizal mantar kullanımının fidanın gelişimini arttırdığını belirtmişlerdir.

Bir diğer sorun ise tohum tercihidir. Yüksek bonitetlerden elde edilen tohumlarla yapılan üretimler benzer ekolojik koşullar altında dikildiğinde başarı gösterebilir (Ürgenç, 1967). Ancak İç Anadolu gibi marjinal sahalarda bu fidanlar başarısız olabilir. Bu nedenle saha koşullarına en yakın fakat iç döllenme depresyonu geçirmeyen meşcerelerden tohum temin edilmesi ağaçlandırmada tutma ve büyüme performansını arttırabilir (Harper, 1977).

Sahaya sevk edilen fidanların tüplü veya çıplak köklü olması da kurak sahalarda yutma başarısını etkileyebilir. Kurak sahalarda tüplü fidan kullanılmasına yönelik bir ezber bulunmaktadır. Fakat sahada uzun yıllar yapılan çalışmalar bu kanının tam olarak doğru olmadığını göstermektedir. Örneğin, sahaya sonbahar veya kışın dikilen tüplü fidanların baharda kökleri çalışmaya başlayınca nemi ve besini fazla olan ve tüple çukura indirilen kısımda gelişmekte fakat etrafındaki mineral toprağa doğru ilerlememektedir. Mayıs sonunda toprak birden kuruyunca kök gelişimi torbayla çukura indirilen organik maddece zengin kısımda sınırlı kaldığından tüplü fidanlar yaz kuraklıklarına daha dayanıksız olabilmektedir (Şekil 3). Çıplak köklü fidanlar ise doğrudan mineral toprakla temasından

dolayı sürekli mineral toprak çerisine doğru gelişimini sağlamakta ve kuraklık arttıkça daha derinlere doğru ilerlemektedir.



Şekil 3. Karapınar da dikimden bir yıl sonra kuruyan fidanın kök gelişimi torbayla getirilen malzeme etrafında yoğunlaşmıştır.

3. Arazi Hazırlığı

Kurak sahalarda yağış ve biyolojik aktivite miktarlarının düşük olmasının yanı sıra geniş düzlüklerdeki şiddetli rüzgârların da etkisiyle üst toprak sürekli erozyona maruz kalmaktadır. Bu da toprağın erken gelişme safhasında kalmasına dolayısıyla da bitki yetişmesi için marjinal özelliklere sahip olmasına neden olmaktadır (Yıldız vd, 2022).

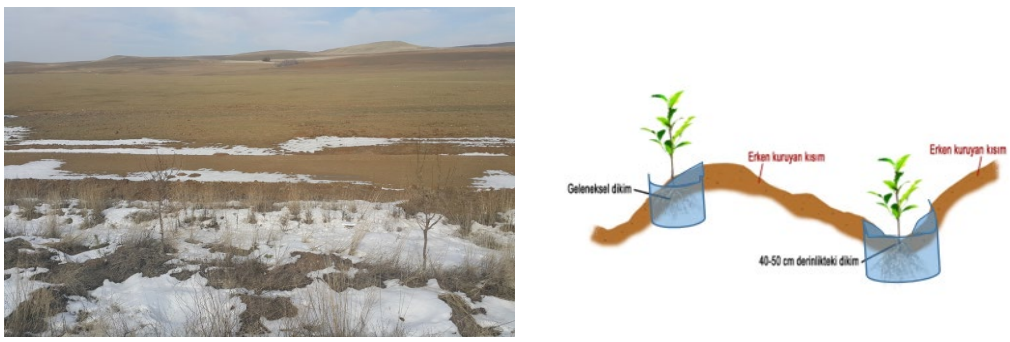
Saha hazırlığı bitkilendirme çalışmalarının en önemli aşamalarından biridir. Derin toprak işleme genellikle dozerlere takılan 3'lü riper ile gerçekleştirilmekte ve alt toprağın parçalanmasını sağlamaktadır (Şekil 4a). Alt toprak işlemesi profil boyunca geçirimsiz tabakaların parçalanmasını, infiltrasyon ve perkolasyonun artırılmasını ve fidanların ilerleyen yıllarda kök gelişiminin artmasını sağlamaktadır. Ancak 70-80 cm derinliğine inen riperlerin alttaki kil veya kireç içerikli sert tabakayı patlatması için sahaların en kurak olduğu dönemde alt toprak işlemesinin yapılması gerekmektedir. Alt toprak işlemesi toprak nemli iken yapılırsa alttaki sert tabaka sadece riperin geçtiği kısımlarda çizilmekte fakat blok halinde patlatma gerçekleşmemektedir. Bu da ileri yaşlarda fidan büyümesini engellemektedir. İç Anadolu'nun kurak sahalarında kazılan toprak çukurlarında topraklar nemli iken yapılan alt toprak işlemesinin alttaki geçirimsiz tabakaları patlatmada etkili olmadığını belirlenmiştir (Şekil 4b),



a b

Şekil 4. Konya-Sazlıpınar çevresinde gerçekleştirilen derin toprak işleme çalışmaları.

Derin toprak işleminin ardından gelende pulluklar ve disk gibi ekipmanlarla üst toprak işlemesi yapılmaktadır (Zoralioğlu, 1990; Boydak ve Zoralioğlu 1992; Gülcü ve Çelik, 2016). Toprak işlemenin ardından veya üst toprak işlemeyle birlikte traktörlere bağlı pulluklar ile dikim yastıklarını oluşturulmaktadır. Fakat yamaçta uygulanan dikim yastıkları veya teras uygulaması fidan yetişmesi açısından ovada aynı başarıyı göstermeyebilir. Yörede 2010 yılından beridir yürütülen projeler kapsamında elde edilen sonuçlar ve gözlemler teras oluşturularak terasın orta kısmına fidan dikiminin fidanların kurak mevsimde daha fazla su stresi çekmesine neden olduğu yönünde veriler sunmaktadır. Bunun yerine teraslar arasındaki 30-40 cm derindeki çukurlara yapılan dikimin ovada daha başarılı sonuçlar vereceği görülmüştür. Henüz yayınlanmamış 120O688 nolu proje çalışmalarında çukurlardaki nemin yaz boyunca geleneksel dikim yapılan teras kısımlarına göre daha yüksek olduğu ve fidanların tutma başarısının çukur kısımlarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir (120O688 nolu proje raporu; Yıldız vd, 2024). Çukurlarda nemin daha fazla olması ve fidanların çukurlarda daha yüksek tutma başarısına sahip olmasının nedenleri kışın buralarda daha fazla kar birikmesiyle bir çeşit su hasadı yapılması, rüzgârın kurutucu etkisine daha az maruz kalması ve çukurdaki fidan köklerinin yanlara doğru ilerleyerek daha fazla tüketim zonuna sahip olması olabilir (Şekil 5).



Şekil 5. İç Anadolu'da rüzgâr savurması sonucunda biriken kar kütleleri (sol) ve çukura dikim yöntemi (sağ).

Bunun yanında Dünya Tarım ve Gıda Örgütünün yayınladığı raporlarda özellikle bu tip marjinal sahalarda da kullanılabilecek su hasadını artırıcı diğer dikim çukuru çeşitlerine de yer verilmiştir (FAO, 2024). Bildiren ve Sargıncı, (2024) yaptıkları çalışmada birçok (Negarim, v tipi, kontur set ve yarım daire) farklı su hasadı yönteminin özellikle düz ya da düze yakın düşük eğimdeki mikro havzalarda fidan tutma başarısını artırdığını belirtmişlerdir. Kurak saha ağaçlandırmalarındaki en önemli sorunlardan olan kuraklığın etkilerini azaltacak yeni dikim tekniklerinin denenmesi ve bu çalışmaların desteklenmesi kurak saha restorasyonlarının başarısını artırabilir.

Ağaçlandırma için saha etüdü yapılarak genelde bitki yetişmesi için uygun alanlar seçilmekte sorunlu sahalardan kaçınılmaktadır. Ancak bazen bitki yetişmesi için uygun olmayan fakat erozyon nedeniyle ağaçlandırılması zorunlu sahalar da bulunmaktadır. Örneğin İç Anadolu'daki taban arazilerde sadece juncuslarla kaplı önemli miktarda tuzlu, sodik ve tuzlu-sodik sahalar bulunmaktadır. Bu tür sahalarda doğrudan ağaçlandırma çalışmaları başarısız olmaktadır. Söz konusu arazilerin ağaçlandırmaya uygun hale getirilmesi için toprak iyileştirici kimyasallar kullanılması veya tuzdan temizleyecek bitkilendirme çalışmaları yapılması gerekmektedir. Tuzluluk sorununu çözmek için yapılan çalışmalarda kimyasal yöntemlerin oldukça maliyetli olduğu görülmektedir. Bu nedenle fitoremediasyon yöntemi hem ekolojik olması hem de daha düşük maliyetli olması nedeniyle geniş alanlarda daha çok tercih edilen bir yaklaşımdır. Tuz toleransı yüksek ve biyokütlesinde tuz biriktiren halofit bitkilerle yapılan çalışmalar bu tür sahaların iyileştirmesine olumlu sonuçlar vermektedir. Örneğin, Akhter vd. (2003; 2004) tuzlu-sodik topraklarda baraj otu (*Leptochloafusca* L.) bitkisini kullanarak yaptıkları çalışmada toprağın EC, SAR, faydalanılabilir su kapasitesi, hidrolik iletkenlik değerleri ve toprak strüktüründe iyileşmeler sağlandığını belirtmiştir. Yine aynı çalışmada üç farklı bölgede sesbania (*Sesbaniabispinosa*), baraj otu (*Leptochloafusca* L.) ve jips uygulaması karşılaştırılmış ve fitoremediasyon ile kimyasal uygulamanın toprağı iyileştirmede yakın sonuçlar verdiğini ancak bitki kullanımının kimyasal uygulamaya göre maliyetinin yarı yarıya düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Akıl (2008), halofit ve glikofit özellikli olan *Atriplex canescens* bitkisinin tuzlu ve sodik sahlarda toprağın EC ve ESP değerlerini önemli oranda düşürdüğünü tespit etmiştir.

Acil olarak yapılacak saha ıslahı çalışmasında bazen kimyasal yöntemlere de başvurulabilir. Kimyasal yöntemlerle toprak ıslahı genelde kök bölgesindeki pH, EC ve SAR değerlerini düşürmeye yöneliktir (Khamzina ve ark., 2008; Hbirkou ve ark., 2011; Yıldız ve ark., 2017; Dönmez ve Yıldız, 2024). Tuzlu toprakların ıslahı genelde temiz suyla kök

bölgesinin yıkanmasını içermektedir. Sodyum yıkanmadığı için sodik ve tuzlu-sodik topraklarda doğrudan toprağın yıkanması geride Na oranını arttırarak durumu daha da kötüleştirebilir. Bu nedenle sodyumlu toprakların restorasyonu iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Birinci aşamada sodyumun hareketli hale gelecek şekilde bağlanması gerekmektedir. Örneğin kükürt ve jips uygulaması ile sodyum hareketli olan sodyum sülfata dönüştürülmektedir. İkinci aşamada da yıkama ile diğer tuzların yanında sodyum sülfatın da yıkanması sağlanmaktadır (Richards 1954; Yıldız ve ark., 2017). Fakat bu sahalarda kükürdün sülfata dönüşmesini sağlayacak thiobacillus gibi bakterilerin olmaması veya popülasyonunun düşük olması dönüşüm süresini geciktirebilir (Yıldız ve ark., 2017).

4. Dikim ve Kültürel Tedbirler

Türkiye'de ağaçlandırma çalışmalarının tamamına yakını Orman Genel Müdürlüğü'ne bağlı ekiplerce gerçekleştirilmektedir. Ekipler Genel Müdürlüğün belirlediği tamimlere göre dikim faaliyetlerini gerçekleştirmektedir (OGM, 2007). Genelde yöredeki kooperatiflerden hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilen dikimler bir süre sonra tekelleşmekte ve yapılan işin kalitesinde düşüşler gözlemlenmektedir (Şekil 5). Saha çalışmalarından edinilen tecrübe dikim hatalarının saha başarısı üzerinde önemli bir değişken olduğunu göstermektedir. Kırsal nüfusta genç oranının düşük olması nedeniyle ekiplerin büyük bir çoğunluğu 50 yaş üzeri bireylerden ya da lise çağındaki çocuklardan oluşmaktadır. Yöre insanlarının dikim işini geçici ve ek bir iş olarak görmesi çalışmanın yevmiyeli ve günlük olarak yapılması süreklilik ve disiplin sorunu oluşturmakta bu da dikim hatalarına neden olmaktadır. Ayrıca sonbahar ve kış mevsimindeki kısıtlı günlerdeki kısa çalışma saatlerinde dikim çalışmaları birkaç gün sürmektedir. Bazen yağışa göre birkaç gün veya hafta ara verilebilmektedir. Sahaya getirilen fidanlar kurumaya karşı korunsa da önemli bir kısmı birkaç gün sahada kalmaktadır. Farklı coğrafyalarda benzer sahalarda yapılan makinalı dikim faaliyetlerinin kısa zamanda geniş arazilerde uygulama başarısı gösterdiği görülmektedir (Luoranen ve ark., 2011). Dolayısıyla dikimden kaynaklı kurumaların önlenmesi için dikim ekibinin yönetimi veya makineli dikim yöntemi üzerinde çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Yörede yapılan ağaçlandırma çalışmaları genellikle her tür için belirlenen bir dikim aralığına göre yapılmaktadır. Tarımdan ödünç alınan bu dikim tekniği verimli sahalarda makineli çalışma için uygun olsa da kurak sahalar için uygun olmadığı düşünülmektedir. Kurak sahalarda nem ve besin sahada homojen olarak yayılmamış belirli lekeler halinde bulunmaktadır. Dolayısıyla sıra dikimi yapıldığında nemli ve besin açısından elverişli

kısımlara gelen fidanlar gelişme gösterirken zayıf olan toprak kısımlarındaki fidanlar kurumaktadır.



Şekil 6. Karaçam ve Kızılçam fidanlarının hatalı dikimi.

Tutma başarısını dikilen fidanlara göre hesapladığımızdan çoğu sahalarda tutma başarısı düşük görülebilmektedir. Hâlbuki olacak yere gelen fidanlarda tutma başarısı çok yüksek olabilir. Olmayacak yere dikilen ve ölen fidanların bu hesaplamalara dâhil edilmesi uygulamacıyı yanlış yönlendirmektedir. Bu nedenle ağaçlandırmaya tahsis edilen sahaların hayvan baskısına karşı korumaya alınarak bir veya iki yıl bekletilmesi ve sıra dikimi yerine sahanın neresinde otlar büyüyorsa oralara fidan dikilmesi daha başarılı sonuçlar verebilir.

Sahaya dikilen fidanların tutma ve büyüme performansını arttırmak için çapalama ve ot almanın dışında farklı yöntemler denenebilir. Örneğin Yıldız vd. (2024) toprağa uygulanan hümik asit ve fidana uygulanan jasmonik asit işlemlerinin karaçam, sedir, kızılçam iğde ve badem gibi farklı türlerde yaşam oranlarını arttırdığını ve kuraklık stresine karşı enzimatik yapıyı desteklediğini belirlemişlerdir. Ayrıca malçlama ve biyo kömür, biyo-organik gübre vb. uygulamalar toprağın organik madde içeriğini, su tutma kapasitesini ve toprak agregat oluşumunu arttırarak kurak ve yarı kurak alanlarda toprak yapısını iyileştirmeye yardımcı olabilir (Mridha ve Al-Qarawi, 2013; Cen ve ark., 2021).

5. Sahaların Korunması

Ekolojik restorasyonlar sadece doğal süreçlerin yönetimi ile başarıya ulaşmamaktadır. Ağaçlandırmanın yapıldığı yöredeki kamuoyu da ağaçlandırma başarısında en önemli değişkenlerdendir (Yıldız ve ark., 2018). İç Anadolu'da kırsal kesimin önemli bir kısmının geçim kaynağı hayvancılıktır. Dolayısıyla ağaçlandırmaya tahsis edilen ve hayvan

otlatmasına kapatılan sahalar nedeniyle ormancılar ve yöre halkı arasında çatışmalar olmaktadır. Uzun yıllar yörede yapılan çalışmalarda sahaya dikilen fidanların yöre halkı tarafından söküldüğü veya hayvanlara otlatıldığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla ağaçlandırmanın başarılı olabilmesi için öncelikle çalışmanın yöre halkı tarafından kabullenilmesi gerekmektedir. Bunun için bir taraftan halkın sorunu çözülmeli diğer taraftan da ağaçlandırmanın yöre için sağlayacağı faydalar anlatılarak farkındalık oluşturulması gerekmektedir.

6. Sonuçlar

İç Anadolu'da uzun yıllardır devam eden hayvan ve insan kaynaklı tahripler kurak sahalarda rüzgâr erozyonu ve çölleşme riskini arttırmaktadır. İklim değişikliğinin de etkisiyle koşullar daha da olumsuz hale gelmektedir. Ağaçlandırma bu tür tahrip olmuş kurak sahalarda önemli bir restorasyon tekniğidir. Fakat bitki yetişmesi açısından son derece çetrefilli olan bu sahalarda ağaçlandırma yapmak hem oldukça maliyetli hem de başarı şansı düşüktür. Bu nedenle başarı şansını arttıracak yenilikçi çalışmalara şiddetle ihtiyaç vardır. Bu bağlamda uygulamacıya yön verecek çalışmalar sadece sahalardaki ilk birkaç yılı içermemeli, fidanlık aşamasından sahadaki fidanların biyolojik bağımsızlığını kazanana kadar geçen bütün süreci içermelidir. Kurak sahalardaki ağaçlandırmalar için fidanlıklar her bölge için genel geçer kriterlere uygun olarak değil kurak sahalara uygun olarak fidan yetiştirmelidir. Ayrıca fidan dikim teknikleri de yöreye göre zamansal ve mekânsal olarak değerlendirilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma İç Anadolu Kurak Sahalarında Dikim Çukuru, Hümik Asit ve Jasmonik Uygulamasının, Toros Sediri (*Cedrus libani*), Karaçam (*Pinus nigra*), Kızılçam (*Pinus brutia*), Badem (*Prunus amygdalus*) Ve İğde (*Elaeagnus angustifolia*) Fidanlarının Tutma ve Büyüme Başarısına Etkisi isimli ve 120 O 688 numaralı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K. A., Ahmed, S., & Murray, R. (2003). Amelioration of a saline sodic soil through cultivation of a salt-tolerant grass Leptochloa fusca. *Environmental Conservation, 30*(2), 168-174.

Akhter, J., Murray, R., Mahmood, K., Malik, K. A., & Ahmed, S. (2004). Improvement of degraded physical properties of a saline-sodic soil by reclamation with kallar grass (Leptochloa fusca). *Plant and Soil, 258*, 207-216.

Akıl, H. (2008). 'Harran Ovası kireçli tuzlu-sodik toprakların biyolojik ıslahı/Phytoremediation of calcareous saline-sodic soils of the Harran Plain' Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa.

Bildiren, Ş., ve Sargıncı, M. (2024). Mikrohavzalar için Su Korumaya Yönelik bazı Toprak Yapıları. *Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi Dergisi, 3*(1), 1-14.

Boydak M., ve Zoralioğlu T., 1992. Eskişehir-Karasakal Yöresi Yarıkurak Alanların Ağaçlandırılmasında Makineli Arazi Hazırlığı Yöntemleri Üzerine Araştırmalar. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, A42* (2), 45–65.

Cen, R., Feng, W., Yang, F., Wu, W., Liao, H., & Qu, Z. (2021) . Effect mechanism of biochar application on soil structure and organic matter in semi-arid areas. *Journal of Environmental Management, 286*, 112-198.

Dönmez, A. H., ve Yıldız, O. (2024). Jips ve kükürt uygulaması yapılan tuzlu-sodik İç Anadolu sahalarında iğde (Elaeagnus angustifolia L.), ılgın (Tamarix smyrnensis Bunge) ve akkavak (Populus alba L.) fidanlarının tutma ve büyüme başarısı. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 9*(2), 184-194.

Gülcü, S., & Çelik, İ. (2016). Kurak ve yarı kurak alan ağaçlandırmalarında değişik makineli arazi hazırlığı yöntemlerinin dikim başarısı üzerine etkileri. *Turkish Journal of Forestry, 17*(1), 12-19.

FAO, (2024). Water harvesting techniques. Online publisng. https://www.fao.org/4/u3160e/u3160e07.htm

Harper, J.L. (1977). *Population Biology of Plants*. Academic Press, New york.

Hbirkou, C., Martius, C., Khamzina, A., Lamers, J. P. A., Welp, G., & Amelung, W. (2011). Reducing topsoil salinity and raising carbon stocks through afforestation in Khorezm, Uzbekistan. *Journal of Arid Environments, 75*(2), 146-155.

Irmak, A. (1961). Ormancılıkta gübreleme deneylerinin verdiği pratik sonuçlar ve Türkiye'de tatbik imkânları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 1-9.

Khamzina, A., Lamers, J. P. A., & Vlek, P. L. G. (2008). Tree establishment under deficit irrigation on degraded agricultural land in the lower Amu Darya River region, Aral Sea Basin. *Forest Ecology and Management, 255*(1), 168-178.

Luoranen, J., Rikala, R., & Smolander, H. (2011). Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance. *Silva Fennica, 45*(3), 341–357.

Mridha, M. A. U., & Al-Qarawi, A. A. 2013. Bio-Organic-An Effective Fertilizer for Arid Lands Agriculture and Date in Saudi Arabia. Biosci. *Biotech. Res. Asia, 10*(1), 247-251.

OGM, 2007. *18 Nolu Tamim*, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara

Richards, L. A. (Ed.). (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (No. 60). US Government Printing Office.

Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Pekġen, A., & Çakır, E. A. (2017). Mikorizal Mantar Uygulanan Saçlı Meşe (Quercus cerris) Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Turkish Journal of Life Sciences, 2*(2), 157-164.

Ürgenç, S., Boydak, M., ve Alptekin, C. Ü. (1988). *Türkiye Ormancılığının Ağaçlandırma Fidanlık ve Ağaç Islahı Çalışmalarında Gelişmeler Darboğazlar ve Bazı Öneriler (Achievements, Problems and Recommendations Related to Plantations, Nurseries and Tree Breeding Activities in Turkey).* Türkiye'de Orman İşletmeciliğinin Gelişimi Sempozyumu.

Ürgenç, S. (1967). Türkiye'de orman ağaçlarının islahında ilk merhale "tohum meşceleri". *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 130-143.

Willemen, L., Barger, N. N., Brink, B. T., Cantele, M., Erasmus, B. F., Fisher, J. L., ... & Scholes, R. (2020). How to halt the global decline of lands. *Nature Sustainability, 3*(3), 164-166.

Yildiz, O., Altundağ, E., Çetin, B., Güner, Ş. T., Sarginci, M., & Toprak, B. (2017). Afforestation restoration of saline-sodic soil in the Central Anatolian Region of Turkey using gypsum and sulfur. *Silva Fennica, 51*(1B), 1-17.

Yıldız, O., Çetin, B., Sargıncı, M., Toprak B., Ayyüce, F., Yapar, A., Mutlu, Ö., ... ve Şahin, U. (2018). İç Anadolu'da Ağaçlandırma Çalışmaları. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 14*(1), 1-20.

Yildiz, O., Altundağ, E., Çetin, B., Teoman Güner, Ş., Sarginci, M., & Toprak, B. (2018a). Experimental arid land afforestation in Central Anatolia, Turkey. *Environmental monitoring and assessment, 190*, 1-17.

Yıldız, O., Eşen, D., Sargıncı, M., Çetin, B., Toprak, B., & Dönmez, A. H. (2022). Restoration success in afforestation sites established at different times in arid lands of Central Anatolia. *Forest Ecology and Management, 503*, 119808.

Yıldız, O., Torun, H., Gürsoy, İ., Sert, R., ve Dönmez, A.H. (2024*). İç Anadolu kurak sahalarında dikim çukuru, hümik asit ve jasmonik uygulamasının, toros sediri (Cedrus libani), karaçam (Pinus nigra), kızılçam (Pinus brutia), badem (Prunus amygdalus) ve iğde (Elaeagnus angustifolia) fidanlarınn tutma ve büyüme başarısına etkisi*. Yayınlanmamış rapor.

Zoralioğlu, T. (1990). *Eskişehir yöresi kurak ve yan kurak alanların ağaçlandırılmasında uygulanabilecek makineli arazi hazırlığı yöntemlerinin belirlenmesi üzerine 838 araştırmalar*. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 149, İzmit.

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp.565-585
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1463595

Identifying The Role of Green Spaces in Air Quality Regulation: The Case of Trakya University Balkan Campus

Hava Kalitesinin Düzenlenmesinde Yeşil Alanların Rolünün Belirlenmesi: Trakya Üniversitesi Balkan Yerleşkesi Örneği

Emine KELEŞ ÖZGENÇ[1]

Abstract

This research aims to investigate the ecological benefits and economic value of the vegetation cover on the Balkan Campus of Trakya University. The distribution of land cover classes, carbon storage capacity and air pollution mitigation effects of the campus area were assessed using the i-Tree Canopy tool. The results showed that the vegetation canopy, covering 23.93% of the area, removes 2375 kg of gases and particulate matter from the air. The economic benefit of improving the air quality of the campus area was estimated to be $1144. In addition, the amount of carbon sequestered by the canopy was 107.61 tons, while the amount of carbon stored was 2702.45 tons. The results indicate that the canopy cover of trees/shrubs on campus contributes significantly to the ecosystem by improving air quality. This study also highlights that increasing green space and promoting planting efforts can provide significant environmental and economic benefits in creating sustainable and climate-friendly campuses.

Keywords: Air quality, Balkan campus, Carbon storage, i-Tree canopy, Urban trees

Özet

Bu araştırma, Trakya Üniversitesi Balkan Yerleşkesi'ndeki bitki taç örtüsünün ekolojik faydalarını ve ekonomik değerini incelemeyi amaçlamaktadır. Kampüs alanı arazi örtüsü sınıflarının dağılımı, karbon depolama/tutma kapasitesi ile hava kirliliğinin azaltılması etkileri i-Tree Canopy aracı ile değerlendirildi. Sonuçlar, alanın %23.93'ünü kaplayan taç örtüsünün havadan 2375 kg gaz ve partikül maddeyi uzaklaştırdığını göstermiştir. Kampüs alanının hava kalitesini iyileştirmeye yönelik ekonomik fayda değeri 1144$ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, taç örtüsü tarafından yakalanan karbon miktarı 107,61 ton, depolanan karbon miktarı ise 2702,45 ton olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kampüs ağaç/çalılarının taç örtüsünün hava kalitesini iyileştirmede ekosisteme önemli katkılar sağladığını göstermiştir. Bu çalışma aynı zamanda sürdürülebilir ve iklim dostu kampüs oluşturma çabalarında, yeşil alanların artırılması ve ağaçlandırma çalışmalarının teşvik edilmesinin çevresel ve ekonomik faydalar sağlayabileceğini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hava kalitesi, Balkan yerleşkesi, Karbon depolama, i-Tree Canopy, Kent ağaçları

Received: 02.04.2024, Revised: 13.02.2025, Accepted: 08.04.2025
Address:[1]Trakya University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture
E-mail: eminekeles@trakya.edu.tr

1. Introduction

Urban green spaces face numerous challenges due to the rapidly increasing population and urbanization. The decline in both the quantity and quality of green areas due to urbanization's increase may trigger a cascade of issues, including habitat depletion, reduced biodiversity, increased air pollution, decreased carbon storage, and intensification of urban heat islands (McKinney, 2002; Livesley et al., 2016). These environmental challenges/problems also negatively affect human welfare and health. According to a study conducted in China, one of the most densely populated countries, air pollution can cause the death of approximately 1 million people annually (Yue et al., 2020). The World Health Organization (WHO) estimates that urban air pollution results in the annual loss of 6.4 million lives globally (Jayasooriya et al., 2017). Therefore, understanding the role of green spaces and vegetation in cities is crucial to improve the urban landscape and address such environmental challenges (Livesley et al., 2016). Previous research has shown that urban trees are an important component of landscapes, contributing to the environmental quality of cities, towns, and university campuses (O'Brien et al., 2017; Wolf et al., 2020). Numerous research findings have also indicated that urban trees reduce stormwater runoff (Walsh et al., 2012; Wang et al., 2021), mitigate urban heat island effects (Bowler et al., 2010; Heaviside et al., 2017), provide habitat (Scholz et al., 2018), and help to reduce air pollution and greenhouse gas emissions (Nowak et al., 2007; Grote et al., 2016; Salmond et al., 2016; Sheng et al., 2019). In particular, urban trees perform a critical function by sequestering carbon through photosynthesis and accumulating excess carbon as biomass where greenhouse gases are increasing (CO_2, NO_2, O_3, SO_2, PM10 and PM2.5) as a result of urbanization and the use of fossil fuels (Nowak & Crane, 2002).

Urban trees offer a set of benefits for human health and well-being. These encompass enhanced air quality, the filtration of air pollutants and particulate matter (PM), regulation of temperatures through shading, management of water, augmentation of biodiversity, contribution to mental health and aesthetics, and noise mitigation (Pataki et al., 2021). By absorbing pollutants through their leaves, urban trees enhance air quality, while their shade mitigates urban temperatures, and their root systems help control water flow to reduce flood risks (Yang et al., 2005). They support biodiversity, providing a natural landscape that positively influences mental health, and their presence reduces noise, thereby enhancing environmental comfort (Escobedo et al., 2011). Airborne pollutants are often deposited on plant surfaces or absorbed through stomata. Urban trees and green spaces can influence

atmospheric CO_2 concentrations and accumulate biomass above and below ground to help reduce greenhouse gases (Nowak & Crane, 2002; Escobedo et al., 2011; Strohbach & Haase, 2012). Leaves within the canopy serve as a natural filter for gaseous pollutants such as carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO_2), ozone (O_3), sulfur dioxide (SO_2), as well as particulate matter including PM2.5 and PM10 (Scholz et al., 2018). Expanding the quantity and diversity of trees within urban areas holds promise in mitigating various environmental issues by offering a range of ecosystem benefits. Nevertheless, despite the acknowledged significance of these benefits and damages, there is a gap in understanding the full potential of trees in mitigating urban environmental challenges and the fundamental mechanisms behind tree-atmosphere interactions. This knowledge deficit stems from the intricate nature of the physical and chemical processes governing such interactions, compounded by the absence of robust numerical models designed to quantify these phenomena accurately. Consequently, tools like i-Tree have emerged to facilitate the systematic quantification and thorough examination of the ecological services furnished by urban trees (Selmi et al., 2016; Tuğluer & Gül, 2018). Researchers have assessed the role of urban green spaces in regulating air quality within the existing body of literature: Australia (Jayasooriya et al., 2017), Turkey (Tuğluer & Gül, 2018; Tonyaloğlu et al., 2021; Selim et al., 2023; Üstün Topal & Demirel, 2023; Şahin Körmeçli & Seçkin Gündoğan, 2024), Netherlands/Wageningen (Tülek, 2022), USA (Hepcan & Hepcan, 2021), Irish (Mills et al., 2015), China (Wu et al., 2019), Ireland (Riondato et al., 2020), Hong Kong (Yao et al., 2022).

In recent years, the environmental impact of university campuses has received increasing attention. Often referred to as "small cities," university campuses are critical to cities because of their high building densities, large populations, and well-equipped facilities (Wang et al., 2021). University campuses offer an ideal environment for both learning and creating intricate and dynamic semi-natural ecosystems because of their expansive surface areas (Tudorie et al., 2020). The green spaces and trees within the campus not only contribute to the vegetation cover, air quality, microclimate, and ecological indicators (Aghamolaei & Fallahpour, 2023) but also safeguard the physical and mental well-being of faculty staff and students (Tudorie et al., 2020; Wang et al., 2021), as well as increasing the capacity for long-term attention (Berto, 2005). In this sense, university campuses provide local ecological benefits (Wang et al., 2021) and guide local governments in terms of sustainability. However, although many studies have been conducted in urban green spaces, there are limited studies in the literature that examine the ecological benefits of trees in campuses (Cox, 2012; Dilaver et al., 2017; Ritchie, 2017; Wang et al., 2021; Şahin Körmeçli & Seçkin

Gündoğan, 2024) and the assessment of ecosystem services provided by urban trees in Edirne is lacking.

This study aims to quantify in monetary terms the ecological benefits (carbon storage and air quality) and ecosystem services provided by trees on the Balkan Campus of Trakya University. The study analysed the land cover of the campus using the i-Tree Canopy tool and made predictions of the ecological benefits provided by the trees. The research aims to guide practitioners in the management of campus trees and contribute to the vision of a sustainable, climate-friendly and carbon-neutral campus. At the same time, it takes an innovative approach by quantifying the ecological benefits of campus trees in monetary terms and using this data as a sound basis for the development of environmentally friendly campus policies. In this context, the study will seek to answer the question: "To what extent does the campus vegetation of Trakya University Balkan Campus benefit the ecosystem in terms of carbon sequestration/storage and air pollution reduction?".

2. Material and Method

2.1. Study Area

The study area is the Balkan Campus of Trakya University in Edirne, Turkey (Figure 1). The city of Edirne, where Trakya University was founded, is located in the Marmara region of northwestern Turkey. Due to its geopolitical location, Edirne borders Greece and Bulgaria. Trakya University consists of 34 academic units, including 14 Faculties, 4 Colleges, 10 Vocational Colleges, 5 Institutes, and 1 State Conservatory. The University has 43196 students, 1763 academic staff, and 2935 administrative staff. Trakya University Balkan Campus is the first and largest campus of the University. Balkan Campus is located at 41°38'13.66" latitude and 26°36'38.46" longitude in the Kocasinan district of Edirne province, central district, and is a transition area between the urban and rural environment of the city. There are various faculties, colleges, research centers, hospitals, rectorate, library, cultural center, social living areas, dormitories and accommodation buildings on the Balkan Campus. The distance from the campus to the city center is 7.8 km. The campus has been constantly developing and changing since its establishment. In addition, due to its location, the University, with its national and international students, makes an important contributions to the city through scientific research and positive relations with the Balkan countries.

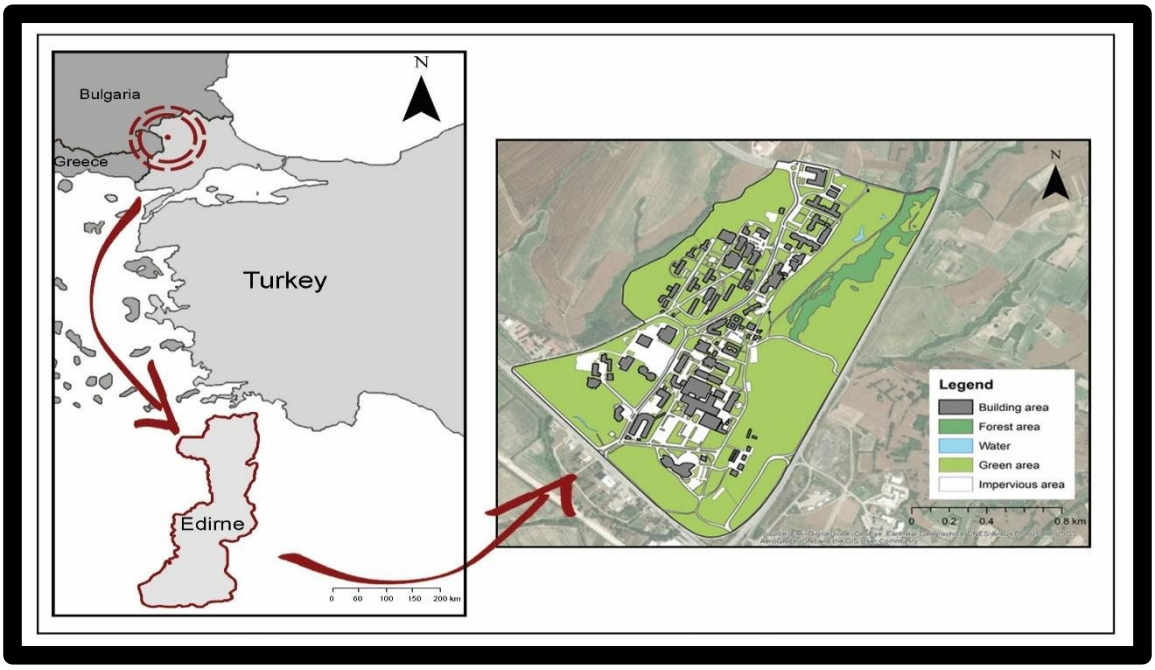


Figure 1. Location and land use distribution of Trakya University Balkan Campus.

This study focused on the existing development boundary of the Balkan Campus of Trakya University. Agricultural areas within the boundaries of the university was not taken into account. The Balkan Campus covers an area of approximately 147 hectares. Approximately 80% of the total area of the campus is covered with green areas. 20% of the developed area consists of buildings and impervious surfaces.

2.2. Method

The i-Tree Canopy tool, used by numerous researchers globally, was created by the US Department of Agriculture Forest Service in collaboration with several partner organizations (USDA, 2021). This web-based tool, available at no cost, was employed in the study to compute the regulation of ecosystem services such as carbon sequestration and storage and air pollution mitigation. Generally, the model aids in estimating and assessing the value of ecosystem services rendered by urban trees and forests. As of the end of 2020, it has been used by more than 510,000 researchers in 159 countries (Nowak, 2021). Studies have focused on a range of topics, including the local ecosystem services and values provided by vegetation, the development of urban green spaces and sustainable forest management plans, the determinination of environmental management strategies, and the assessment of the tendency of green spaces to reduce air pollution (Selim et al., 2023).

The i-Tree Canopy tool has been extensively employed in national and international research studies use due to its ease of, free availability, and minimal data requirements.

The tool can quickly and easily process Google aerial imagery and make statistical predictions and calculations about land types (Nowak, 2021). In addition, the model can estimate the removal of gases (CO, NO_2, O_3, SO_2, PM2.5, PM10) from the atmosphere by plants, as well as the ecological and economic values for the capture and storage of atmospheric carbon, taking into account the values for the land class (Hepcan & Hepcan, 2021; Nowak, 2021).

This study used the i-Tree Canopy v7.1 tool to assess the impact of campus trees on enhancing air quality. This tool plays a significant role in shaping the framework for establishing integrated green space management and sustainable policies aimed at mitigating air pollution on the Balkan campus of Trakya University. The tool works in three stages: (1) site selection (determining the boundaries of the study area on Google Maps), (2) the determination of random sampling points, and (3) the assessment of the ecological contribution of vegetation by determining the land types at these points. In this tool, it is recommended to place at least 500-1000 random points for the estimates, but it is also reminded that the more points used, the better estimates can be obtained (USDA, 2021). Parmehr et al. (2016) stated that the confidence level is less than 1% as the number of points increases. In addition, many studies in the literature indicate that increasing the number of points increases the accuracy rate (Parmehr et al., 2016; Ersoy Tonyaloğlu & Atak, 2021; Tonyaloğlu et al., 2021; Körmeçli, 2023; Üstün Topal & Demirel, 2023). In this study, 10,000 random sample points were determined. Land cover classes were defined in order to ensure the accuracy of the results given the size of the area. The study area was divided into seven classes based on the existing land cover categories, including trees and/or shrubs, impervious buildings, impervious roads, other impervious surfaces, soil and/or bare ground, grass and/or herbaceous plants, and water. The definitions of the land cover classes and sampling points of the study area are shown in Table 1 and Figure 2.

Table 1. Land cover classes of the study area.

Land Cover Class	Description
Tree and/or Shrub	Areas covered with trees and tall shrub vegetation
Impervious Buildings	Impervious covered areas occupied by buildings
Impervious Surfaces	Other impermeable pavements (sidewalks, concrete areas)
Impervious Roads	Asphalt, concrete or compacted roads
Soil and/or Bare Ground	Soil surface and bare areas without vegetation
Grass and/or Herbaceous	Areas covered with grass and other herbaceous ground cover
Water	Artificial and natural water surfaces without vegetation

The i-Tree Canopy tool employs a specific algorithm to determine statistical estimations regarding area percentages, according to the following formula (USDA, 2021).

$$p = \frac{n}{N} \tag{2.1}$$

In the formula, n is the number of points corresponding to the land cover class, and N is the total number of points analyzed among all cover classes. The standard error of the estimate is calculated according to the following formula.

$$SE = \sqrt{pq / N} \tag{2.2}$$

Where p:n/N and q=1-p (Lindgren et al., 1966).

Thus in this work, tree cover in the university is estimated at 23% with a SE of 1.7%. Based on the SE formula, SE is greatest when p=0.5 and least when p is very small or very large (https://canopy.itreetools.org/). The calculation of the total tree cover area involves the multiplication of the percentage of tree cover by the analyzed area. Based on this tree cover data, estimates of carbon storage, air pollution removal, and hydrological effects are derived (USDA, 2021). Coefficient values for carbon estimates are based on the average carbon density per unit of canopy cover in urban areas. In addition, US-based averages, statistically standardised according to US case studies, were used in the i-Tree Eco model to calculate air pollutant removal rates, carbon sequestration, carbon storage and economic benefits provided by a single tree or shrub.

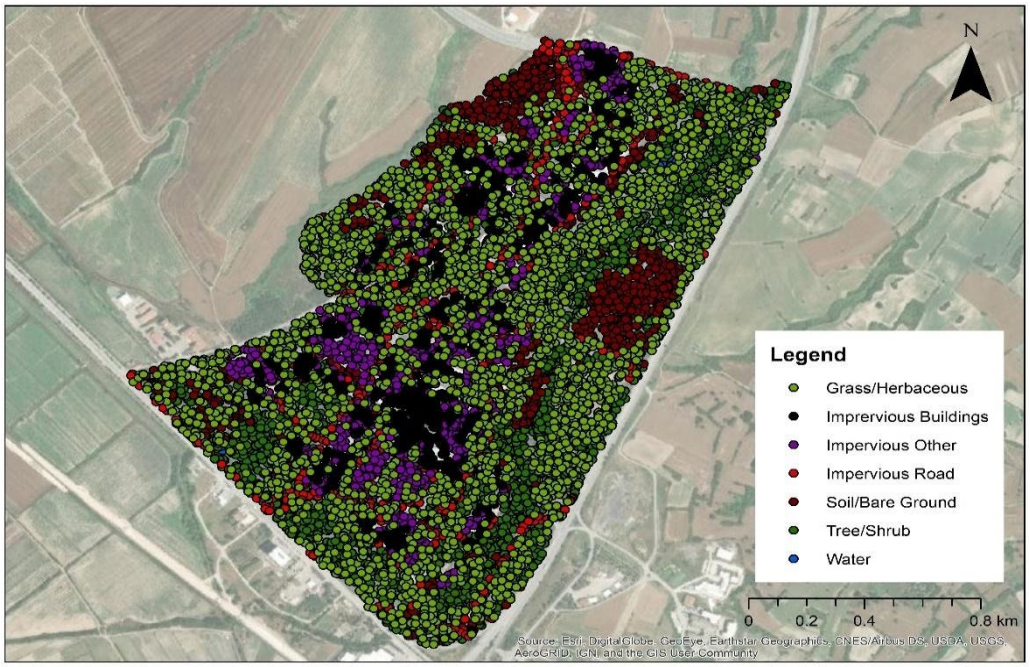


Figure 2. Distribution of random point sampling points in the study area.

In addition to the i-Tree Canopy v7.1 software, ArcGIS 10.8 software was used for visualisation and mapping of the data.

3. Results and Discussion

3.1. Results

Trakya University Balkan Campus was assessed with the i-Tree Canopy tool, and 10,000 sample points were randomly generated. In the study area, 3459 points representing grass/ herbaceous covers covered 34.59% (50.83 ha) of the area. Impervious buildings with 1095 points covered 10.95% (16.09 ha), other impervious surfaces with 1033 points covered 10.33% (15.18 ha), impervious roads with 837 points covered 8.37% (12.30 ha), soil/ bare ground with 1171 points covered 11.71% (17.21 ha), trees/shrubs with 2393 points covered 23.93% (35.17 ha) and water with 12 points covered 0.12% (0.18 ha). In general, 58.52% of the Balkan campus was covered by trees/shrubs and grass/herbaceous cover, while impervious surfaces accounted for 29.65% of the area, and soil/ bare ground accounted for 11.71%. The analysis revealed that the standard deviation value for each land cover class within the area was less than 1%, indicating an equal distribution of point data across all classes. Figure 2 depicts the distribution of randomly sampled points in the study region, with Figure 3 and Table 2 presenting the results of the land cover assessment.

Table 2. The results of the i-Tree canopy analysis.

Cover class types	Points	% Cover ± SE	Area (ha) ± SE
Grass/Herbaceous	3459	34.59 ± 0.48	50.83 ± 0.70
Impervious buildings	1095	10.95 ± 0.32	16.09 ± 0.46
Impervious other	1033	10.33 ± 0.30	15.18 ± 0.45
Impervious road	837	8.37 ± 0.28	12.30 ± 0.41
Soil/Bare ground	1171	11.71 ± 0.32	17.21 ± 0.47
Three/Shrub	2393	23.93 ± 0.43	35.17 ± 0.63
Water	12	0.12 ± 0.03	0.18 ± 0.05
Total	10000	100.0	146.95

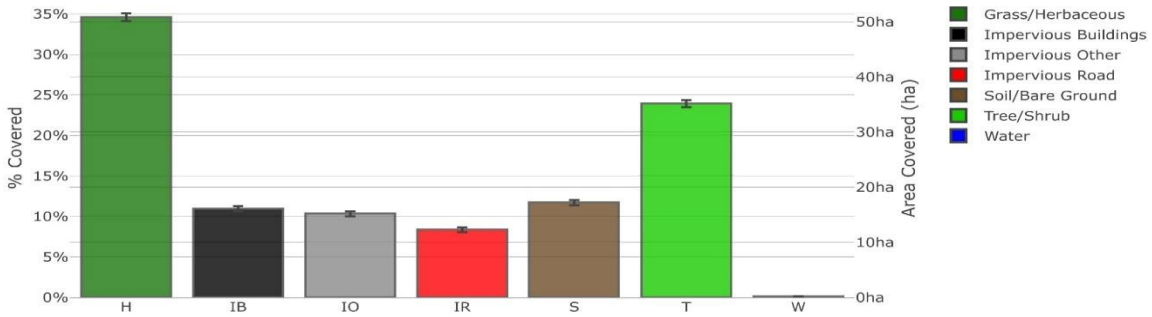


Figure 3. Distribution of land cover classes in the study area.

One of the i-Tree Canopy analysis results is the total annual amount of pollutant gases and particles released into the atmosphere by the Balkan campus area. The campus annually removes 2375.39 kg of pollutant gases (CO, NO_2, O_3, SO_2) and particulates (PM2.5 and PM10), with an economic value of $1144. It was also found that 107.61 tons of carbon is sequestered, and 2702.45 tons of carbon is stored by trees annually (Table 3).

Table 3. i-Tree canopy estimations for air quality benefits.

Pollutants removed from the air (annually)	**Amount**	**±SE**	**Value ($)**	**±SE**
Carbon monoxide, CO (kg)	35.54	0.63	3	0
Nitrogen dioxide, NO_2 (kg)	193.80	3.46	6	0
Ozone, O_3 (kg)	1930.13	34.41	299	5
Sulfur dioxide, SO_2 (kg)	122.13	2.18	1	0
Particulate matter, PM2.5 (kg)	93.79	1.67	618	11
Particulate matter, PM10 (kg)	646.52	11.53	217	4
Sequestered in trees, CO_2seq (tonnes)	107.61	1.92	20.230	361
Stored in trees, CO_2stor (tonnes) (not annually)	2702.45	48.18	508.060	9.058

SE— Standard deviation

Campus trees had the highest removal capacity for O_3, PM10, NO_2, SO_2, PM2.5, and CO among air pollutants. The economic benefit of carbon storage and sequestration provided by the tree canopy in the study area, which represents 23.93% of the whole campus tree canopy, was $528,290.

Carbon sequestration capacity is significantly higher in campus areas with dense tree and shrub cover, particularly in arboretum areas with a high concentration of broadleaf and coniferous tree species and in forested areas near campus entrances. In contrast, areas with extensive impermeable surfaces, such as asphalt and concrete, particularly around faculty buildings and other densely developed campus sections, exhibit lower carbon sequestration rates due to limited vegetation cover. In the central, southern, and southwestern parts of the campus, high PM10 levels have been observed in association with dense building clusters and increased vehicle traffic. Due to vehicle emissions and dust accumulation on asphalt

surfaces, this situation leads to increased particulate matter concentrations, particularly on large impermeable surfaces such as roads and parking lots. On the other hand, in areas with vegetation-particularly those densely vegetated with trees, shrubs, and extensive grassy areas-PM10 levels were significantly lower due to plants' particulate matter capture properties. This demonstrates that vegetation directly contributes to air filtration and improved air quality. In conclusion, differences in carbon sequestration capacity and PM10 levels across the campus are directly related to the type and density of land cover. Areas rich in trees and shrubs provide significant advantages in carbon storage capacity and air pollutant filtration. In contrast, extensive impervious surfaces and bare soil areas reduce carbon sequestration potential and negatively impact air quality.

3.2. Discussion

Universities have a significant impact on society through educating and training people and participating in governance at national and regional levels. This is crucial in shaping socio-cultural environments and creating sustainable environments (Tudorie et al., 2020; Ramírez et al., 2023). The rapid increase of atmospheric carbon stands as a pivotal catalyst for contemporary climate change issues. The mitigation of these issues involve two primary strategies: decreasing carbon emissions and increasing carbon sequestration. Trees, serving as integral urban components, hold significant role in mitigating atmospheric CO_2 increase through the capture, fixation, and storage of carbon dioxide both above and below ground (Liang & Huang, 2023). As the environmental impact of university campuses becomes increasingly important, the contribution of campus trees to the ecosystems cannot be ignored. Campus trees also provide various regulating ecosystem services, such as reducing air temperature, removing pollutants, capturing and storing carbon dioxide, releasing oxygen, and retaining water. In addition to these tasks, trees on college campuses play various other roles, such as improving mental health by reducing pressure on students and teachers (Gulwadi et al., 2019; Guo et al., 2020).

The trees on the Balkan campus sequestered a total of 2702.45 tons of carbon and provided an ecological benefit of $508.06. Studies draw attention to the ecological and economic benefits of urban and campus trees, noting that species diversity is important in campus areas (Wang et al., 2021). Wang et al. (2021) found that trees on university campuses also provide significant energy conservation benefits and can reduce air pollutants and greenhouse gas emissions by contributing to electricity and natural gas cost savings. Nowak et al. (2006) observed a correlation between the number of trees in U.S. urban forests and

the carbon storage capacity, highlighting that ozone (O_3) exhibited the highest pollutant removal rate, trailed by PM10, NO_2, SO_2, and CO. Their research further asserts that urban forests eliminate around 711,000 metric tons of air pollutants annually. The findings of this investigation closely parallel those reported by Nowak et al. (2006). Körmeçli (2023), in a study conducted in Altın Park, Ankara, found that the tree canopy covering 39.89% of the park removes 2094,52 kg of pollutant gases and particulate matter. It was also found that 74.58 tons of carbon is captured and 1873.10 tons of carbon is stored by the trees every year. The park was found to make a significant contribution to the city, especially in terms of removing O_3, which is a greenhouse gas in climate change. The value of economic benefits for improving air quality was calculated to be $366956 and this high value contribution was highlighted. Ersoy Tonyaloğlu & Atak (2021) investigated the ecosystem services and benefits of tree cover in the city of Aydın and found that tree cover contributes significantly to carbon sequestration and storage as well as the removal of NO_2, O_3, SO_2, PM2.5 and PM10. Furthermore, by examining the temporal variation, it was found that the 61.38 ha change in land cover in the city resulted in a decrease in carbon and air pollution benefits and economic value. Since the Balkan campus areas, which are the study area, are open to continuous change, planting and increasing the canopy cover, especially in areas where there is no ground surface or vegetation cover, will contribute to ecosystem services, while at the same time providing significant benefits to the city in terms of adaptation to climate change.

Urban trees reduce air pollution and contribute to ecosystem services by absorbing and sequestering air pollutants. Nevertheless, the effectiveness of pollution reduction may fluctuate based on factors such as the extent of tree cover and the concentration of pollutants, the length of leaf season, the amount of precipitation, as well as the transpiration and deposition rates of trees (Jim & Chen, 2008; Nesbitt et al., 2015; Grote et al., 2016; Salmond et al., 2016). The distribution and density of forest, shrub, and herbaceous plant cover in the campus area contribute to developing regulatory ecosystem services in cleaning air quality by removing pollutant gases and particulate matter. The contribution of the campus area to the ecosystem is realized through the annual removal of 2375.39 kg of pollutant gases and particulate matter, as shown in Table 3. In terms of carbon storage and removal of pollutant gases, tree cover should be increased for the campus to contribute to zero carbon and sustainable development goals. University campuses are defined in the literature as "small cities" (Wang et al., 2021). They can be subject to similar impacts as urban areas, such as heavy vehicle traffic, exhaust fumes, and fossil fuels used for heating. However, with the advantage of being open to development and developable space, campus areas can enable

these impacts to be reduced in the future. Campus areas can have similar environmental impacts as urban areas, such as heavy vehicle traffic, exhaust emissions, and fossil fuel use. However, the developable and retrofittable characteristics of these areas can potentially mitigate these impacts in the future. Creating sustainable campuses should focus on sustainable building design (e.g., green roofs and green walls), water management (especially natural water treatment systems and/or stormwater management systems), improving ecosystem services (protecting native vegetation and supporting pollinators), increasing green space and permeable surfaces, setting carbon neutrality goals, reducing energy consumption, promoting green transportation solutions, and developing climate change adaptation strategies. These strategies can enable universities to become pilot sites that significantly contribute to cities in line with the Sustainable Development Goals.

The main plant species used on the Balkan Campus are as follows conifers (*Cupressus sempervirens* L.*, Pinus nigra* Arnold. subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe., *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carr.*, Cupressus arizonica* Greene*, and Platycladus orientalis* L.), broad-leaved trees (*Prunus amygdalus* Batsch*, Tilia tomentosa* Moench*, Acer negundo* L.*, Fraxinus excelsior* L.*, Platanus orientalis* L.*, Acer platanoides* L.), shrubs (*Spirea x vanhouetti* (Briot) Zab.*, Juniperus horizontalis* Moench.*, Ligustrum vulgare* L.*, Photinia x fraseri* Dress cv. "Red Robin"*, Euonymus japonica* L.) (Mısırlı, 2023). The Balkan Campus is currently in good condition in terms of its open and green space potential. However, there is also a lack of tree and shrub species that contribute to carbon storage, which is particularly apparent in road and sidewalk plantings. Among the tree species in the Cascine Park in Florence, *Aesculus hippocastanum, Pinus alba, and Pinus pinea* were the most important for removing total pollutants, according to their ability to control air quality. *Tilia tomentosa*, on the other hand, was reported to remove moderate levels of pollutants (Paoletti et al., 2011). Therefore, species selection is important in campus planting. At the same time, the ecosystem services trees provide are closely related to their structure. Studies show that trees with larger crown size and leaf area can provide more services (Cox, 2012; Wang et al., 2021). Deciduous trees can store more carbon and regulate microclimate than evergreen trees due to their larger canopy width (Liang & Huang, 2023). Specifically, *Cedrus* sp. *and Platanus* sp. tree species are reported to sequester approximately 300 to 550 kg of CO_2 per year (Cox, 2012). The carbon sequestered within the tree cover of the Balkan campus, totally 2702.45 tons, can effectively offset and absorb a considerable portion of the city's carbon emissions released into the atmosphere. Therefore, planting efforts on the campus should focus on increasing the number of tree species and selecting local species, favoring

deciduous trees, and considering their role in improving air quality. This suggests that more emphasis should be placed on campus re-plantation and that species selection should favor tree species with high carbon storage. By increasing the tree canopy cover in the campus area, the amount of soil/bare ground (17.21 ha), which occupies a significant area in the area, will increase the open and green space potential of the area, and this will contribute to an increasing the amount of air quality and carbon storage benefits of trees. In addition, as shown in Figure 4, the area of tree cover in the campus area is significantly less than the area of ground cover and herbaceous vegetation. Considering the impact of tree cover on carbon storage, it is important to strategize for the expansion of these areas in forthcoming plans.

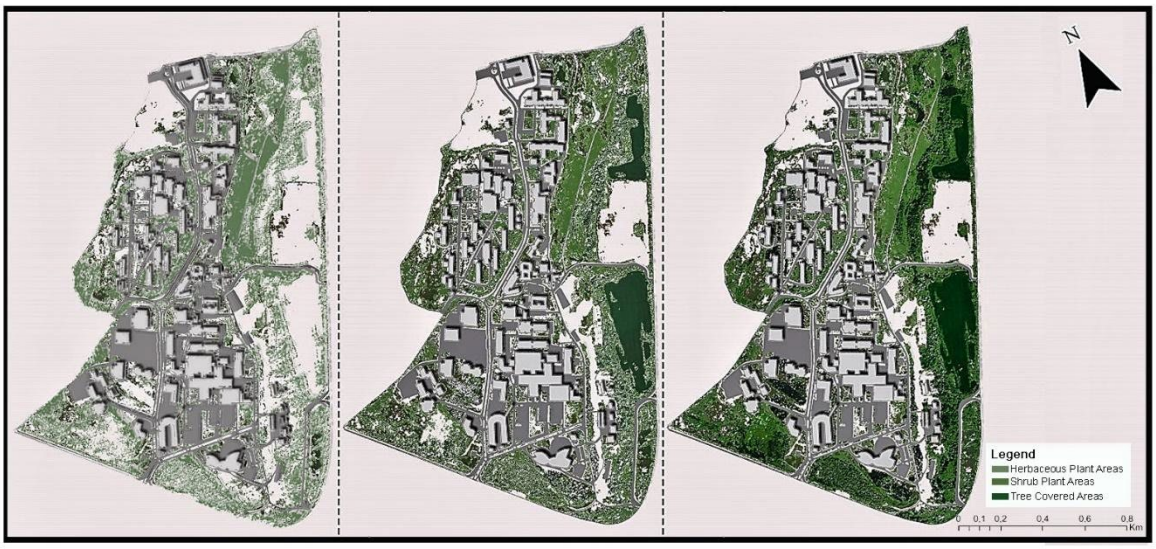


Figure 4. Distribution of areas covered with ground cover, herbaceous, and tree cover in Balkan Campus.

Increasing the vegetative cover of campus areas can not only provide ecological benefits but can also have a positive impact on the health of campus users. In this context, it would be important to increase the amount of wooded areas and plant species diversity on campus, expand the campus arboretum, develop rain gardens and drought-tolerant landscaping practices, and improve the maintenance and health of campus street trees. In addition, campus trees serve the region in which they are located and play an important role in reducing the heat island effect and regulating urban microclimate. This positively impacts both campus and urban health and increases ecological comfort.

This study utilizes the i-Tree Canopy model, which provides a simple, fast, and practical method for calculating regulatory ecosystem services and their economic values. The model effectively illustrates the ecosystem benefits of areas covered by trees and tall shrubs in a clear and tangible manner. Although widely used in the United States (U.S.), the

model has also been applied in other countries such as Australia, Canada, the United Kingdom, and Switzerland. Its applicability in Turkey depends on the compatibility of the climatic, air pollution, and vegetation characteristics of the studied cities with those referenced by the model (Coşkun Hepcan & Hepcan, 2017). However, the study has certain limitations. First, the i-Tree Canopy tool was not employed to determine the role of tree species in carbon sequestration and air quality improvement. As a result, it does not provide detailed insights into the environmental contributions of specific species. To address this limitation, other tools within the i-Tree suite, such as i-Tree Eco and i-Tree Street, should be used to comprehensively evaluate tree species' benefits regarding energy savings, carbon storage, air quality, stormwater management, and aesthetic enhancement. Additionally, the classification of randomly selected points can be challenging, necessitating the verification of these points' accuracy using supplementary tools like Google Earth Pro, which impacts the reliability of the data. Another significant limitation lies in the lack of comparable tools in Turkey that assess comprehensive ecosystem services and environmental benefits, restricting the study's applicability in a local context. Furthermore, the data underpinning the model, such as climate, air pollution, and vegetation, are calculated based on U.S.-specific standards and statistically generalized. This reliance on U.S. datasets means that the results only provide approximate values. Nonetheless, these findings represent a valuable starting point for evaluating regulatory ecosystem services and developing a general understanding of the subject. For tools like i-Tree Canopy and i-Tree Eco to be used with greater accuracy and precision in Turkey, extensive research must be conducted, and coefficients tailored to local conditions should be developed. Otherwise, continued reliance on U.S.-based coefficients may hinder the results from fully reflecting actual values (Coşkun Hepcan & Hepcan, 2017; Tuğluer & Gül, 2018; Çakmak & Can, 2020; Tonyalıoğlu et al., 2021). Despite these limitations, this study marks a significant step towards developing sustainable campus plans and quantitatively assessing the benefits of ecosystem services.

4. Conclusions

In the context of sustainable development, the potential of university campuses to support ecological conditions is of great importance when considering the goals of cities and issues such as climate change and biodiversity loss. University campuses typically cover large areas of land and provide many ecological benefits by acting as a model for cities. This research explored how campus trees contribute to air quality regulation, a crucial ecosystem service they provide. Employing the i-Tree Canopy tool, their impact was analyzed, considering both their ecological advantages and economic significance. As a result, it was estimated that the 23.93% tree/shrub cover, which constitutes the majority of the land cover, removes 2375.39 kg of pollutant gases and particulate matter from the air annually, with an economic benefit value of $1144 for improved air quality. In addition, the canopy cover was found to store 2702.45 tons of carbon, and the economic benefit value of this ecological service was $508,060. In addition to all these benefits, it indirectly contributes to many ecosystem services (regulation of stormwater runoff, aesthetic benefits, etc.). This study can contribute to creating campus plans and management policies to guide future assessments. It highlights the importance of ecosystem services in creating sustainable campuses and the need to increase carbon sequestration to promote carbon neutrality. In this context, it has a guiding role in campus planning and design.

In addition, it is recognized that university campuses have issues similar to those in cities. Therefore, the impact of urban trees on air quality should not be underestimated. However, this alone is not enough in today's anthropogenic age. Therefore, in addition to increasing reforestation activities, reducing pollutant emissions in cities should be one of the primary goals. Especially in campuses with intensive use activities (due to factors such as hospitals, etc.), the focus should be on reducing emissions that cause air pollution. In this context, it will be important to take steps towards a sustainable and carbon-neutral campus through the development of planning strategies.

With issues such as global climate change and environmental sustainability, the potential of campus trees to improve air quality becomes even more important. Therefore, it is critical to protect green spaces on campus, create new ones, and implement effective policies to achieve carbon neutrality goals. As a result, the role of campus trees in improving air quality should not be overlooked. It should be considered part of environmental sustainability efforts, positively impacting the campus and the broader community and leaving a healthier habitat for future generations.

References

Aghamolaei, R., & Fallahpour, M. (2023). Strategies towards reducing carbon emission in university campuses: A comprehensive review of both global and local scales. *Journal of Building Engineering*, 107183. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107183

Berto, R. (2005). Exposure to restorative environments helps restore attentional capacity. *Journal of environmental psychology*, *25*(3), 249-259. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.07.001

Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., & Pullin, A.S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and urban planning*, *97*(3), 147-155. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006

Cox, H.M. (2012). A sustainability initiative to quantify carbon sequestration by campus trees. *Journal of Geography*, *111*(5), 173-183. https://doi.org/10.1080/00221341.2011.628046

Dilaver, Z., Yuksel, U.D., & Yilmaz, F.C. (2017). Contribution of university campuses to climate change mitigation: Ankara University Tandogan campus case. *Fresenius Environ Bull*, *26*(12), 7018-7024.

Ersoy Tonyaloğlu, E., & Atak, B.K. (2021). Impact of land cover change on urban tree cover and potential regulating ecosystem services: The case of Aydın/Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, *193*(11), 736. https://doi.org/10.1007/s10661-021-09531-y

Escobedo, F.J., Kroeger, T., & Wagner, J.E. (2011). Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*, *159*(8-9), 2078-2087. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.010

Grote, R., Samson, R., Alonso, R., Amorim, J.H., Cariñanos, P., Churkina, G., Fares, S., Thiec, D.L., Niinemets, Ü., & Mikkelsen, T.N. (2016). Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *14*(10), 543-550. https://doi.org/10.1002/fee.1426

Gulwadi, G.B., Mishchenko, E.D., Hallowell, G., Alves, S., & Kennedy, M. (2019). The restorative potential of a university campus: Objective greenness and student perceptions in Turkey and the United States. *Landscape and urban planning*, *187*, 36-46. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.03.003

Guo, L.-N., Zhao, R.-L., Ren, A.-H., Niu, L.-X., & Zhang, Y.-L. (2020). Stress recovery of campus street trees as visual stimuli on graduate students in autumn. *International journal of environmental research and public health*, *17*(1), 148. https://doi.org/10.3390/ijerph17010148

Heaviside, C., Macintyre, H., & Vardoulakis, S. (2017). The urban heat island: implications for health in a changing environment. *Current environmental health reports*, 4, 296-305. https://doi.org/10.1007/s40572-017-0150-3

Hepcan, Ş., & Hepcan, Ç.C. (2021). Assessing ecosystem services of urban green spaces: the case of Eugene Pioneer Cemetery, Eugene, OR (USA). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *58*(4), 513-522. https://doi.org/10.20289/zfdergi.900698

Jayasooriya, V., Ng, A., Muthukumaran, S., & Perera, B. (2017). Green infrastructure practices for improvement of urban air quality. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 34-47. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.007

Jim, C.Y., & Chen, W.Y. (2008). Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China). *Journal of Environmental Management*, *88*(4), 665-676. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.035

Körmeçli, P.Ş. (2023). Kent parklarının hava kalitesini iyileştirme üzerine etkisinin değerlendirilmesi: Ankara Altınpark Örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *24*(2), 23-30. 10.17474/artvinofd.1295845

Liang, D., & Huang, G. (2023). Influence of Urban Tree Traits on Their Ecosystem Services: A Literature Review. *Land*, *12*(9).

Lindgren, B.W., McElrath, G., & Berry, D.A. (1966). *Introduction to probability and statistics*. Macmillan New York.

Livesley, S., McPherson, E.G., & Calfapietra, C. (2016). The urban forest and ecosystem services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of environmental quality*, *45*(1), 119-124. https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567

McKinney, M.L. (2002). Urbanization, biodiversity, and conservation: the impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *Bioscience*, *52*(10), 883-890. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2

Mısırlı, N. (2023). 'Sürdürülebilir üniversite yerleşkelerinde su etkin peyzaj tasarım modeli üzerine bir araştırma: Trakya Üniversitesi Balkan Yerleşkesi', Doktora Tezi, Tekirdağ

Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, 133s, Tekirdağ.

Mills, G., Anjos, M., Brennan, M., Michael, J., McAleavey, C., & Ningal, T. (2015). The green 'signature'of Irish cities: an examination of the ecosystem services provided by trees using iTree Canopy software. *Irish Geography*, 48, 62-77. http://hdl.handle.net/10451/35677

Nesbitt, N.H.L., Cowan, S.B.J., Cheng, Z.C., PI, S.S., & Neuvonen, J. (2015). The Social and Economic Values of Canada's Urban Forests: A National Synthesis.

Nowak, D.J. (2021). *Understanding i-Tree: 2021 summary of programs and methods*. US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station.

Nowak, D.J., & Crane, D.E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, *116*(3), 381-389. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00214-7

Nowak, D.J., Crane, D.E., & Stevens, J.C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, *4*(3-4), 115-123. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007

Nowak, D.J., Hoehn, R., & Crane, D.E. (2007). Oxygen production by urban trees in the United States. *Arboriculture and Urban Forestry*, *33*(3), 220.

O'Brien, L., De Vreese, R., Kern, M., Sievänen, T., Stojanova, B., & Atmiş, E. (2017). Cultural ecosystem benefits of urban and peri-urban green infrastructure across different European countries. *Urban Forestry & Urban Greening*, *24*, 236-248. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.002

Paoletti, E., Bardelli, T., Giovannini, G., & Pecchioli, L. (2011). Air quality impact of an urban park over time. *Procedia Environmental Sciences*, *4*(0), 10-16.

Parmehr, E.G., Amati, M., Taylor, E.J., & Livesley, S.J. (2016). Estimation of urban tree canopy cover using random point sampling and remote sensing methods. Urban Forestry & Urban Greening, 20, 160-171. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.08.011.

Pataki, D.E., Alberti, M., Cadenasso, M.L., Felson, A.J., McDonnell, M.J., Pincetl, S., Pouyat, R.V., Setälä, H., & Whitlow, T.H. (2021). The benefits and limits of urban tree planting for environmental and human health. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*, 603757. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.603757.

Ramírez, O., Hernández-Cuellar, B., & de la Rosa, J.D. (2023). Air quality monitoring on university campuses as a crucial component to move toward sustainable campuses: An overview. *Urban Climate*, *52*, 101694. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101694.

Riondato, E., Pilla, F., Basu, A.S., & Basu, B. (2020). Investigating the effect of trees on urban quality in Dublin by combining air monitoring with i-Tree Eco model. *Sustainable Cities and Society*, *61*, 102356. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102356.

Ritchie, Y. (2017). Investigating the carbon sequestration and storage capacity of trees in a university campus environment.

Salmond, J.A., Tadaki, M., Vardoulakis, S., Arbuthnott, K., Coutts, A., Demuzere, M., Dirks, K.N., Heaviside, C., Lim, S., & Macintyre, H. (2016). Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. *Environmental Health*, *15*, 95-111.

Scholz, T., Hof, A., & Schmitt, T. (2018). Cooling effects and regulating ecosystem services provided by urban trees—novel analysis approaches using urban tree cadastre data. *Sustainability*, *10*(3), 712. https://doi.org/10.3390/su10030712 .

Selim, S., Dönmez, B., & Kilçik, A. (2023). Determination of the optimum number of sample points to classify land cover types and estimate the contribution of trees on ecosystem services using the I-Tree Canopy tool. *Integrated Environmental Assessment and Management*, *19*(3), 726-734. https://doi.org/10.1002/ieam.4704.

Selmi, W., Weber, C., Rivière, E., Blond, N., Mehdi, L., & Nowak, D. (2016). Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. *Urban Forestry & Urban Greening*, *17*, 192-201. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.04.010.

Sheng, Q., Zhang, Y., Zhu, Z., Li, W., Xu, J., & Tang, R. (2019). An experimental study to quantify road greenbelts and their association with PM2. 5 concentration along city main roads in Nanjing, China. *Science of the Total Environment*, *667*, 710-717. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.306.

Strohbach, M.W., & Haase, D. (2012). Above-ground carbon storage by urban trees in Leipzig, Germany: Analysis of patterns in a European city. *Landscape and urban planning*, *104*(1), 95-104.

Şahin Körmeçli, P., & Seçkin Gündoğan, G. (2024). Assessment of vegetation change using NDVI, LST, and carbon analyses in Çankırı Karatekin University, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, *196*(3), 1-15. https://doi.org/10.1007/s10661-024-12465-w.

Tonyaloğlu, E.E., Atak, B.K., & Yiğit, M. (2021). Düzenleyici ekosistem hizmetlerinden hava kalitesinin Efeler-Aydın örneğinde incelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *18*(1), 119-125. https://doi.org/10.25308/aduziraat.867541.

Tudorie, C.A.-M., Vallés-Planells, M., Gielen, E., Arroyo, R., & Galiana, F. (2020). Towards a greener university: Perceptions of landscape services in campus open space. *Sustainability*, *12*(15), 6047.

Tuğluer, M., & Gül, A. (2018). Kent ağaçlarının çevresel etkileri ve değerinin belirlenmesinde UFORE modelinin kullanımı ve Isparta örneğinde irdelenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, *19*(3), 293-307. https://doi.org/10.18182/tjf.341054.

Tülek, B. (2022). Measuring regulating ecosystem services for the impacts of global climate change and air quality service in Wageningen case area. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, *7*(1), 79-83. https://dx.doi.org/10.22161/ijeab.

USDA. (2021). *Understanding i-Tree: 2021 summary of programs and methods*. US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station.

Üstün Topal, T., & Demirel, Ö. (2023). Measurıng Aır Qualıty Impacts Of Green Areas And Ecosystem Servıces (Ess) Usıng Web-Based I-Tree Canopy Tool: A Case Study In Istanbul. *Turkish Journal of Forest Science*, *7*(2), 253-266. https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1341656.

Walsh, C.J., Fletcher, T.D., & Burns, M.J. (2012). Urban stormwater runoff: a new class of environmental flow problem. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045814

Wang, X., Wang, Y., Qu, X., Huang, B., Li, Z., Sun, J., Wei, X., & Yang, X. (2021). Urban trees in university campus: structure, function, and ecological values. Environmental Science and Pollution Research, 28, 45183-45198. https://doi.org/10.1007/s11356-021-13841-6.

Wolf, K.L., Lam, S.T., McKeen, J.K., Richardson, G.R., van Den Bosch, M., & Bardekjian, A.C. (2020). Urban trees and human health: A scoping review. International journal of environmental research and public health, 17(12), 4371. https://doi.org/10.3390/ijerph17124371.

Wu, J., Wang, Y., Qiu, S., & Peng, J. (2019). Using the modified i-Tree Eco model to quantify air pollution removal by urban vegetation. Science of the Total Environment, 688, 673-683. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.437.

Yang, J., McBride, J., Zhou, J., & Sun, Z. (2005). The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. Urban Forestry & Urban Greening, 3(2), 65-78. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2004.09.001.

Yao, Y., Wang, Y., Ni, Z., Chen, S., & Xia, B. (2022). Improving air quality in Guangzhou with urban green infrastructure planning: An i-Tree Eco model study. Journal of Cleaner Production, 369, 133372. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133372.

Yue, H., He, C., Huang, Q., Yin, D., & Bryan, B.A. (2020). Stronger policy required to substantially reduce deaths from PM2. 5 pollution in China. Nature communications, 11(1), 1462. https://doi.org/10.1038/s41467-020-15319-4.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s.586-606
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1680905

İklim Değişikliği ile Mücadele Kapsamında Dirençli Bina Tasarım Ölçütlerinin Belirlenmesi *

Determination of Resilient Building Design Criteria for Dealing with Climate Change

Bircan Selma DELİBAŞ[1], Ayşen ÇOBAN [2]

Özet

Bu çalışma, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için kentlerin bu sürece yaptığı etkileri analiz ederek, yeşil bina sertifikasyon sistemleri çerçevesinde iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, iklim değişikliğinin önlenmesinde kritik bir rol oynayan iklim değişikliğine dirençli kent göstergeleri, yeşil bina kavramları ve yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin kapsamları ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Farklı coğrafi bölgelerde uluslararası sertifikasyon sistemlerinin her zaman yeterli olmadığı ve yerel ihtiyaçların göz önünde bulundurulması gerektiği tespit edilmiştir. Çalışmada, BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR sertifikasyon sistemlerine ait ölçütler ve alt ölçütler detaylı bir şekilde analiz edilerek uzman (3 iç mimar, 3 inşaat mühendisi, 3 mimar ve 3 peyzaj mimarı) görüşleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Ana ölçütlerin önceliklendirilmesi Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle yapılmış, alt ölçütler ise 4'lü Likert ölçeği kullanılarak puanlanmıştır. Bu katsayı puanlaması sonucunda enerji verimliliği, su verimliliği, sürdürülebilir arazi kullanımı, malzeme, inovasyon ve iç mekân kalitesi öncelikli ölçekler olarak belirlenmiş ve bu doğrultuda iklim değişikliğine dirençli bina tasarımı için "Geçer", "İyi" ve "Dirençli" sonuçlarını veren bir puanlama sistemi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil bina sertifikasyon sistemleri, iklim değişikliğine dirençli bina, AHS, 4'lü likert

Abstract

In This study aims to determine climate-resilient building design criteria within the framework of green building certification systems by analyzing the impacts of cities on mitigating the adverse effects of climate change. To this end, indicators of climate-resilient cities, which play a critical role in preventing climate change, along with the concepts of green buildings and the scope of green building certification systems, have been examined in detail. It has been identified that international certification systems are not always sufficient for different geographical regions and that local needs should be considered. In the study, the criteria and sub-criteria of certification systems such as BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Residential, and YeS-TR were analyzed in depth and evaluated based on expert opinions (3 interior architects, 3 civil engineers, 3 architects, and 3 landscape architects). The prioritization of main criteria was conducted using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, while sub-criteria were scored using a 4-point Likert scale. As a result of this scoring system, energy efficiency, water efficiency, sustainable land use, materials, innovation, and indoor environmental quality were identified as prioritized scales. Consequently, a scoring system was developed that yields "Acceptable," "Good," and "Resilient" outcomes for climate-resilient building design.

Keywords: Green building certification systems, climate change resilient building, AHS, 4-point Likert

Geliş Tarihi: 21.04.2025, Düzeltme Tarihi: 12.06.2025, Kabul Tarihi: 16.06.2025
Adres: [1] Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekansal Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı, Burdur
[2]Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü,
E-mail: acoban@mehmetakif.edu.tr
*Bu çalışma, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekansal Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı'nda "İklim Değişikliğine Dirençli Bina Tasarım Ölçütlerinin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Kapsamında Belirlenmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

İklim krizi, doğal ekosistemler üzerinde derinlemesine ve çok boyutlu etkiler oluşturmaktadır. Küresel sıcaklıkların artışı, buzulların erimesi ve deniz seviyelerinin yükselmesi gibi doğrudan sonuçlara neden olurken; aşırı hava olaylarının sıklığı ve şiddeti de belirgin bir şekilde artmaktadır. Böylelikle son yıllarda dünya genelinde artan çevresel ve toplumsal etkileriyle çözümlenmesi gereken bir kriz haline gelmiştir (IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). Bu durum, ekosistemlerin dengesini bozmakta, biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açmakta ve özellikle hassas bölgelerde kuraklık, sel ve yangın gibi felaketlerin artmasına sebep olmaktadır. İklim krizi aynı zamanda tarım üretimini olumsuz etkileyerek gıda güvenliğini tehdit etmekte, su kaynaklarına erişimi zorlaştırmakta ve küresel ölçekte sosyo-ekonomik eşitsizlikleri derinleştirmektedir. Tüm bu etkiler; insan sağlığı, göç hareketleri ve toplumsal yapı üzerinde de kalıcı ve olumsuz sonuçlar doğurmaktadır (Mavi, 2021).

İklim krizine neden olan toplumsal unsurların başında nüfus artışının birlikte getirdiği göç ve kentleşmedir. Birleşmiş Milletler projeksiyonları, 15 yıl içinde 500 milyona yakın kentlinin, 2050 yılına kadar ise 2 milyar kentlinin dünyaya ekleneceğini göstermektedir (UNFPA- United Nations Population Fund, 2024).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki binalar, küresel ölçekte toplam enerji tüketiminin %40'tan fazlasını oluşturmakta ve bu ülkelerden kaynaklanan sera gazı emisyonları dünya genelinin üçte birine denk gelmektedir. Yüzey alanı olarak dünya üzerinde yalnızca %2 yer kaplayan kentler, dünya nüfusunun yarısını barındırmakta ve küresel enerji tüketiminin üçte ikisinden sorumludur (UCCRN- Urban Climate Change Research Network, 2011). Bu bilgiler kapsamında gerekli önemler alınmazsa kentlerin, iklim krizinin hem kaynağı hem de mağduru olması beklenmektedir. Dodman (2009), sera gazı salınımlarının yaklaşık %80'inden sorumlu olan kentlerin gerekli politikaların geliştirilip uygulanmaması durumunda, gelecekteki nüfus artışı ve kentleşme oranlarıyla birlikte çevresel sorunların daha da büyümesine yol açacağını vurgulamaktadır. Bu nedenle kent oluşumunun en küçük yapı taşı olan binaların inşaat, kullanım ve yıkım aşamalarında iklim krizine sebep olacak unsurlar dikkate alınarak işlem dizileri yönetilmelidir. Binaların iklim krizine karşı dirençli hale getirilmesinin, sürdürülebilir kentleşme süreçlerinin temel bir bileşeni olduğu vurgulanmakta; bu doğrultuda yeni tasarım ölçütlerinin geliştirilmesinin gerekliliği ön plana çıkmaktadır (Rockström ve ark., 2009).

Kentleşmenin hızla artmasıyla birlikte, inşaat sektöründe çevresel ve sosyal olumsuz etkilerin en aza indirilmesi, çevre ve ekonomiye olumlu katkılar sağlanması ve gelecek nesillerin yaşam kalitesinin artırılması amacıyla sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesi ve bu stratejilerin proje süreçlerine entegre edilmesi, iklim krizinin önlenmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır (Steffen ve ark., 2015). Bu bağlamda, iklim krizinin yapı sektörü üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etmek amacıyla yenilikçi ve iklime dirençli bina tasarım stratejileri büyük önem taşımaktadır (ÇŞİDB-Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024). Hamedani ve Huber (2012), yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin kentsel gelişme ve yenileme müdahaleleri açısından yerleşim ölçeğinde; bina düzeyinde ise mevcut ve yeni binalar, konutlar, oteller, sağlık ve eğitim yapıları gibi çeşitli alanları kapsayarak sürdürülebilir kentler oluşturma hedefi doğrultusunda bir referans ve çerçeve sunma çabası olarak değerlendirmektedirler. Bu sertifikalar ve kılavuzlar, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı amaçlayan kentsel planlama ve yapı inşaatı sektörlerinde iş birliği geliştiren bir model örneğidir.

Yeşil binaların sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliği ilkelerini esas alan; tasarım, uygulama, bakım, işletme ve yıkım süreçlerinde etkin, çevreye duyarlı ve sağlıklı yaşam alanları oluşturan bir model ortaya koyduğu ifade edilmektedir (Kömürlü ve Ceceloğlu, 2021). İlk olarak yeşil bina kavramı temellerinin 1970'lerde enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve çevresel kaygıların artmasıyla atıldığı görülmektedir. Kavramın tanımlanması ve standartlaştırılması binalar ve binaların kentler üzerindeki bu olumsuz etkilerini ortadan kaldırmayı amaçlayan uluslararası ve ulusal kapsamda yeşil bina sertifikasyon sistemleri geliştirilmiştir (Kömürlü ve Ceceloğlu, 2021). İlk olarak geliştirilen yeşil bina sertifikasyon sistemi; Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)-Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi Sertifikasyon Sistemi 1990 yılında İngiltere'de geliştirilmiştir. 1996 yılında Kanada'da Sustainable Building Tool (SBTool)-Sürdürülebilir Yapı Aracı, 1998 yılında Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)-Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik sertifikasyon sistemleri geliştirilmiştir. Daha sonra geliştirilen yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin kronolojik sıralaması; 2003 yılında Green Star–Yeşil Yıldız, 2004 yılında Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE)- Yapılı Çevre Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi, 2009 yılında German Sustainable Building Council (DGNB)- Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi' dir (Emel ve Şenyiğit, 2018). Türkiye'de ulusal yeşil bina sertifikasyon sistemleri bulunmaktadır. 2007 yılında Türkiye'de kurulan Çevre Dostu Yeşil Binalar

Derneği (ÇEDBİK) tarafından 2014 yılında ÇEDBİK-Konut ilk yeşil bina sertifikasyon sistemi olarak öne çıkmaktadır (Geçimli ve Yamaçlı, 2019). ÇEDBİK'in 2015 yılında "Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım" olarak adlandırdığı sertifika sistemi B.E.S.T-Konut sertifikasıdır. Bu sertifika, konut projelerinin sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak tasarlanmasını ve çevresel etkilerinin en aza indirilmesini hedeflemektedir (ÇEDBİK, 2022). ÇŞİDB tarafından 2022 yılında Binalar ve Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği ile yürürlüğe giren Yeşil Sertifika Türkiye (YeS-TR) olarak adlandırılan sertifika yürürlüğe girmiştir.

Yeşil bina sertifikasyon sistemleri, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda bina tasarım, inşaat ve işletim süreçlerini standartlaştıran ve iyileştiren sistemlerdir. Bu sertifikasyon sistemlerinin temel amaçları; enerji verimliliği, su tasarrufu, malzeme kullanımı, sağlıklı yaşam alanları oluşturmak ve karbon ayak izini azaltmaktır (USGBC-U.S. Green Building Council, 2020).

Sertifikasyon sistemleri sürdürülebilir bina tasarımını desteklese de yapılan araştırmalarda sertifikasyon sistemlerinin eksik yönleri de bulunmaktadır. Küresel ölçeklerle tasarlanan yeşil bina sertifikasyon sistemleri yerel bağlamdan uzak, farklı iklim ve coğrafi koşullara hizmet vermekte kısıtlıdır. Sertifikalı binaların başlangıç maliyetleri ve sertifikasyon süreciyle ilgili yüksek maliyetler nedeniyle, küçük ölçekli projelerin bu sistemlere dâhil olması genellikle zorlayıcı olmaktadır. Sertifika almış binaların ise uzun vadede bakım ve işletim zorlukları da mevcut ve yapılmaması halinde verimlilik kaybı yaşanacağı öngörülmektedir. Bir diğer unsur; proje, planlama ve tasarım hedeflerinin uygulama sonrasında beklenen performans sonuçlarını karşılamamasıdır. Sertifikasyon sistemlerinin çevreye olan katkılarının yanında sosyal sürdürülebilirlik, toplumsal fayda, yerel işbirliği çalışmaları üzerinde yeterince durmadığı da görülmektedir (Berardi, 2012).

Yukarıda belirtilen bilgiler ışığında; yeşil bina kavramının tüm amaç ve hedeflerinin ötesinde, iklim krizi ile mücadele göz önünde bulundurulduğunda, binaların iklim krizine dirençli hale getirilmesi bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın amacı; iklim değişikliğinin etkilerine karşı kentlerin, dirençli hale getirilebilmesi kapsamında bina tasarım ölçütlerinin belirlenmesi ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile ölçütlerin öncelik sıralaması belirlenerek bir puanlama sisteminin ortaya konulmasıdır. Bina tasarım ölçütlerinin ve alt ölçütlerinin belirlenmesinde yeşil bina sertifikasyon sistemlerinden BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR dayanak oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

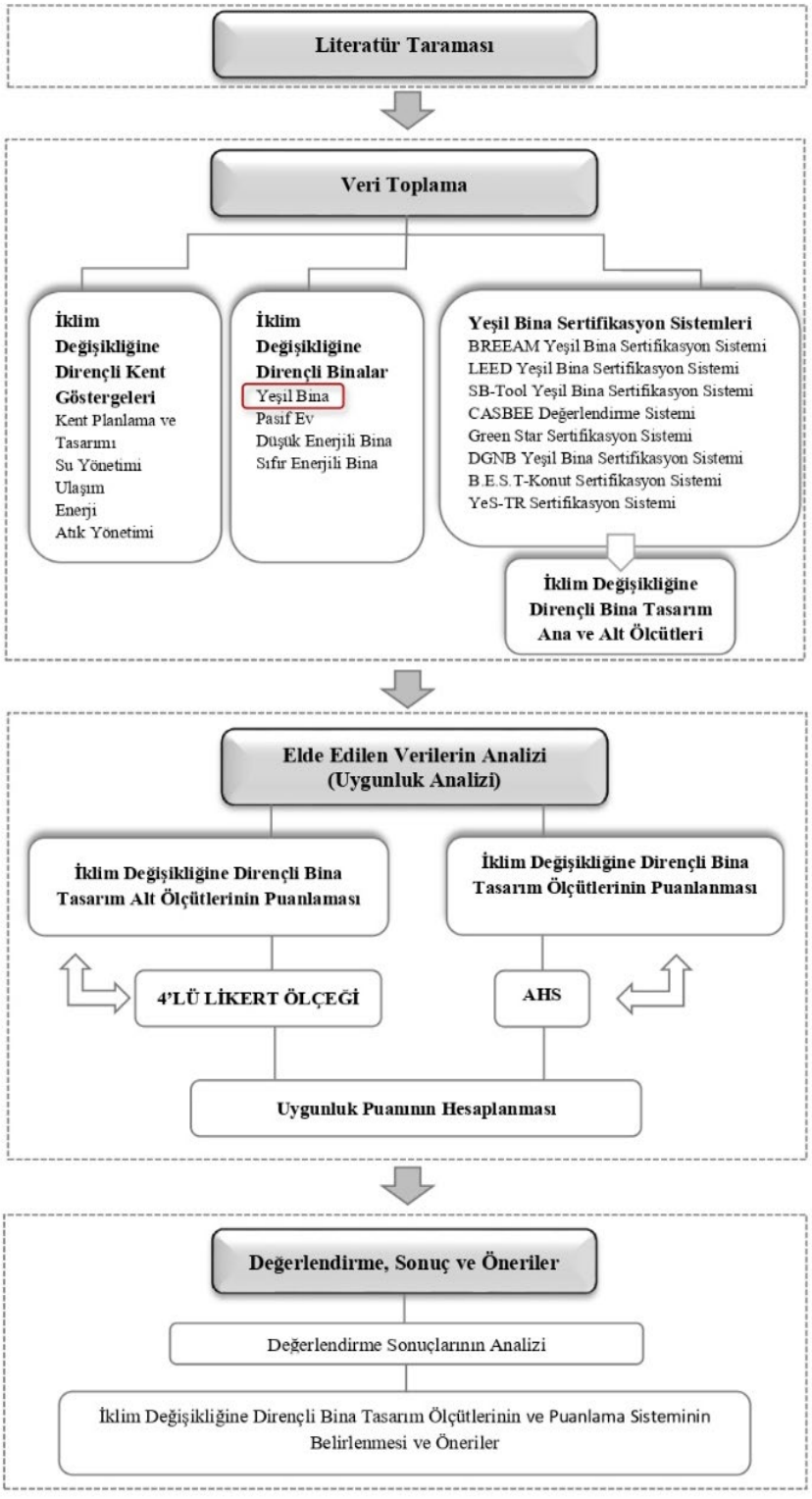
Yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde belirlenen ölçütler, puanlandırmalar, ortak noktalar ve farklılıklar; iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin belirlenmesine katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda çalışmanın ana materyalini, ölçüt ve alt ölçütlerin belirlenmesine BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR sertifikasyon sistemleri dayanak oluşturmaktadır. Tüm ana ve alt ölçütlerin tasarım, inşaat ve uygulama aşamasını kurgulayan meslek dallarındaki uzman görüşlerine ihtiyaç duyulmuştur. Söz konusu uzmanların 3'ü iç mimar, 3'ü inşaat mühendisi, 3'ü mimar ve 3'ü ise peyzaj mimarıdır. Çalışmada belirlenen ana ölçütlere dair matrislerin hazırlanması ve hesaplanması; alt ölçütlere dair puanlamanın hazırlanması ve hesaplanması kapsamında Excel 2019 kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Bu çalışma, iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmadır. Bu bağlamda çalışma; literatür taraması ve yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin ana ve alt ölçütlerine ait veri toplama, elde edilen verilerin analizi, değerlendirme ve sonuç olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır (Şekil 1).

Çalışmayla ilgili literatür taraması yapılarak iklim değişikliği ve nedenleri, iklim değişikliğine dirençli kent ve bina göstergeleri ele alınmıştır. Yeşil bina kavramı ve yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin (BREEAM, LEED, SB-Tool, CASBEE, Green Star, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR) tüm ölçütleri incelenerek iklim değişikliğine dirençli bir binanın sahip olması gereken tasarım ölçütleri irdelenmiştir.

Veri toplama aşamasında; uluslararası yeşil bina sertifikasyon sistemlerinden en çok tercih edilen sertifikasyon sistemleri, tüm kavramları ve kapsamlarıyla irdelenmiştir. Bu sertifikasyon sistemlerinin süreçleri, ortak noktaları, sertifikalandırma sonuçları ve farklılıkları belirlenmiştir. Bu kapsamda çalışmada iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ana ve alt ölçütlerinin belirlenmesinde temel dayanak BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR'dir. BREEAM, LEED ve DGNB yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin tercih edilme nedeni uluslararası yaygın uygulama imkânları sağlamalarıdır. Bununla birlikte bu çalışmanın etki alanının Türkiye olduğu düşünülünce; Türkiye'de ortaya konulan iki önemli B.E.S.T.-Konut ve YeS-TR sertifikasyon sistemlerinin dayanak oluşturması da önem arz etmektedir.



Şekil 1. Yöntem akış şeması.

Elde edilen verilerin analizi aşaması; iklim değişikliğine dirençli bina tasarımına ait ana ölçütler; sürdürülebilir arazi kullanımı, su verimliliği, enerji verimliliği, malzeme, iç mekân kalitesi ve inovasyon olarak belirlenmiştir.

Ana ölçütlerin "Uygunluk Katsayısı (UK)"nı belirlemek amacıyla çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan AHS kapsamında ikili karşılaştırmalar yöntemi kullanılmıştır. Saaty (1987) tarafından geliştirilen AHS genel bir ölçüm teorisidir. Birkaç faktöre dayanarak hem tümdengelim hem de tümevarımsal düşünmeyi yürütmek için doğrusal olmayan bir çerçevedir (Saaty, 1980, Saaty,1987). AHS'nin uygulanması üç temel ilkeye dayanmaktadır: (i) Sorunu belirlemek ve bir hiyerarşi oluşturmak, (ii) karşılaştırmalı bir karar verme tercihi, matrisi oluşturmak ve (iii) faktör ağırlıklarını belirlemek. AHS'de, her faktör çiftler halinde karşılaştırma yöntemi kullanılarak çiftler halinde bir değer olarak karşılaştırılır ve göreceli değerler, kendi aralarındaki önem derecesine göre değerlendirilir. Son olarak, çiftler halinde bir karşılaştırma matrisi oluşturulur (Saaty, 1980, Karakuş ve Yıldız, 2022).

Adım 1: Ağırlıkların belirlenmesi.

Saaty yöntemi çerçevesinde, iki ana ölçüt arasındaki ikili karşılaştırmalarından elde edilen kare karşılıklı matrisin ana özvektörü, faktörlerin ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Çizelge 1, iki faktör arasındaki karşılaştırmaların açıklamasını dokuz dereceli bir ölçekle sunmaktadır (Drobne ve ark., 2009).

Çizelge 1. AHS tercihleri için kullanılan ikili karşılaştırmalar ölçeği (Saaty, 1980).

Sözel Tercih Hükmü	**Açıklama**	**Sayısal Değer**
Eşit Tercih Edilme	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur.	1
Kısmen Tercih Edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre kısmen tercih ettiriyor.	3
Oldukça Tercih Edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre oldukça tercih ettiriyor.	5
Kuvvetle Tercih Edilme	Bir faaliyet değerine göre kuvvetle tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görünüyor.	7
Kesinlikle Tercih Edilme	Bir faaliyetin değerine göre tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenirliğe sahip.	9
Orta Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler.	2, 4, 6, 8
Ters (Karşıt) Değerler	Bir elemen başka bir elemanla karşılaştırıldığında yukarıdaki değerlerden birisi atanır. Bunlardan ikinci eleman birinci eleman ile karşılaştırıldığında ters değere sahip olur.	

Adım 2: Çiftler arası karşılaştırmaların tutarlılığı.

Çiftler arası karşılaştırma doğruluğu, her faktörün göreceli ağırlığını değerlendirmek için kullanılan tutarlılık oranının (CR) [1] hesaplanmasıyla ölçülür.

CR, Tutarlılık Endeksi (CI) ile Rastgele Endeks (RI) arasındaki bir orandır. CR %10'dan az olduğunda kriterler arasındaki karşılaştırma kabul edilebilir; aksi takdirde CR, karşılaştırmanın yeniden değerlendirilmesine olanak tanır (Karakuş ve Yıldız, 2022).

$$CR = CI/RI \quad [1]$$

Matris düzenine bağlı olarak RI değeri, karar matrisinin boyutuna göre belirlenen ve önceden hesaplanmış bir sabittir. Çizelge 2, faktör sayısına göre RI değerini gösterir. CI, [2] kullanılarak hesaplanır.

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad [2]$$

Çizelge 2. Rassallık indeksi tablosu (Saaty 1980).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Burada, $\lambda_{max} = (\text{Weight } 1 \times S1 + \text{Weight2} \times S2 + \text{Weiht3} \times S3 + \cdots)$; n = kriter sayısı.

CI hesaplandıktan sonra, CR denklemi uygulanır. Sonuç %10'dan azsa, çiftler arası karşılaştırmaların kabul edilebilir olduğu söylenebilir. Bu değer %10'dan büyükse, çiftler arası karşılaştırmalar tutarsızdır. Bu durumda, tüm süreç en baştan tekrarlanmalıdır (Karakuş ve Yıldız, 2022).

Adım 3: Geometrik ortalama

Geometrik ortalama, sayıların değerlerden yüzdeler olarak çarpıldığı ve ardından kökünün sayılara denklem [3]'te açıklandığı gibi uygulandığı özel bir ortalama türüdür (Karakuş ve Yıldız, 2022).

$$\text{Geometrik Ortalama (G.M)} = \sqrt{(n\&X1 \times X2 \times X3 \times \ldots Xn)} \quad [3]$$

Burada n, serideki ana ölçüt sayısını temsil eder ve X bir değişkendir.

Ortaya konulan ana ölçütlere ait alt ölçütlerin "Uygunluk Değeri (UD)", "4'lü Likert Ölçeği" ile değerlendirilmiştir. Bu amaçla; Ortaçeşme (1996), Akten (2008) ve Erdoğan (2017)'ın yaptığı çalışmalar temel alınmıştır. Bu değerlendirmede; 4 (Çok Uygun), 3 (Uygun), 2 (Az Uygun) ve 1 (Uygun Değil) şeklinde sıralanmaktadır.

Her ana ölçütün UK değeri ile her bir alt ölçüt ait UD değeri çarpılması sonucunda "Uygunluk Puanı (UP)" ve puanların toplanmasıyla "Toplam Uygunluk Puanı (TUP)" elde edilmiştir.

Değerlendirme, sonuç ve öneriler aşamasında puan sınıfları belirlenmiştir. Bu puan sınıfları "Geçer, İyi, Dirençli" şeklindedir. Söz konusu puan aralıklarının belirlenmesinde

iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin UK değerleri esas alınarak geliştirilmiştir. Bu kapsamda iklim değişikliğine dirençli bina tasarımında geçer puan almanın temeli; alt sınır olan binanın enerji ve su verimliliğini sağlamasıyla başlamaktadır. Sürdürülebilir arazi kullanımı ölçütlerinin gerekliliklerinin yapılması sonucunda geçer puanın üst sınırına ulaşılmaktadır. Geçer puana, malzeme ve inovasyon ölçütlerinin TUP'lerinin eklenmesiyle puan iyi sınıfına atlamaktadır. İyi puana, iç mekân kalite ölçütlerinin eklenmesiyle puan dirençli sınıfına yükselmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

İklim değişikliğine dirençli yeşil bina tasarım rehberine yönelik BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve Yes-TR sertifikasyon sistemleri esas alınarak sürdürülebilir arazi kullanımı, su verimliliği, enerji verimliliği, malzeme, iç mekân kalitesi ve inovasyon ana ölçütler olarak belirlenmiştir. Ana ölçütler için uygulanan AHS yöntemiyle elde edilen UK değerleri sırasıyla enerji verimliliği (0,30), su verimliliği (0,23), sürdürülebilir arazi kullanımı (0,17), malzeme (0,11), inovasyon (0,10) ve iç mekân kalitesi (0,09) şeklindedir. Her ana ölçüte ait alt ölçütlerin 4'lü likert yöntemi ile puanlaması sonucunda UD değerleri elde edilmiştir. Her ana ölçütün UK değeri ile her bir alt ölçüt ait UD değeri çarpılması sonucunda UP ve puanların toplanmasıyla TUP elde edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. İklim değişikliğine dirençli bina tasarım ana ve alt ölçütleri.

ÖLÇÜTLER	KOD	ALT ÖLÇÜTLER	UD	UK	UP
Enerji Verimliliği	3.1.	CO_2 emisyonlarının azaltılması	4	0,30	1,20
	3.2.	Yenilenebilir ve yeşil enerji	4		1,20
	3.3.	Enerji verimli ekipman talebi	4		1,20
				TUP	**3,60**
Su Verimliliği	2.1.	Su tüketimi miktarını azaltma	4	0,23	0,92
	2.2.	Su etkin peyzaj tasarımı	3		0,69
	2.3.1.	Dönüştürülebilir su kullanımı / Atık su arıtma	3		0,69
	2.3.2.	Yenilikçi atık su teknolojilerinden faydalanma	3		0,69
	2.4.1.	Yüzeysel su akışı	3		0,69
	2.4.2.	Yağmur suyu tasarımı	3		0,69
				TUP	**4,37**
Sürdürülebilir Arazi Kullanımı	1.1.	Arazinin ekolojik değeri ve ekolojik özelliklerinin korunması	4	0,17	0,68
	1.2.	Konum riskleri / Afet riskleri	3		0,51
	1.3.	Araziye yerleşim	3		0,51
	1.4.	Yapı çevresi yoğunluğu / yoğunluk ve konut yapısı ilişkisi	3		0,51
	1.5.	Arazinin yeniden kullanımı	3		0,51
	1.6.1.	Alternatif ulaşım-toplu taşıma	3		0,51
	1.6.2.	Alternatif ulaşım-yayalaştırma ve bisiklet yolları	3		0,51

	1.6.3.	Alternatif ulaşım-düşük salımlı ve yakıt verimli araçlar	3		0,51
	1.6.4.	Alternatif ulaşım-otopark kapasitesi	3		0,51
				TUP	**4,76**
Malzeme	4.1.	Yerel malzemeler	3	0,11	0,33
	4.2.	Geri dönüştürülmüş malzemeler	3		0,33
	4.3.	Malzemenin yeniden kullanımı	3		0,33
	4.4.	Mevcut bina elemanlarının yeniden kullanımı (duvar, döşeme, çatı vb.)	2		0,22
				TUP	**1,21**
İnovasyon	6.1.	Tasarımda inovasyon	3	0,10	0,30
				TUP	**0,30**
İç Mekân Kalitesi	51.1.	İç mekân hava kalitesi	3	0,09	0,27
	5.1.2.	İnşaat esnası iç hava kalitesi	2		0,18
	5.1.3.	İnşaat sonrası iç hava kalitesi	3		0,27
	5.2.	Doğal havalandırma imkânları	4		0,36
	5.3.	Gün ışığı	4		0,36
	5.4.	Görüş alanı	3		0,27
	5.5.	Kamaşma kontrolü	3		0,27
	5.6.	İç ve dış aydınlatma düzeyleri	3		0,27
	5.7.	Aydınlatma bölgeleri ve kontrolleri	3		0,27
	5.8.	Termal konfor	4		0,36
	5.9.	Akustik ve ses yalıtımı	3		0,27
	5.10.1.	Düşük salımlı malzemeler-yapıştırıcı ve astarlar	3		0,27
	5.10.2.	Düşük salımlı malzemeler-boya ve kaplamalar	3		0,27
	5.10.3.	Düşük salımlı malzemeler-zemin kaplamaları	3		0,27
	5.10.4.	Düşük salımlı malzemeler-kompozit ahşap ürünler	3		0,27
	5.11.	Kimyasal ve kirletici konforu	3		0,27
				TUP	**4,77**
				GENEL TOPLAM	**19.01**

Enerji verimliliğinin UK'si 0,30'dur. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında birinci sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçütler; CO_2 emisyonlarının azaltılması, yenilenebilir ve yeşil enerji, enerji verimli ekipman kullanımıdır (Çizelge 3). Bu alt ölçütlerin tümü 4 değerini diğer bir ifadeyle "çok uygun" değerini alarak TUP 3,60 olarak hesaplanmıştır. Enerji verimliliği, hem yeşil binaların sürdürülebilirliği hem de iklim değişikliğine dirençli binaların uzun vadeli dayanıklılığı açısından ciddi öneme sahip bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Ürük ve İslamoğlu (2019), yeşil binalarda tüketilen enerjinin mevcut yapıların enerji tüketimiyle karşılaştırıldığında, yeşil binaların enerji tasarrufu ve korunumu açısından büyük önem taşıdığını belirtmektedir. Yeşil binaların temel hedeflerinden biri, enerji tüketimini minimize etmek ve bu sayede karbon emisyonlarını azaltmaktır. Enerji verimliliği, binaların iklim değişikliğine olan olumsuz etkilerini azaltırken, küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyonlarını düşürmenin en etkili yollarından biri olarak kabul edilmektedir (Perez Lombard ve ark., 2008). Alt ölçütlerden biri olan CO_2 emisyonlarının

azaltılması, enerji verimliliğinin doğrudan bir sonucudur. Ürge Vorsatz ve ark. (2007) binalarda enerji verimliliği sağlanarak küresel karbon emisyonlarının %30 oranında azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Özellikle enerji verimli ısıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırma sistemlerinin kullanımı, bina performansını artırırken karbon ayak izini önemli ölçüde düşürmektedir. Chow Li ve Lin (2010) yeşil binalarda yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanmasının, hem enerji bağımsızlığını artırarak enerji maliyetlerini düşürdüğünü hem de çevresel etkileri en aza indirdiğini belirtmişlerdir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji entegrasyonu, binaların hem çevreye duyarlı hem de enerji açısından verimli olmasını sağlayan bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Diğer bir alt ölçüt olan enerji verimli ekipman kullanımı da yeşil binaların enerji tasarrufuna katkı sağlayan önemli bir faktördür. Enerji verimli ısıtma havalandırma ve klima, aydınlatma ve beyaz eşyalar gibi sistemlerin kullanımı, binaların enerji tüketimini optimize ederek enerji kayıplarını azaltmaktadır (Yılmaz, 2006). Cabeza ve ark. (2014) binalarda kullanılan enerji verimli ekipmanların, enerji tüketimini %40'a kadar azaltabildiğini ve bu tür uygulamaların sürdürülebilir bina tasarımı için gerekli olduğunu vurgulamışlardır. İncelenen çalışmalarda enerji verimliliğine ait tüm alt ölçütlerin büyük öneme sahip olduğunu, kaynak tüketiminde fayda sağladığını ve çevreye olan olumlu katkısı ortaya konulmuştur.

Su verimliliğinin UK'si 0,23'tür. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında ikinci sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçütler; su tüketimi miktarını azaltma, su etkin peyzaj tasarımı, dönüştürülebilir su kullanımı / atık su arıtma, yenilikçi atık su teknolojilerinden faydalanma, yüzeysel su akışı, yağmur suyu tasarımıdır (Çizelge 3). Bu ölçütler arasından su tüketim miktarını azaltma 4 "çok uygun", diğer alt ölçütler ise 3 "uygun" olarak değerlendirilmiştir. TUP 4,37 olarak hesaplanmıştır. Su verimliliği, yeşil bina tasarımı ve iklim değişikliğine dirençli binaların geliştirilmesinde kritik bir unsurdur. Bu kavram, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini desteklemekle kalmaz, aynı zamanda iklim değişikliğinin neden olduğu su kıtlığı ve aşırı hava olaylarına karşı binaların dirençli olmasını sağlamaktadır. Cole (2000), yeşil binaların su tüketimini optimize ederek yerel su döngülerine olan olumsuz etkisini azaltabileceğini ve bu binaların doğal kaynaklara daha az bağımlı hale geleceğini belirtmektedir. Erdede ve ark. (2014) çalışmalarında su verimliliği ölçütünün binaların uzun vadede çevresel etkilerini nasıl azalttığını detaylı bir şekilde belirtmişlerdir. Örneğin; su verimliliği sağlayan tasarım unsurları kapsamında yeşil binalarda kullanılan düşük akışlı su armatürleri, yağmur suyu hasadı ve gri su geri dönüşüm sistemleri gibi yenilikçi çözümleri kapsamaktadır. Bu tür sistemler, su tüketimini azaltmanın yanı sıra bina kullanıcılarına da ekonomik açıdan katkı sağlamaktadır (Melville ve ark., 2006). Vörösmarty ve ark. (2000)

suyun sürdürülebilir yönetiminin iklim değişikliğine dirençli bina ve kentsel altyapılar geliştirmede merkezi bir rol oynadığını ve bu tür stratejilerin küresel su krizine karşı etkili çözümler sunduğunu belirtmişlerdir. Kolokotsa ve ark. (2009) iklim değişikliği senaryoları göz önüne alındığında, su verimliliğinin binaların enerji verimliliği ile yakından ilişkili olduğunu ve bu iki alanın birlikte değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadırlar. BREEAM, LEED vb. uluslararası sertifikasyon sistemleri, binaların su tüketimini azaltmak, su geri dönüşüm sistemleri uygulamak ve yağmur suyunu toplamak gibi stratejilerle su verimliliğini teşvik ettiğine vurgu yapmaktadır (Ding, 2008). Sonuç olarak su verimliliği, yeşil binalar ve iklim değişikliğine dirençli binalar için hem çevresel sürdürülebilirliği hem de su kaynaklarının korunmasını sağlayan kilit bir tasarım ölçütüdür. Bu bağlamda, su yönetim stratejilerinin binaların iklim değişikliğine karşı adaptasyon kapasitesini artırdığı ortaya konulmuştur (IPCC, 2014).

Sürdürülebilir arazi kullanımının UK'si 0,17'dir. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında üçüncü sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçütler; arazinin ekolojik değeri ve ekolojik özelliklerinin korunması, konum riskleri / afet riskleri, araziye yerleşim, yapı çevresi yoğunluğu / yoğunluk ve konut yapısı ilişkisi, arazinin yeniden kullanımı, alternatif ulaşım-toplu taşıma, alternatif ulaşım-yayalaştırma ve bisiklet yolları, alternatif ulaşım-düşük salınımlı ve yakıt verimli araçlar, alternatif ulaşım-otopark kapasitesidir (Çizelge 3). Sürdürülebilir arazi kullanımının alt ölçütlerinden arazinin ekolojik değeri ve ekolojik özelliklerinin korunması için 4 "çok uygun", diğer alt ölçütler ise 3 "uygun" değerini almıştır. TUP 4,76 olarak hesaplanmıştır. Sürdürülebilir arazi kullanımı, yeşil binalar için kritik bir öneme sahiptir. Çünkü bu yaklaşım hem çevresel hem de toplumsal sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasını sağlamaktadır. Sürdürülebilir arazi kullanımı; doğal kaynakların korunması, ekosistem dengesinin sağlanması ve arazi üzerindeki insan faaliyetlerinin çevresel etkilerinin en aza indirilmesi için oldukça önemlidir. Yeşil binalar, yalnızca enerji verimliliği ve su tasarrufu ile sınırlı kalmayıp, arazi seçiminden itibaren ekolojik dengenin korunmasını amaçlamaktadır. Sürdürülebilir arazi kullanımı, yeşil binalar üzerinde hem çevresel hem de toplumsal açıdan geniş kapsamlı etkiler yaratmaktadır. Berke ve Conroy (2000) çalışmalarında sürdürülebilir arazi kullanımının kentsel gelişim planlarında çevresel sürdürülebilirliği destekleyerek doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı azalttığını vurgulamaktadırlar. Bu tür planlamaların, yeşil binaların çevresel etkilerini en aza indirirken, yerel ekosistemlerle uyumlu yapılar oluşturulmasını sağlamaktadır. Foley ve ark. (2005) ise sürdürülebilir arazi kullanımının, binaların inşa edildiği arazinin doğal ekosistemler üzerindeki etkisini azaltmak için gerekli olduğunu belirtmektedirler. Aynı

zamanda sürdürülebilir arazi kullanımı, karbon salınımını azaltmak ve enerji tüketimini düşürmek amacıyla binaların toplu taşıma ve diğer sürdürülebilir altyapı sistemleri ile entegrasyonunu da kolaylaştırdığını vurgulamaktadır (Newman ve Kenworthy, 1999).

Malzeme kullanımının UK'si 0,11'dir. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında dördüncü sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçütler; yerel malzemeler, geri dönüştürülmüş malzemeler, malzemenin yeniden kullanımı, mevcut bina elemanlarının yeniden kullanımıdır (duvar, döşeme, çatı vb.) (Çizelge 3). Bu alt ölçütlerden mevcut bina elemanlarının yeniden kullanımı (duvar, döşeme, çatı vb.) ölçütü 2 "az uygun", diğer alt ölçütler ise 3 "uygun" değerini alarak TUP'si 1,21 olarak hesaplanmıştır. Malzeme kullanımı yerel, geri dönüştürülmüş ve yeniden kullanılabilir malzemelerin tercih edilmesi, binaların karbon ayak izini azaltırken aynı zamanda çevresel etkilerini minimize etmektedir. Bu bağlamda, malzeme seçimi, yeşil bina tasarımının temel unsurlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Yerel malzeme kullanımı, yeşil bina tasarımında kaynak tüketimini ve lojistikten kaynaklanan enerji kullanımını azaltan önemli bir stratejidir. Roodman ve Lenssen (1995), yapı malzemelerinin taşınmasından kaynaklanan enerji tüketiminin, toplam bina karbon salınımlarının önemli bir kısmını oluşturduğunu ve yerel malzemelerin kullanılmasının bu emisyonları azaltmada etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yerel malzemeler, yerel ekonomiyi desteklemekte ve çevresel maliyetleri düşürmektedir. Bu da hem sürdürülebilir hem de iklim değişikliğine dirençli binaların inşasında önemli bir katkı sağlamaktadır. Geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı da yeşil binaların çevresel etkileri ve dolayısıyla hammadde talebini azaltarak, doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunmaktadır. Pacheco Torgal ve Jalali (2012) geri dönüştürülmüş malzemelerin yapı sektöründe kullanımıyla enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarının önemli ölçüde azaltılabileceğini, bu tür malzemelerin hem ekonomik hem de çevresel açıdan avantajlar sunduğunu vurgulamışlardır. Bu tür malzemeler özellikle beton, çelik, cam ve ahşap gibi yapı malzemelerinin yeniden işlenmesiyle elde edilerek, döngüsel ekonomi ve kaynak verimliliğini sağlamaktadır. Malzemelerin yeniden kullanımı ise binaların ömrünü uzatan ve atık miktarını azaltan bir başka stratejidir. Binaların yıkımından elde edilen malzemelerin yeniden kullanılması, yeni malzeme üretimi için gerekli enerji tüketimini ve çevresel yükleri azaltmaktadır (Sev, 2009). Thormark (2002), çalışmasında yeniden kullanılan malzemelerin, özellikle bina restorasyon ve renovasyon projelerinde önemli bir enerji tasarrufu sağladığını ve bu malzemelerin inşaat sürecinde kaynak kullanımını minimuma indirdiğini belirtmiştir.

İnovasyonun UK'si 0,10'dur. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında beşinci sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçüt tasarımda inovasyon, uzmanlardan 3 "uygun" değerini

alarak TUP'si 0,30 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). İnovasyon ölçütü diğer bir ifadeyle yenilikçi yaklaşımlar, hem çevresel sürdürülebilirliği artırmak hem de binaların değişen iklim koşullarına uyum sağlamasına yardımcı olmak için kritik çözümler sunmaktadır. İnovasyon, özellikle enerji verimliliği, malzeme kullanımı, su yönetimi ve yenilenebilir enerji entegrasyonu gibi alanlarda yeşil bina tasarımında devrim niteliğinde yenilikler sağlamaktadır. İnovasyonun tasarıma entegrasyonu, binaların karbon ayak izini düşürerek enerji tasarrufunu artırmaktadır. Magrini ve ark. (2020) inovatif malzeme kullanımı ve yeni yapı teknolojilerinin binaların enerji performansını optimize ederek sürdürülebilirliği artırdığını vurgulamaktadırlar. Bu bağlamda, enerji verimliliğini artırmak amacıyla kullanılan akıllı bina sistemleri, yeşil binaların enerji tüketimini önemli ölçüde azaltarak iklim değişikliğiyle mücadeleye katkı sağlamaktadır. Ayrıca, inovatif güneş panelleri, akıllı enerji yönetim sistemleri ve bina kabuklarının termal performansını iyileştiren malzemeler, binaların enerji bağımsızlığını güçlendiren yenilikler arasında yer almaktadır. İnovasyonun bir diğer önemli katkısı da su verimliliği ve su kaynaklarının yönetimi alanında ortaya çıkmaktadır. Tilley ve ark. (2014), çalışmasında yenilikçi su yönetim sistemlerinin, binalarda su tüketimini azaltarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunduğunu ve özellikle su kıtlığı yaşanan bölgelerde iklim değişikliğine karşı dayanıklılığı artırdığını belirtmişlerdir. Gri su geri dönüşüm sistemleri ve yağmur suyu hasadı gibi inovatif su yönetim çözümleri, yeşil binaların çevresel etkisini minimuma indirir ve su kaynaklarının korunmasına yardımcı olmaktadır. Akadiri ve ark. (2012) yerel, geri dönüştürülmüş ve düşük karbon ayak izine sahip malzemelerin kullanılmasının, hem çevresel etkileri azalttığını hem de binaların iklim değişikliğine karşı dirençli hale gelmesine yardımcı olduğunu vurgulamaktadırlar. İnovasyon yaklaşımı sayesinde diğer tüm ölçeklerle uyumlu çalışan ve bu ölçeklerin gelişerek güncel teknik ve yöntemler ile günümüz teknolojisini buluşturan her unsur için vazgeçilmez bir ölçüttür.

İç mekân kalitesinin UK'si 0,09'dur. Diğer ölçütlerle karşılaştırıldığında altıncı sırada yer almaktadır. Bu ölçüte ait alt ölçütler; iç mekân hava kalitesi, inşaat esnası iç hava kalitesi, inşaat sonrası iç hava kalitesi, doğal havalandırma imkânları, gün ışığı, görüş alanı, kamaşma kontrolü, iç ve dış aydınlatma düzeyleri, aydınlatma bölgeleri ve kontrolleri, termal konfor, akustik ve ses yalıtımı, düşük salınımlı malzemeler-yapıştırıcı ve astarlar, düşük salınımlı malzemeler-boya ve kaplamalar, düşük salınımlı malzemeler-zemin kaplamaları, düşük salınımlı malzemeler-kompozit ahşap ürünler, kimyasal ve kirletici konforudur (Çizelge 3). Bu ölçütler arasından doğal havalandırma imkânları, gün ışığı ve termal konfor alt ölçütleri 4 "çok uygun"; iç mekân hava kalitesi, kamaşma kontrolü, iç ve dış aydınlatma düzeyleri,

aydınlatma bölgeleri ve kontrolleri, akustik ve ses yalıtımı, düşük salınımlı malzemeler-yapıştırıcı ve astarlar, düşük salınımlı malzemeler-boya ve kaplamalar, düşük salınımlı malzemeler-zemin kaplamaları, düşük salınımlı malzemeler-kompozit ahşap ürünler, kimyasal ve kirletici konforu alt ölçütleri 3 "uygun"; inşaat esnası iç hava kalitesi ölçütü ise uzmanlar tarafından 2 "az uygun" değerini alarak TUP'si 4,77 olarak hesaplanmıştır. İç mekân kalitesi ölçütünü oluşturan termal konfor, doğal havalandırma, aydınlatma ve gün ışığı gibi unsurlar, sadece kullanıcıların yaşam kalitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da kritik rol oynamaktadır. Termal konforun binalarda enerji tüketimini etkileyen başlıca faktörlerden biri olduğu belirlenmektedir. Kim ve Dear (2012), çalışmalarında enerji verimli binalarda termal konforun sağlanmasının iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adım olduğunu ve binalarda enerji tasarrufunu artırdığını belirtmişlerdir. Özellikle termal konforun optimize edilmesi; ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin enerji tüketimini minimize ettiğini ve aynı zamanda bina kullanıcılarının konfor seviyesini artırdığını vurgulamışlardır. Zhai ve Zhang (2009), çalışmasında doğal havalandırma sistemlerinin enerji tüketimini önemli ölçüde azaltabileceğini ve bununla birlikte iç mekân hava kalitesini artırarak bina kullanıcılarının sağlığını iyileştirdiğini vurgulamışlardır. Doğal havalandırma tüm bunlarla birlikte enerji tüketen mekânik sistemlere duyulan ihtiyacı azaltarak, binaların karbon ayak izini düşmesine böylelikle iklim değişikliğine uyumlu bir çözüm sunmaktadır. Aydınlatma ve gün ışığı kullanımı ise yeşil binalarda hem enerji tasarrufu hem de iç mekân kullanıcılarının sağlık ve konforu açısından önem arz etmektedir. Heschong (2002), çalışmasında doğal gün ışığının binalarda enerji kullanımını azaltmanın yanı sıra, çalışan verimliliğini artırdığını ve dolayısıyla genel yaşam kalitesini iyileştirdiğini vurgulamaktadır. Tregenza ve Wilson (2011), çalışmasında gün ışığı aydınlatmasının doğru yapıldığı takdirde enerji maliyetlerini düşürdüğünü ve elektrikli aydınlatma sistemlerine ve doğal kaynaklara olan ihtiyacı azalttığını belirtmişlerdir.

Her bir ana ölçüte ait UK değerlerinin her bir alt ölçüte ait UD ile çarpımı sonucunda UP değeri elde edilmiştir. Her alt ölçüte ait UP değerlerinin toplamıyla ana ölçüte ait TUP ortaya konulmuştur. Ana ölçütlere ait TUP'lerden elde edilen genel toplam ise 19,01'dir. Değerlendirme sonucunda; iklim değişikliğine dirençli bina tasarımında elde edilen TUP'lerin yüzdelik cinsinden hesaplanmasıyla 3 farklı puan sınıfı elde edilmiştir. Bu puan sınıfları %41,92-66,96 Geçer, %66,97-74,91 İyi, %74,92-100 Dirençli şeklindedir. Söz konusu puan aralıklarının belirlenmesinde iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin UK değerleri esas alınarak geliştirilmiştir. Bu kapsamda iklim değişikliğine

dirençli bina tasarımında geçer puan almanın temeli; alt sınır olan binanın enerji ve su verimliliğini sağlamasıyla başlamaktadır. Sürdürülebilir arazi kullanımı ölçütlerinin gerekliliklerinin yapılması sonucunda geçer puanın üst sınırına ulaşılmaktadır. Geçer puana, malzeme ve inovasyon ölçütlerinin TUP'lerinin eklenmesiyle puan iyi sınıfına atlamaktadır. İyi puana, iç mekân kalite ölçütlerinin eklenmesiyle puan dirençli sınıfına yükselmektedir.

4. Sonuçlar

İklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinde BREEAM, LEED, DGNB, B.E.S.T-Konut ve YeS-TR sertifikasyon sistemleri esas alınarak; sürdürülebilir arazi kullanımı, su verimliliği, enerji verimliliği, malzeme, iç mekân kalitesi ve inovasyon gibi ana ölçütler belirlenmiştir. AHS yöntemiyle bu ana ölçütlerin önceliklendirilmesi yapılmıştır. Bu katsayı puanlaması ile oluşturulan sistemde, öncelik sıralaması enerji verimliliği, su verimliliği, sürdürülebilir arazi kullanımı, malzeme, inovasyon ve iç mekân kalitesi şeklinde belirlenmiştir. Tüm bu ana ölçütlerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesinde farklı uzman gruplarının değerlendirmeleri etkili olmuştur. Uzmanlar tarafından AHS yöntemi ile değerlendirilen ana ölçütler ve alt ölçütlerin puanlanması sonucunda bir puanlama sistemi ortaya konulmuştur.

AHS yöntemi, iklim değişikliğine dirençli bina tasarımı ölçütlerinin önem sırasına göre önceliklendirilmesinde etkili bir araç olarak kullanılabilmektedir. AHS yöntemiyle ortaya konulan ölçütlerin öncelik sıralaması uzman gruplarına göre farklılıklar içermektedir. Bu farklılıkların uzmanlık perspektifinde daha kapsamlı ve sürdürülebilir bir yaklaşıma sahip olabilmesi disiplinler arası çalışmalarla mümkün olabilmektedir. Ayrıca iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin yeşil bina sertifikasyon sistemleri dışında ele alınması gereken önemli ve gerekli konulardan biridir.

Türkiye'deki çevre politikalarında ve yönetmeliklerde, iklim değişikliğiyle mücadele için yapılan düzenlemeler olsa da, bu alanlarda hâlâ iyileştirme ve uygulama eksikliği bulunmaktadır. Yerel iklim koşulları ve afet risklerini daha kapsamlı şekilde ele alan; İklim ve Afetlere Dirençli Şehirler Projesi, İklim Değişikliği Eylem Planı (İDEP), Country Climate and Development Report (CCDR)- Ülke İklim ve Kalkınma Raporu gibi düzenlemeler, bu eksikliklerin giderilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (ÇŞB-Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011; WB-World Bank, 2021; ÇŞİDB, 2023). İklim değişikliğinin önlenmesine yönelik alınacak önleyici tedbirlerin öncelikli olması gerekirken, dirençli kentlerin oluşumu genellikle ikinci planda kalmaktadır. Bu durum, iklim değişikliğiyle mücadelede önleyici stratejilerin daha fazla vurgulanması, güçlendirilmesi ve uygulama desteğine ihtiyaç olduğu

gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yeşil bina sertifikasyon sistemleri esas alınarak; yerel iklim koşulları, doğal afet riskleri ve coğrafi farklılıkları daha iyi kapsayacak şekilde yeniden gözden geçirilmesi ve iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerine öncelik tanınması gerektiği ortaya konmuştur. Bu ölçütlerin geliştirilmesi, yapı ölçeğinden mahallelere ve kentlere kadar sürdürülebilir sonuçların elde edilmesine katkı sağlayacak ve geleceğe yönelik önemli bir adım teşkil edecektir. Oluşturulan puanlama sisteminin yerel koşullara göre özelleştirilmesi ve bölgesel veri toplama çalışmalarının artırılması, yerel yönetimler, duyarlı tasarımcılar ve bireysel kullanıcılar ile uygulayıcılara gerekli fikir desteği sunarken devletin de bu süreçleri teşvik etmesi kritik önem taşımaktadır. Aynı zamanda belirlenen bu ölçütler ilerleyen çalışmalarda iklim değişikliğine dirençli bina tasarım rehberleri, iklime dirençli bina sertifikasyon sistemleri oluşumuna katkı sağlayacaktır. Önerilen bu oluşumlar, ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında planlama ve tasarım aşamalarında ele alınması ve geliştirilmesi gereken sistemler olarak şekillendirilmelidir. Bununla birlikte bu çalışmanın iklim değişikliğine dirençli bina tasarım ölçütlerinin belirlenmesi ve geliştirilmesi konusunda önemli bir rehber olması beklenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma “İklim Değişikliğine Dirençli Bina Tasarım Ölçütlerinin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Kapsamında Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

Akten, M. (2008). 'Isparta Ovasının optimal alan kullanım planlaması üzerine bir araştırma'. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Berardi, U. (2012). Sustainability assessment in the construction sector: Rating systems and rated buildings. *Sustainable Development, 20*(6), 411–424.

Berke, P.R., ve Conroy, M.M. (2000). Are we planning for sustainable development? An evaluation of 30 comprehensive plans. *Journal of the American Planning Association, 66*(1), 21-33.

Cabeza, L.F., Castell, A., Medrano, M., Leppers, R., & Zubillaga, O. (2014). Use of phase change materials in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(3), 1675-1695.

Chow, T.T., Li, C., & Lin, Z. (2010). Innovative solar windows for cooling-demand climate. *Energy and Buildings, 42*(1), 59-63.

Cole, R.J. (2000). Building environmental assessment methods: Redefining intentions and roles. *Building Research and Information, 28*(5-6), 455-467.

ÇEDBİK (2019). B.E.S.T. - Konut Sertifika Kılavuzu: Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım Sertifikası. Erişim Adresi https://static.cedbik.org. Erişim Tarihi: 10.08.2024

ÇŞB (2011). İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023). Erişim Adresi: https://www.csb.gov.tr/projeler/iklim. Erişim Tarihi: 06.06.2024

ÇŞİDB (2024). İklim Değişikliği Azaltım ve Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yayını. Erişim adresi: https://www.iklim.gov.tr/eylem-planlari-i-19. Erişim Tarihi: 10.06.2024

Ding, G.K.C. (2008). Sustainable construction-The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management, 86*(3), 451-464.

Dodman, D. (2009). Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment and Urbanization, 21*(1), 185-201.

Drobne, S., & Lisec, A. (2009). Multi-attribute decision analysis in GIS: weighted linear combination and ordered weighted averaging. *Informatica, 33*(4), 459-474.

Emel, P., ve Şenyiğit, Ö. (2018). Ekolojik ve sürdürülebilir mimaride ekolojik değerlendirme yöntemleri. *Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 36*(7), 41-54.

Erdede, S.B., Erdede, B., ve Bektaş, S. (2014). *Sürdürülebilir yeşil binalar ve sertifika sistemlerinin değerlendirilmesi.* 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, İstanbul.

Erişim Adresi: https://www.kongresistemi.com/root/dosyalar/uzalcbs2014/221.pdf. Erişim Tarihi: 07.06.2024

Erdoğan, Ö. (2017). 'Ekolojik kullanım kararlarının imar planlarına uygunluğunun Kütahya kenti örneğinde irdelenmesi'. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., & Snyder, P.K. (2005). Global consequences of land use. *Science, 309*(5734), 570-574.

Geçimli, M., ve Yamaçlı, R. (2019). Sürdürülebilir tasarım bağlamında değerlendirme sistemleri: ÇEDBİK-Konut örneği. In L.Y. Tokman ve R. Yamaçlı (Eds.), *Sürdürülebilir Kalkınma Rolüyle Mimarlık* Eskişehir Teknik Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, 41-47.

Hamedani, A.Z., & Huber, F. (2012). A comparative study of DGNB, LEED and BREEAM certificate systems in urban sustainability. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, *155*, 121-132.

Heschong, L. (2002). Daylighting and human performance. *ASHRAE Journal, 44*(6), 65-67.

IPCC (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press.

IPCC (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. Erişim adresi https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

Karakuş, C.B., & Yıldız, S. (2022). Gis-multi criteria decision analysis-based land suitability assessment for dam site selection. International *Journal of Environmental Science and Technology, 19:*12561–12580. https://doi.org/10.1007/s13762-022-04323-4

Kim, J., & Dear, R. (2012). Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. *Building and Environment*, *49*, 33-40.

Kolokotsa, D., Rovas, D., Kosmatopoulos, E., & Kalaitzakis, K. (2009). A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings. *Solar Energy,* 85(12), 3067-3084.

Kömürlü, R., ve Ceceloğlu, D. (2021). Yeşil bina üretiminde proje yönetimi kapsamında yaşanılan zorluklar ve çözüm önerileri. *Artium, 9*(2), 98-104.

Magrini, A., Lolli, N., & Rosato, A. (2020). Optimized energy performance of buildings by using innovative technologies: A case study. *Energy and Buildings,* 208, 109616.

Mavi, İ. (2021). Küresel iklim değişikliği bağlamında yeni toplumsal hareket örneği olarak küresel çevreci hareketler. *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 9*(2), 116-126.

Melville, S., Clarke, J., & Pitts, A. (2006). The role of grey water recycling and rainwater harvesting in sustainable housing. *International Journal of Water Resources Development,* 22(3), 625-635.

Newman, P., & Kenworthy, J. (1999). *Sustainability and cities: Overcoming automobile dependence.* Island Press.

Ortaçeşme, V. (1996). 'Adana İli Akdeniz Kıyı Kesiminin Ekolojik Peyzaj Planlama İlkeleri Çerçevesinde Değerlendirilmesi ve Optimal Alan Kullanım Önerileri'. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Pacheco Torgal, F., & Jalali, S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials, 29,* 512-519.

Perez Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings, 40(3),* 394-398.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E., & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature, 461*(7263), 472-475.

Roodman, D.M., & Lenssen, N. (1995). *A building revolution: How ecology and health concerns are transforming construction.* Washington DC, Worldwatch Institute.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill International, New York.

Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process: What it is and how it is used. *Mathematical Modelling, 9*(3-5), 161-176.

Sev, A. (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık.* 1. Baskı, Yem Yayınları.

Thormark, C. (2002). A low energy building in a life cycle: Its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. *Building and Environment, 37(4)*, 429-435.

Tregenza, P., & Wilson, M. (2011). *Daylighting: Architecture and lighting design.* Routledge.

UCCRN (2011). *First UCCRN assessment report on climate change and cities (ARC3)*. Cambridge University Press. Erişim adresi https://uccrn.ei.columbia.edu/first-uccrn-assessment-report-climate-change-and-cities-arc3-2011-0. Erişim Tarihi: 06.06.2024

UNFPA (2024). Urbanization. Erişim Adresi: https://www.unfpa.org/urbanization#readmore-expand. Erişim Tarihi: 13.06.2025

USGBC (2020). *What is LEED?*, Erişim adresi https://www.usgbc.org/leed. Erişim Tarihi: 10.06.2024

ÜrgeVorsatz, D., Harvey, L.D.D., Mirasgedis, S., & Levine, M.D. (2007). Mitigating CO_2 emissions from energy use in the world's buildings. *Building Research ve Information, 35(4),* 379-398.

Ürük, Z. F., ve İslamoğlu, A.K.K. (2019). BREEAM, LEED ve DGNB yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin standart bir konutta karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 15,* 143-154.

Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., & Lammers, R. B. (2000). Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science, 289(5477),* 284-288.

WB (2021). Türkiye Ülke İklim ve Kalkınma Raporu. Erişim adresi: https://www.worldbank.org. Erişim Tarihi: 12.06.2024

Yılmaz, Z. (2006). Akıllı binalar ve yenilenebilir enerji. *Tesisat Muhendisligi Dergisi,(91),* 7-15.

Zhai, Z.J., & Zhang, Z. (2009). Natural ventilation in buildings: Measurement in a wind tunnel and numerical simulation with large-eddy simulation. *Energy and Buildings, 41(10),* 1116-1126.

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp.607-620
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1633921

Initial Performance of Turkish Red Pine (Pinus brutia Ten.) and Maritime Pine (Pinus pinaster Aiton) Afforestation in Izmir, Türkiye*

Kızılçam (Pinus brutia) ve Sahil Çamı (Pinus pinaster) Ağaçlandırmalarının İlk Performansı, İzmir-Türkiye

Hasan Ali DEMİR[1], Derya EŞEN[2]

Abstract

The success rate of pine afforestation in Mediterranean countries decreased sharply in recent years, highlighting the critical need for selecting suitable tree species to ensure ecosystem sustainability and afforestation success. This study assesses the initial afforestation performance of two ecologically and economically important pine species in Türkiye under Izmir conditions, aiming to guide future semi-arid zone afforestation and restoration projects. The survival and growth of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) and maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton) seedlings planted on northern and southern aspects of an experimental plot in Izmir-Buca were compared one and two years after planting. Two-factor ANOVA analysis revealed that Turkish red pine seedlings exhibited a 72% higher survival rate after two years than maritime pine seedlings. Diameter growth varied by species and aspect, with Turkish red pine showing similar performance on both aspects, while maritime pine showed significantly lower performance (18%) on the southern aspect. Regardless of species, crown growth was considerably better in northern aspects, consistent with findings on superior soil moisture retention. These results indicate that Turkish red pine possesses greater drought tolerance than maritime pine under climate change conditions and is more suitable for semi-arid regions. Further research with different origins and locations over an extended period is recommended.

Keywords: Adaptation, Climate Change, Drought Tolerance, Forest Restoration, Mitigation

Özet

Son yıllarda, Akdeniz ülkeleri çam ağaçlandırmalarında başarı oranı keskin bir şekilde düşmektedir. Bu, ekosistem sürdürülebilirliğini ve ağaçlandırma başarısını sağlamaya yönelik uygun ağaç türlerinin seçiminin önemini vurgulamaktadır. Bu çalışma, Türkiye'de ekolojik ve ekonomik açıdan önemli iki çam türünün İzmir koşullarındaki başlangıç ağaçlandırma performansını değerlendirerek gelecek yarı kurak bölge ağaçlandırma ve restorasyon projelerine rehberlik etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada İzmir-Buca'da yapılan bir ağaçlandırma sahasında, kuzey (KB) ve güney bakılarına (GB) dikilen kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve sahil çamı (*Pinus pinaster* Aiton) fidanlarının birinci ve ikinci yıl yaşama oranı ile büyümesi karşılaştırılmıştır. İki faktörlü ANOVA analizi, kızılçam fidanlarının iki yıl sonra sahil çamı fidanlarına göre %72 daha iyi yaşama oranı sergilediğini ortaya koymuştur. Çap büyümesi türe ve bakıya göre farklılaşmıştır. Kızılçam KB ve GB'da benzer performans gösterirken, sahil çamı çap büyümesi GB'da anlamlı düzeyde düşmüştür (%18). Türden bağımsız olarak, tepe büyümesi KB'da anlamlı düzeyde artmıştır. Bu bulgular, toprak nemi bulgularıyla da tutarlılık göstermiştir. Sonuçlar, kızılçamın iklim değişikliği etkileri altında sahil çamına kıyasla kuraklığa daha dayanıklı olduğunu ve yarı kurak alan ağaçlandırmaları uygun bir tür olduğunu göstermektedir. Gelecekte, farklı orijin ve sahaların kullanıldığı daha uzun süreli araştırmaların da yapılması önerilir

Anahtar Kelimeler: Uyum, İklim Değişikliği, Kuraklık Toleransı,Orman Restorasyonu, Azaltım

Received: 05.02.2025, Revised: 15.04.2025, Accepted: 24.04.2025
Address1: İzmir Orman Bölge Müdürlüğü, Ağaçlandırma Şube Müdürlüğü
E-mail: hasanali53@hotmail.com
Address2: İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü
E-mail: derya.esen@ikc.edu.tr

1. Introduction

Two-thirds of Türkiye experiences a semi-arid climate (Ayan et al., 2021). Global climate change exacerbates this aridity through higher intensity and frequency of peak weather occurrences, including heatwaves, wildfires, floods, and prolonged droughts (Afzal et al., 2016; HLPE, 2017; Yıldız et al., 2022; Laaribya et al., 2023; Özel et al., 2023). Projected temperature increases of 1-6°C in Türkiye between 2016 and 2099 (Demircan et al., 2017; Çalışkan et al., 2023) will particularly stress water resources in the Mediterranean basin, leading to expanded arid zones (Feng & Fu, 2013; Türkeş et al., 2020; Bağçacı et al., 2021; Laaribya et al., 2023). Studies link climate change to widespread forest mortality and shifts in tree species distribution (Vacek et al., 2023; Çalışkan et al., 2023).

Turkish red pine (TRP, *Pinus brutia* Ten.) and maritime pine (MP, *P. pinaster* Aiton), members of the *Pinus* subsection *Pinaster*, thrive under diverse ecological conditions in the Mediterranean basin (Klaus, 1989; Richardson, 1998; Grivet et al., 2013). They are both ecologically (biodiversity, ecosystem services) and economically (timber, non-timber products) significant fast-growing species (Neyişçi, 1993; Boydak, 2004; Şener, 2004; Boydak et al., 2006; Fernandes and Rigolot, 2007; Balekoğlu and Ertaş 2016; Guignabert et al., 2018; Fidan et al., 2022; Manjarrez et al., 2024). Their adaptation to drought and fire in Mediterranean ecosystems is well-documented (Tapias et al., 2004; Grivet et al., 2013; Barrio-Anta et al., 2020). TRP is reported to show optimal natural regeneration in Mediterranean ecosystems, including those in Türkiye (Neyişçi, 1993; Boydak, 2004; Boydak et al., 2006; Kavgacı et al., 2016; Baykara and Eşen, 2024). Afforestation with MP has been reported to successfully restore degraded sites in Türkiye (Şener, 2004) and Greece (Karamanoli et al., 2017).

Afforestation is crucial for biodiversity conservation, microclimate improvement, soil fertility enhancement, erosion and desertification control, water resource management, and wood and nonwood forest production (Cortina et al., 2011; Boydak and Çalışkan, 2021; Çalışkan and Boydak, 2017; Doelman et al., 2020; Yıldız et al., 2022; Laaribya et al., 2023). Afforestation also mitigates the complex effects of drought and restores vulnerable ecosystems impacted by climate change (Scarciglia et al., 2020). In recent years, afforestation efforts in Türkiye have mainly focused on arid and semi-arid regions that have suffered degradation or fire damage (Yıldız et al., 2022). Careful species selection is critical for success in these arid and semi-arid regions (Boydak and Çalışkan, 2017; Deligöz and Gencer, 2021).

Although no significant problems have been reported in Turkish forestry with natural and artificial regeneration of TRP and MP in arid and semi-arid areas in Mediterranean ecosystems, the reforestation success of these species under changing conditions with climate change (e.g., more frequent and effective dry periods and forest fires) is a significant question mark (Baykara and Eşen, 2024). Annual precipitation dramatically decreased in recent years for the Aegean Region of Türkiye: The region's total annual precipitation between 1991 and 2024 averaged 605 mm. However, it showed a substantial (22%) reduction in 2024 (AFAD, 2025). A recent study comparing the natural regeneration of TRP in burned and unburned areas in Izmir reported that fire did not affect natural regeneration density. However, the subsequent drought with fire effects significantly reduced seedling diameter growth in burned areas (Baykara and Eşen, 2024).

Fernandes and Rigolot (2007) reported that although MP is a drought-tolerant species, wildfires accelerated by climate change threaten the spread of this species. Similarly, with changing climatic conditions in Spain, significant failures in the regeneration and growth of pine species have begun to be observed (Fernandez-Garcia et al., 2019; Romeo et al., 2020). Similar results are also reported in Turkish Mediterranean pine forest ecosystems, and there are concerns about whether forest regeneration rates will decline and even turn into deforested areas (Fernandez-Garcia et al., 2019; Romeo et al., 2020).

The choice of forest tree species to be used in afforestation in such areas is of great importance (Çalışkan and Boydak, 2017; Deligöz and Gencer, 2021). This study investigates how climate change affects these two pine species in terms of afforestation at the scale of Izmir, especially during severe drought and addresses a critical issue of species selection for afforestation in semi-arid regions facing climate change. Furthermore, this study aims to evaluate the initial sustainability of pine ecosystems and the overall reforestation success of the pine species and select species more resilient to these impacts. Therefore, this study aims to guide future semi-arid zone afforestation and forest restoration efforts in practice and help adaptation and mitigation to climate change impacts.

2. Materials and Methods

The study is conducted in the afforestation site with TRP and MP located in compartments 344 and 345 of the Kaynaklar Forest Management Chiefship within the boundaries of the semi-arid İzmir Forestry Directorate, İzmir Forestry Regional Directorate. The site is within the borders of the Belenbaşı Neighborhood in the Buca District of İzmir Province (Figure 1). The experimental sites are located adjacent to each other. Due to its maritime influence, Izmir Province exhibits a typical Mediterranean climate, characterized by hot, dry summers and relatively rainy winters, with mean long-term temperatures and precipitation levels of 18°C and 697 mm, respectively (AFAD, 2025; MGM, 2025). Drought is a critical factor in the area. The province is characterized as sub-humid by the Erinç Climate Classification (Precipitation Effectiveness Index: 30.14), whereas it is categorized as semi-arid by the Aydeniz Climate Classification (Drought Index: 0.84). Only 20% of the annual average precipitation occurs from April 1 to October 15. Summer precipitation accounts for just 9% of the mean annual precipitation. Having the same climate classification, the Buca district's mean annual temperature and precipitation are 18°C and 692 mm, respectively. (AFAD, 2025; MGM, 2025)The afforestation site has northern to southern aspects. Its elevation varies between 303 and 421 m asl. The site lies on a middle slope with 5-35% slopes. It has loamy and clayey loam soil, with soil acidity varying between 8 and 8.7.

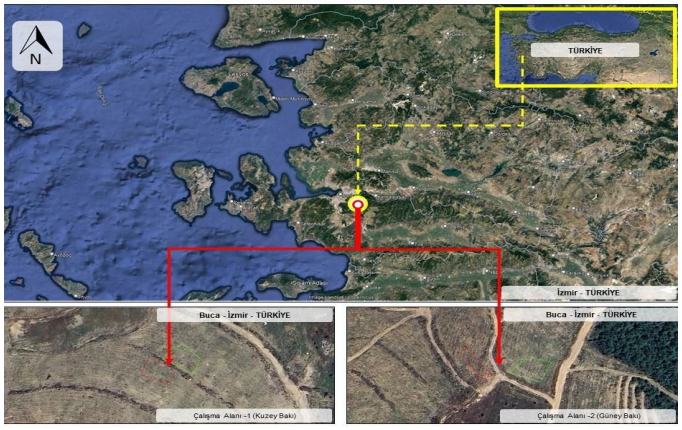


Figure 1. The afforestation site where one-year-old Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) and maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton) seedlings were planted in Izmir-Buca, Türkiye.

Site preparations were carried out in the afforestation area in 2022. One-year-old bare-rooted TRP seedlings (the origin TB-23) and MP (the origin TM-188) were planted with a planting spacing of 3 m x 2 m in the autumn of 2022. Weeding and hoeing were regularly carried out around the seedlings on the site.

A factorial (species and aspect) completely randomized block design with three replications was used for each pine species (i.e., three replications of TRP or MP on the southern aspect and the northern aspect). There were 10 pine seedlings in each experimental unit. In the study, the survival percentages of the seedlings were determined one (September 2023) and two years (November 2024) after planting in the experimental units. The seedlings' root collar diameter (RCD, mm) was measured with a precision mechanical diameter caliper. In addition, the seedlings' height (mm) and crown diameter (mm) were measured with a meter. The mean crown diameter was then determined by averaging diameters measured in the north-south and east-west directions. Afterward, the seedlings' vigor index (height/diameter) was determined. According to the vigor index classification, seedlings with a vigor index value below 50 are considered good seedlings, those between 50 and 60 are considered medium seedlings, and those above 60 are considered deficient (Aldhous, 1994). The results were analyzed using a two-factor (species and aspect) analysis of variance (ANOVA). Tukey's mean separation test was used to distinguish between treatment means. The assumptions of ANOVA were tested, and transformations were applied as needed for the mean separation of the relevant variables. Actual values were used in the tables. ANOVA results were deemed significant at a threshold of $p \leq 0.5$.

3. Results and Discussion

3.1. One year after planting

No mortality was detected in TRP and MP seedlings one year after planting (YAP). The main factors of aspect and species were significant in the analyses regarding seedling growth variables. For pine species, the average diameter, height, and vigor index of TRP were significantly superior to the average diameter, height, and vigor index of MP. TRP's mean diameter, height, and vigor were 12, 35, and 20% higher than the mean diameter, height, and vigor indicators of MP, respectively (Table 1). There was no significant difference between the two pine species regarding seedling crown diameter. Regardless of the species, pine seedlings planted on the north aspect reached 20% more crown diameter

than those planted in the south aspect, with a significant difference (Table 2). There were no significant differences between other growth variables in terms of aspect.

Table 1. Mean root-collar (RCD) diameter, height, vigor index (height/diameter), and crown diameter of Turkish red pine and maritime pine seedlings planted in the afforestation area in İzmir-Buca, İzmir, Türkiye one year after planting, and standard errors.

Species[1]	RCD (mm)	Height (cm)	Vigor Index (mm/mm)	Crown Diameter (mm)
TRP	6.8 a[2] (±1.0)	24.3 a[2,3] (±0.9)	36.2 a[2,3] (±1.0)	146.2 a[2,4] (±4.5)
MP	6.1 b (±0.2)	17.9 b (±0.8)	30.1 b (±1.1)	157.7 a (±5.6)

[1] The species main factor was significant ($p \leq 0.05$) based on ANOVA
2 Means within each column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)
3 Square-root transformed values were employed for mean separation of this variable
[4] Log-transformed values were employed for mean separation of this variable

Table 2. Mean root-collar diameter, height, vigor index, and crown diameter of Turkish red pine (top) and maritime pine (bottom) seedlings planted on different aspects in the afforestation site located in İzmir-Buca, Türkiye one year after planting and standard errors.

Aspect[1]	RCD (mm)	Height (cm)	Vigor Index (mm/mm)	Crown Diameter (mm)
North	6.6 a[2] (±0.2)	21.9[2] a (±0.8)	33.6 a[2] (±1.0)	163.2 a[2] (±5.7)
South	6.2 a (±0.2)	20.3 a (±1.0)	32.8 a (±1.3)	140.7 b (±4.0)

1 The aspect main factor was significant ($p \leq 0.05$) based on ANOVA
2 Means within each column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

3.2. Two years after planting

TRP seedling survival exhibited a small reduction, whereas almost half of the total MP seedlings were killed in 2024 (Table 3). This was most likely due to the extremely challenging weather conditions of 2024. The 2024 spring and summer were particularly challenging, concerning extreme temperatures, drought, and forest fires in Izmir. Mean annual temperature and total precipitation were 19.9°C and 542 mm, respectively. Precipitation levels dramatically declined by almost 50% between April and October 2024, totaling 91 mm instead of the long-term mean annual of 139 mm (AFAD, 2025; MGM, 2025). Similar conditions were observed for the Buca district: A 60% reduction (149 mm) occurred between April and October 2024, when compared to total precipitation (379 mm) for 2024 (MGM, 2025).

The main factor of the aspect and aspect x species interaction term did not show a significant difference in terms of seedling survival rate (Table 3). However, a significant difference was found in terms of species. TRP seedlings showed a 72% higher survival rate compared to MP pine seedlings. When the seedling growth data were analyzed, the main factor of species and species x aspect interaction terms were significant (Table 4). The main effect of species for mean seedling height was also significant. There were no significant differences between different species and aspects in terms of seedling vigor. Only the crown diameter showed a significant difference between the two aspects, regardless of species: saplings planted in the north aspect reached an average crown diameter 26% higher than those planted in the south aspect (Table 5).

Table 3. The effect of species (top) and aspect (bottom) on the mean survival rate of Turkish red pine and maritime pine seedlings planted in the afforestation site located in İzmir-Buca, Türkiye, two years after planting and standard errors.

Factor[1]	Survival Rate (%)
Species	
TRP	91.7 a[2] (±3.7)
MP	53.3 b (±6.7)
Aspect	
South	73.3 a (±10.5)
North	71.7 a (±9.5

[1] The species main factor was significant *(p≤0.05)* based on ANOVA

[2] Means within each cell with different letters are significantly different *(p≤0.05)*

Table 4. Mean root-collar diameter (RCD), height, vigor (height/diameter), and crown diameter of Turkish red pine and maritime pine seedlings planted at different aspects in the afforestation area located in İzmir-Buca, Türkiye, two years after planting, and standard errors.

Species[1]	RCD (mm)	Height (cm)	Vigor Index (mm/mm)	Crown Diameter (mm)
TRP	9.4 a[2,3] (±0.3)	37.5 a[3] (±1.3)	40.1 a (±0.9)	235.5 a (±8.7)
MP	8.3 b (±0.4)	32.8 b (±2.3)	39.5 a (±1.9)	218.4 a (±15.1)

[1] The species main factor was significant (p≤0.05) based on ANOVA
2 Means within each column with different letters are significantly different (p≤0.05)
3 Square-root transformed values were employed for mean separation of this variable

Table 5. Mean root-collar diameter (RCD), height, vigor (height/diameter), and crown diameter of Turkish red pine and maritime pine seedlings planted at different aspects in the afforestation area located in İzmir-Buca, Türkiye, two years after planting, and standard errors.

Aspect[1]	RCD (mm)	Height (mm)	Vigor Index	Crown Diameter (mm)
North	8.9 a[2,3] (±0.3)	360.7[3] a (±15.8)	40.5 a (±1.1)	256.0 a (±9.5)

South	9.1 a (±0.4)	355.8 a (±18.2)	39.3 a (±1.4)	203.9 b (±11.0)

[1] The aspect main factor was significant *(p≤0.05)* based on ANOVA

[2] Means within each column with different letters are significantly different *(p≤0.05)*

[3] Square-root transformed values were employed for mean separation of this variable

Based on this significant species x aspect interaction, the mean seedling diameters of the two pines were separately analyzed by aspect. TRP and MP showed different growth patterns in the north and south aspects: While TRP had a similar diameter growth in both aspects, MP had a significantly lower growth performance (18%) in the south aspect (Table 6).

Table 6. Mean root-collar diameter (RCD) of Turkish red pine (top) and maritime pine (bottom) seedlings planted in the afforestation area in İzmir-Buca, Türkiye, two years after planting according to different aspects

Aspect[1]	RCD (mm)
TRP	
South	10.0 a[2,3] (±0.5)
North	8.8 a (±0.3)
MP	
North	9.2 a[4] (±0.4)
South	7.5 b (±0.7)

1 The species x aspect interaction was significant (p≤0.05) based on ANOVA
2 Means within each column with different letters are significantly different (p≤0.05)
3 Square-root transformed values were employed for mean separation of this variable
4 Log-transformed values were employed for mean separation of this variable

The significantly higher seedling survival percentage of TRP compared to MP after two years is a striking observation. This is in line with findings indicating the high drought tolerance of TRP. This pine species has shown a significant advantage over MP in the semi-arid conditions of the study site (Boydak, 2004; Kavgacı et al., 2016; Baykara & Eşen, 2024). Fernandes and Rigolot (2007) point out that climate change increases the risk for this species due to changes in fire regime. This difference underlines the important role of species selection in afforestation in water-scarce environments (Boydak, 2004; Kavgacı et al., 2016; Baykara and Eşen, 2024).

The important influence of aspect, especially on diameter and crown diameter, should be carefully considered. The superior growth observed on north-facing slopes probably reflects better soil moisture retention due to reduced solar radiation and total evaporation, a factor well documented in the literature (Shiver et al., 1990; Karamanoli et al., 2017). The statistically significant interaction between species and slope highlights potential species-specific responses to microclimatic variability, particularly for MP diameter growth.

Regardless of species, seedlings' 26% greater crown diameter on north-facing slopes underscores the importance of microclimate optimization in afforestation practices.

The findings strongly suggest that TRP is a more suitable species for afforestation in semi-arid climates, significantly when drought is projected to intensify under climate change (Demircan et al., 2017; Bağçacı et al., 2021). Its high survival and, in some respects, growth characteristics, combined with its known adaptability to harsh conditions (Boydak, 2004), support the case for its selection for future afforestation projects. While MP exhibits acceptable growth under certain conditions (especially on north-facing slopes), the resilience of TRP makes it a more reliable option for long-term success in water-limited environments.

The study was confined to a two-year observation period and a single location. While this allows for focused research, long-term monitoring is essential to assess these afforestation efforts' long-term performance and sustainability. Further research involving a wider range of sites and more extended observation periods would improve the generalizability of the findings. TRP and MP are two pine species with a wide horizontal distribution and, thus, a wide range of growing environments, offering a wide range of provenance options for drought tolerance (Gaspar et al., 2013; Kandemir et al., 2017). Therefore, it would be helpful to link the genetic variability of these two species to climate change adaptation and mitigation performance in future studies. It would also be helpful to conduct soil analyses in future studies to investigate other soil properties that may affect growth differences between species and at different elevations.

4. Conclusion and Implications

This study investigated the early performance of red pine and maritime pine plantations in a semi-arid region of Izmir-Buca, Türkiye, focusing on survival rates and growth of planted seedlings over two years. It also addressed a critical issue of species selection for afforestation in semi-arid regions facing climate change. The results revealed significant differences in sapling survival rates and growth, emphasizing the critical role of species selection for successful afforestation in these environments. The significantly higher survival rate of Turkish red pine strongly suggests the higher drought resilience of this species. This finding aligns with research showing that Turkish red pine adapts to challenging environmental conditions such as drought. Growth analysis showed significant effects of aspect, with better seedling initial performance on north-facing slopes due to better soil moisture economy, which is also confirmed by existing literature. When the current climate data is compared with the long-term climate data of Izmir (see Sections 2. and 3.2.),

it shows that the region has entered a significantly longer, drier period. The findings of the present study strongly suggest that Turkish red pine is a more suitable species for afforestation in semi-arid regions, considering that drought's frequency, severity, and impact will increase with climate change. Turkish red pine's drought tolerance might affect its long-term growth and resilience to other stressors (e.g., pests, diseases). Forest managers should therefore prioritize Turkish red pine over maritime pine in future afforestation projects. Results can be generalized to other Mediterranean regions with similar climate (i.e., semi-arid) conditions However, confirming similar studies in different growing environments and using different species origins would be helpful, and providing longer-term data by correlating the results with soil properties would be beneficial.

Acknowledgments

We thank the İzmir Regional Directorate of Forest for providing experimental sites and other logistical support. This manuscript was produced from the MSc thesis of Hasan Ali DEMİR at İzmir Katip Çelebi University Science Graduate School.

References

AFAD, (2025). IRAP İl Afet Risk Azaltma Planı 2025. AFAD - T.C. İzmir Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İzmir, Türkiye. Erişim Adresi: https://izmir.afad.gov.tr/kurumlar/izmir.afad/E-KUTUPHANE/Il-Planlari/IRAP_Izmir-2025.pdf. Erişim Tarihi: 10.04.2025.

Afzal, M., Battilani, A., Solimando, D., & Ragab, R. (2016). Improving water resources management using different irrigation strategies and water qualities: Field and modeling study. *Agric Water Manag*, *176*, 40–54.

Aldhous, J. R. (1994). Nursery Policy and Planning. In: Aldhous, J. R. ve Mason, W. L. (Ed.), *Forest Nursery Practice* (ss. 1-12). British Forestry Commission, Bulletin No:111, HMSO, London.

Ayan, S., Yücedağ, C., & Simovski, B. (2021). A major tool for afforestation of semi-arid and anthropogenic steppe areas in Turkey: Pinus nigra J.F. Arnold subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe. *J For Sci*, *67*, 449–463.

Bağçaci, S. Ç., Yucel, I., Duzenli, E., & Yilmaz, M. T. (2021). Intercomparison of the expected change in the temperature and the precipitation retrieved from CMIP6 and CMIP5 climate projections: A Mediterranean hot spot case, Türkiye. *Atmospheric Research*, *256*.

Balekoğlu, S., & Ertaş, A. (2016). İstanbul Bölgesi'ndeki Sahilçamı (Pinus pinaster) Plantasyonlarının Silvikültürel Yönü. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, *66*(2), 391-409.

Barrio-Anta, M., Castedo-Dorado, F., Cámara-Obregón, A., & López-Sánchez, C. A. (2020). Predicting current and future suitable habitat and productivity for Atlantic populations of maritime pine (Pinus pinaster Aiton) in Spain. *Annals of Forest Science*, *77*, 1-19.

Baykara, E., & Eşen, D. (2024). Post-fire natural regeneration and early growth of Turkish red pine (Pinus brutia) seedlings in western Türkiye. *Forestist*, *XX*(X), 1-6.

Boydak, M. (2004). Silvicultural characteristics and natural regeneration of Pinus brutia Ten. A review. *Plant Ecology*, 153-163.

Boydak, M., Dirik, H., & Çalıkoğlu, M. (2006*). Kızılçamın (Pinus brutia Ten.) biyolojisi ve silvikültürü.* Ankara: OGEM-VAK.

Boydak, M., & Çalışkan, S. (2021). Ağaçlandırma. 2. Baskı. Ankara, Türkiye.

Chiatante, D., Domina, G., Montagnoli, A., & Raimondo, F. M. (2017). Sustainable restoration of Mediterranean forests. *Flora Mediterranea*, *27*.

Cortina, J., Amat, B., Castillo, V., Fuentes, D., Maestre, F., Padilla, F., & Rojo, L. (2011). The restoration of vegetation covers in the semi-arid Iberian southeast. *Journal of Arid Environments*, *75*, 1377-1384.

Çalışkan, S., & Boydak, M. (2017). Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey. *Turk J Agric For*, *41*(5), 317-330.

Çalışkan, S., Balekoğlu, S., & Dirik, H. (2023). Orman Ağaçlarında Kuraklık Stresi (Bölüm 3). In Ayan, S. (Ed.), *İklim Değişikliği: Orman Ekosistemlerinde Etkileri ve Yönetimi* (ss. 29-51). Ankara: Palme Yayınevi.

Deligöz, A., & Gencer, O. (2021). Saçlı meşe (Quercus cerris L.)'nin fidan kalitesi üzerinde tüp boyutu ve kökçük kırmanın etkisi. *Turk J For*, *22*(3), 211-217.

Demircan, M., Gürkan, H., Eskioğlu, O., Arabacı, H., & Coşkun, M. (2017). Climate change projections for Turkey: three models and two scenarios. *Turkish Journal of Water Science and Management*, *1*(1), 22-43.

Doelman, J. C., Stehfest, E., van Vuuren, D. P., Tabeau, A., Hof, A. F., Braakhekke, M. C., & Lucas, P. L. (2020). Afforestation for climate change mitigation: Potentials, risks, and trade-offs. *Global Change Biology*, *26*(3), 1576-1591.

Feng, S., & Fu, Q. (2013). Expansion of global drylands under a warming climate. *Atmospheric Chemistry and Physics*, *13*, 10081–10094.

Fernandes, P. M., ve Rigolot, E. (2007). The fire ecology and management of maritime pine (Pinus pinaster Ait.). *Forest Ecology and Management*, *241*, 1–13.

Fernández-García, V., Fulé, P. Z., Marcos, E., & Calvo, L. (2019). The role of fire frequency and severity on the regeneration of Mediterranean serotinous pines under different environmental conditions. *Forest Ecology and Management*, *444*, 59–68.

Fidan, C., Eşen, D., Demirsu, N., Cabak, E., & Güner, S. (2022). Effects of site preparation and postplanting cultural treatments on the establishment and early growth of maritime pine (Pinus pinaster Ait.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *46*(5), 613-622.

Gaspar, M. J., Velasco, T., Feito, I., Alía, R., & Majada, J. (2013). Genetic variation of drought tolerance in Pinus pinaster at three hierarchical levels: A comparison of induced osmotic stress and field testing. *Plos One*, *8*(11), e79094.

Grivet, D., Climent, J., Zabal-Aguirre, M., Neale, D. B., Vendramin, G. G., & González-Martínez, S. C. (2013). Adaptive evolution of Mediterranean pines. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *68*(3), 555-566.

Guignabert, A., Delerue, F., Gonzalez, M., Augusto, L., & Bakker, M. R. (2018). Effects of management practices and topography on ectomycorrhizal fungi of maritime pine during seedling recruitment. *Forests*, *9*(5), 245.

HLPE, (2017). *Sustainable forestry for food security and nutrition.* A report by the High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome.

Kandemir, G., Önde, S., Temel, F., & Kaya, Z. (2017). Population variation in drought resistance and its relationship with adaptive and physiological seedling traits in Turkish red pine (Pinus brutia Ten.). *Turkish Journal of Biology*, *41*(2), Article 2.

Karamanoli, K., Papaioannou, A., & Sofogianni, S. (2017). Soil fertility and productivity estimation of Pinus pinaster Aiton reforestations in Central and Northeast Chalcidice in Northern Greece. *Journal of Forest Science*, *63*(10), 470–475.

Kavgaci, A., Örtel, E., Torres, I., & Safford, H. (2016). Early postfire vegetation recovery of Pinus brutia forests: effects of fire severity, prefire stand age, and aspect. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *40*(5), 8.

Klaus, H. (1989). Mediterranean pines and their history. *Plant Systematics and Evolution*, *162*, 133-163.

Laaribya, S., Esen, D., & Assmaa, A. (2023). Kuraklık ve Su Hasadı (Bölüm 9). In Ayan, S. (Ed.), *İklim Değişikliği: Orman Ekosistemlerinde Etkileri ve Yönetimi* (ss. 137-163). Ankara: Palme Yayınevi.

MGM, (2025). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara, Türkiye.

Manjarrez, L. F., de María, N., Vélez, M. D., Cabezas, J. A., Mancha, J. A., Ramos, P., Pizarro, A., Blanco-Urdillo, E., López-Hinojosa, M., Cobo-Simón, I. (2024). Comparative Stem Transcriptome Analysis Reveals Pathways Associated with Drought Tolerance in Maritime Pine Grafts. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*, 9926.

Neyişçi, T. (1993). Ecological adaptive traits of Pinus brutia Ten. to fires. In International Symposium on Pinus brutia Ten. *Ministry of Forestry*, Ankara.

Özel, H. B., Varol, T., Ayan, S., & Bilir, N. (2023). İklim Değişikliği Etkileri Altında Tohum Bahçeleri Yönetimi. In Ayan, S. (Ed.), *Kuraklık ve Su Hasadı Yöntemleri (Bölüm 6),*

İklim Değişikliği: Orman Ekosistemlerinde Etkileri ve Yönetimi (ss. 83-94). Ankara: Palme Yayınevi.

Richardson, D. R. (1998). *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge: Cambridge University Press.

Romeo, F., Marziliano, P. A., Turrión, M. B., & Muscolo, A. (2020). Short-term effects of different fire severities on soil properties and Pinus halepensis regeneration. *Journal of Forest Research*, *31*, 1271–1282.

Scarciglia, F., Nicolaci, A., Del Bianco, S., Pelle, T., Soligo, M., Tuccimei, P., & Iovino, F. (2020). Reforestation and soil recovery in a Mediterranean mountain environment: Insights into historical geomorphic and vegetation dynamics in the Sila Massif, Calabria, southern Italy. *Catena*, *194*, 104707.

Shiver, B. D., Rheney, J. W., & Oppenheimer, M. J. (1990). Site-preparation method and early cultural treatments affect growth of flatwoods slash pine plantations. *Southern Journal of Applied Forestry*, *14*(4), 183–188.

Şener, G. (2004). *Kerpe araştırma ormanı sahil çamı (Pinus pinaster Ait.) ağaçlandırma alanlarında aralama ve artım-büyüme ilişkileri*. Çevre ve Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü.

Tapias, R., Climent, J., Pardos, J. A. (2004). Life histories of Mediterranean pines. *Plant Ecology*, *171*, 53–68.

Turkes, M., Turp, M. T., An, N., Ozturk, T., & Kurnaz, M. L. (2020). Impacts of climate change on precipitation climatology and variability in Türkiye. *Water Resources*.

Vacek, Z., Vacek, S., & Cukor, J. (2023). European forests under global climate change: Review of tree growth processes, crises, and management strategies. *Journal of Environmental Management*, *332*, 117353.

Yıldız, O., Esen, D., Sargıncı, M., Çetin, B., Toprak, B., & Dönmez, A. H. (2022). Restoration success in afforestation sites established at different times in arid lands of Central Anatolia. *Forest Ecology and Management*, *503*, 119808.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 621-645
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1602015

Konya Kapalı Havzası'nda Ekolojik Temelli Master Plan Önerisi*

Ecologically Based Master Plan Proposal in Konya Closed Basin

Sena Şükran TÜREDİ[1], Mustafa VAR[2]

Özet

Özellikle son yüzyılda nüfus artışı ile doğal kaynak kayıpları, koruma-kullanma dengesinin göz ardı edilmesi ve hassas ekosistemlerin bozunumu, planlama stratejilerinin ne denli önemli olduğunu bir kez daha ortaya çıkarmıştır. Havzalar, bu değişimlerden etkilenen hassas yüzey birimleridir. Kendi içerisinde coğrafi sınırlara, alt havzalara, yüzey birimlerine ayrılmış olsalar bile barındırdığı makro ve mikro ölçekler arasında fiziksel, ekolojik ve biyolojik etkileşimin kesilmediği sisteme sahiptir. İç ve dış dinamikleriyle birbirinden etkilenen hidrografik havzalar içerisinde bulunan 'Konya Kapalı Havzası', içerdiği hassas karasal ve akuatik ortamlar ile ekosistem sürdürülebilirliğinin bozulduğu problemli alandır. Araştırmada ele alınan temel problem; Konya Kapalı Havzası bütününde, antropojen ve doğal nedenlerle oluşan ekolojik bozulmalardır. Günümüzde uygulanan planlama modelleri neticesinde havzanın kentsel büyüme odağı içerisinde kalması ve coğrafi karakteristiğine uymayan yanlış arazi kullanım kararları sonucu doğal dengenin bozunumu, havzada uygulanması gereken yeni planlama modeli arayışına sebep olmuştur. Bu nedenle içerdiği müdahale ölçekleri, ilkeler, analiz-sentez süreçleri ve ekolojik müdahale teknikleri ile öneri model olan 'Ekolojik Temelli Havza Planlama' yaklaşımının, havzanın fiziki planlanmasında sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için gerekli olduğu araştırmada vurgulanmakta ve uygulanmaktadır. Planlama modelinin uygulama aracı olan 'Ekolojik Temelli Master Plan' ile araştırma alanındaki ekolojik bozulmaya çözüm üretip, uzun süreli perspektiflerde planlamada 'koruma' yaklaşımının ön planda olmasına katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havza, Ekolojik planlama, Konya Kapalı Havzası

Abstract

In the last century, population growth and natural resource losses, ignoring the protection-use balance and the degradation of sensitive ecosystems have once again revealed the importance of planning strategies. Basins are sensitive surface units significantly affected by such changes. Although water basins are divided into geographic boundaries, such as the sub-basins and surface units, they function as systems where physical, ecological, and biological interactions between macro and micro scales remain uninterrupted. One of these basins, namely 'Konya Closed Basin,' has a sensitive terrestrial and aquatic environments that have experienced significant ecological degradation, threatening its ecosystem sustainability. The primary issue addressed in this paper is the ecological degradation basin, which has been driven by both anthropogenic and natural factors. Current planning models in the basin have led to the basin to become a focus of urban expansion. Consequently, inappropriate land-use decisions that do not align with the basin's geographical characteristics have disrupted its natural balance that makes it necessary to search for a new planning model that can be implemented in the basin. For this reason, it is emphasized and applied in the research that the 'Ecological-Based Basin Planning' approach, which is the recommendation model with the intervention scales, principles, analysis-synthesis processes, ecological intervention techniques are necessary to ensure the sustainability of the basin in the physical planning. As a tool for implementing this planning model, 'Ecological-Based Master Plan,' aims to address the ecological degradation in the study area while promoting a long-term perspective that prioritizes a 'conservation' approach in planning.

Keywords: Water basin, Ecological planning, Konya Closed Basin

Geliş Tarihi: 16.12.2024, Düzeltme Tarihi: 24.01.2025, Kabul Tarihi: 30.01.2025
Adres: [1]Yıldız Teknik Üni. Fen Bil. Ens. Şehir ve Bölge Planlama ABD Peyzaj Planlama Programı
E-mail: ssenagunduz1998@gmail.com
Adres: [2]Yıldız Teknik Üni. Mimarlık Fak. Şehir ve Bölge Planlama Böl. 34349, Yıldız-Beşiktaş, İstanbul.
*Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı'nda "Havzalarda Ekolojik Temelli Planlama Yaklaşımı: Konya Kapalı Havzası Örneği" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

Günümüzde hızla artan insan faaliyetleri hassas ekolojik ilişkilerin bulunduğu ekosistemlerde tahribata yol açmaktadır. İnsanın doğal çevreye her türlü müdahalesi ekosistem üzerinde çoklu neden-sonuç ilişkilerine dayalı sonuçlara neden olmaktadır (Yavuz Özdemir, 2004). Özer ve arkadaşlarına (1996) göre yerleşimlerin büyüme hızları ve biçimleri, doğal kaynakların tüketilme hızı ve biçimi ile birebir ilişkilidir. Yapılan bu müdahalelerin, ekolojik ilişki içinde bulunan doğal kaynakların coğrafi mekân düzeyinde ele alınıp ekolojik analizlerle irdelenerek değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Küçükali ve Atabay, 2013).

Doğal kaynaklar, idari sınırlar ile bölünmemiş olup makro ve mikro ölçekte birçok bölgeyi kapsayan bütünlüktedir (Bekci, 2021). Politik sınırlardan ziyade doğal, fizyografik, hidrolojik sınırlara dayanan havzalar, içerdiği farklı ekosistemler ve çeşitli doğal yapı karakteristiği ile heterojen yapıya sahiptirler. Havzanın herhangi bir kısmına yapılan müdahalede tüm ekosistemler etkilenmekle birlikte, havza 'kapalı' olarak sınıflandırılsa da bu durum komşu havzalarla olan ilişkiler ağını kesmemektedir (Atabay, 1998; Yavuz, 2011). Bu nedenle McHarg'ın (1981) vurguladığı ekosistem bileşenlerinin bütüncül analiz edilmesi ve doğal sistemlerde ekolojik bütünlüğün korunması gerekliliğinden hareketle, havzalarda doğal kaynakların korunması ve kullanımı bir bütün olarak ele alınıp yönetilmelidir.

Konya Kapalı Havzası zengin ve kendine özgü jeolojik yapısı, verimli toprakları, yeraltı su potansiyelleri, sulak alanları ve beraberinde zengin biyoçeşitliliği ile ekolojik ve biyolojik yapı potansiyeli açısından önem arz eden, korunmaya değer bir havza karakteri göstermektedir. Fakat bu içerdiği ekolojik desenlerle birlikte; artan nüfus, doğal ve antropojen kaynaklı baskılar, coğrafi karakteristiğe uymayan yanlış arazi kullanım kararlarına bağlı olarak ekolojik bozulma ve habitat parçalanmasına maruz kalmaktadır. Günümüzde yaşanan doğal kaynaklı sorunlara antropojen kaynaklı sorunların da eklenmesiyle, havzada su dengesi bozunumu, genetik mirasların kaybı, yüzey deformasyonları, toprak bozunumu, mikro klima değişimleri ve ekosistem kayıpları meydana gelmektedir.

Ekolojik planlama kavramı bu noktada önem arz etmektedir. Steiner ve Brooks'a (1981) göre doğal değerlerin insanlara sunduğu potansiyeller, dikkate alınması gereken kısıtlar ortaya çıkarmaktadır. Ekolojik dengenin ve kaynak sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesini ortaya koyan araç ise ekolojik planlama yaklaşımıdır (Ndubisi, 2002). Havzanın korunmaya değer olan işlevlerinin bozulma ve kayıplarının nedenini ortaya

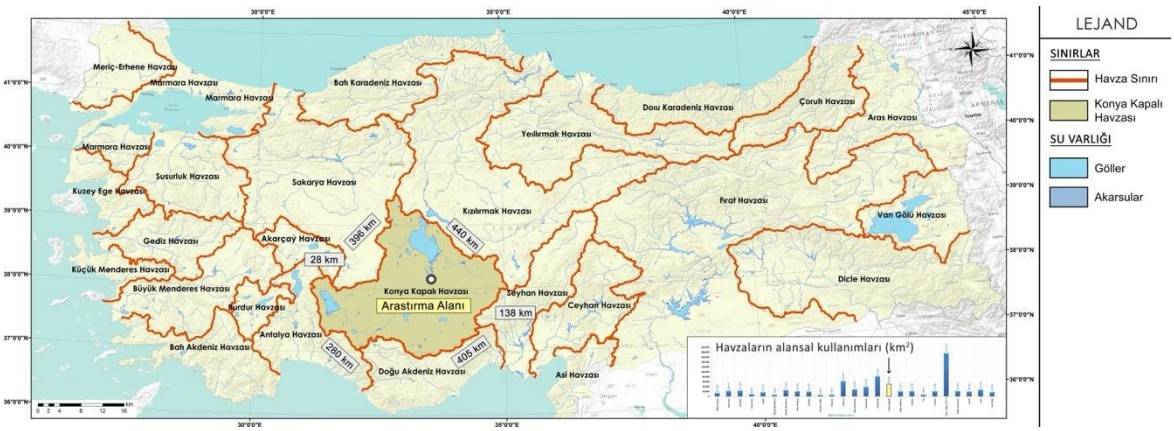
koyarak, koruma yaklaşımının havza planlama sürecine dahil etmesi ile entegre havza planı oluşturulması mümkündür. Ekolojik temelli havza yönetimi ile çevresel etkileşim değerlendirilmeli, doğal kaynakların bir bütün içerisinde analiz edilip, sorunlara rasyonel çözümler getirilmesi sağlanmalıdır (Yavuz Özdemir, 2004).

Ekolojik ve ekonomik değerlerin sürdürülebilir olmak kaydı ile yerleşim alanlarına entegre edilmesi (Basiago, 1999) ve Mc Harg'ın (1981) bölgesel ekolojik yaklaşımından hareketle; araştırma alanı olan Konya Kapalı Havzası'nın doğal değerlerini ve biyolojik bozulmalarını tespit edip, bulgulara bağlı olarak arazi kullanımını yönlendirecek ekolojik master plan yaklaşımının teknik ve yöntemlerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda araştırma kapsamında Konya Kapalı Havzası'nda gerçekleşen analizler, sentezler, antropojen ve doğal kaynaklı sorunlar, idari sınırlar içerisinde irdelenmeyerek, üst ölçekte bütüncül olarak ele alınacaktır. 1/1500000 ölçeğinde yapılan analitik çalışmalar ve bunların sonucunda ortaya çıkan değerlerin ekolojik parametreler doğrultusunda irdelenmesini kapsamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma alanı olan Konya Kapalı Havzası (Şekil 1), Türkiye'nin Orta Anadolu Bölgesi'nde 36°51' ve 39°29' kuzey enlemleri ile 31°36' ve 34°52' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Araştırma alanının sınırları olarak havza sınırları ele alınmış olup, kuzeyde Sakarya ve Kızılırmak, doğuda Kızılırmak ve Seyhan, güneyde Doğu Akdeniz, batıda Akarçay Havzaları ile çevrelenmektedir. Çevresine göre depresyon özelliği göstermesi, dışa akışı bulunmaması nedeniyle kapalı havza olarak nitelendirilmektedir (TOB, 2020).



Şekil 1. Araştırma alanı coğrafi konumu.

Yüzölçümü 49.805.34 km^2 olan havza, Türkiye'nin yaklaşık %7'sini teşkil etmekte ve büyüklüğü itibari ile Türkiye akarsu havzalarının 5. en büyük havzasıdır. Kendi içerisinde 9 alt havzaya ayrılmakla birlikte (Şekil 2) içerisinde; Konya, Niğde, Aksaray, Karaman, Ankara, Isparta, Nevşehir, İçel ve Antalya illerine bağlı bölgeler yer almaktadır. Bununla beraber havzanın %90'ından fazlası, dört ana il olan Konya, Aksaray, Niğde ve Karaman illerine aittir (TOB, 2023).



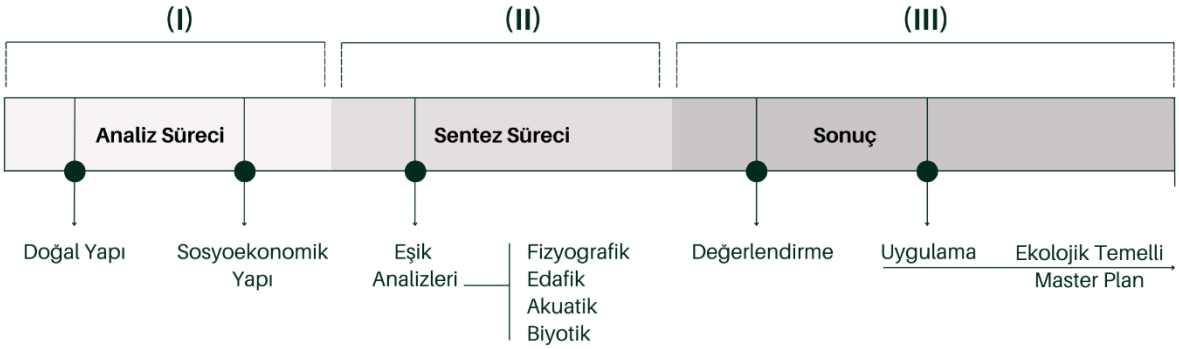
Şekil 2. Araştırma alanı alt havza sınırları.

Araştırma alanının doğal ve sosyoekonomik yapı incelemelerini kapsayan analiz sürecinde ilgili kurum ve kuruluşların kütüphanelerinden, yayınları ve raporlarından yararlanılmış, çalışma kapsamında materyal olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada sunulan haritaların ana materyalleri olan coğrafi veriler ise yetki ve veri içeriğine göre ayrı kurumlardan elde edilmiştir. Jeolojik ve hidrografik analizlere ait veriler Devlet Su İşleri'nden (2022) temin edilmiş ve havzanın sayısal yükselti modeli için 12,5 metre çözünürlüğündeki DEM (Sayısal Yükselti Modeli) verisi kullanılarak topoğrafik analizler gerçekleştirilmiştir. Havzaya ait toprak özellikleri, 1/800.000 ölçekli Türkiye Umumi Toprak Haritasından (Oakes ve Arıkök, 1954) yararlanılarak değerlendirilmiştir. Klimatolojik analizler, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait havza sınırları içerisinde bulunan 12 adet Meteoroloji Gözlem İstasyonlarında kaydedilen aylık iklimsel verilere (2020) göre değerlendirilmiştir. Doğal yapı ve sosyoekonomik yapı analizlerinde Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİB), Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB), Konya Ovası Projesi (KOP), Devlet Su İşleri (DSİ), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve diğer kuruluşların kütüphanelerinden, yayınlarından ve kurumların web sitelerinde yer alan

bilgilerden yararlanılmış, araştırma kapsamında değerlendirilmiştir. Diğer tüm coğrafi analiz verileri Konya Büyükşehir Belediyesi'nden (2022) temin edilmiş olup, Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak ArcGIS 10.7 programı ile haritalandırılmış, Adobe Photoshop programları ile düzenlemeler sağlanmıştır.

2.2. Yöntem

Havzanın korunmaya değer olan işlevlerinin (sulak alanlar, biyoçeşitlilik, doğal değerler, yaban hayatı açısından önemli alanlar vs.) sürdürülebilirliğini sağlayarak, ekolojik bozulmanın ve habitat parçalanmasının nedenini ortaya koyarak; ekolojinin ekonomide sermaye olarak kullanılmasına izin vermeden koruma-kullanma dengesini ön plana tutmayı amaçlayan (Küçükali & Atabay, 2013) ekolojik temelli havza planlama yaklaşımı sürecinde bir dizi planlama aşamaları bulunmaktadır (Şekil 3). Araştırma problemi olan 'Konya Kapalı Havzası bütününde antropojen ve doğal unsur nedenli ekolojik bozulmalar' sorununa çözüm niteliğinde getirilen bu yaklaşımının ele aldığı yöntemler örnek alan üzerinde uygulanmıştır.



Şekil 3. Ekolojik temelli havza planlama süreci.

Havzaya dair verilerin toplanması ve analitik çalışma bulgularının ortaya koyulduğu analiz sürecinde (I), doğal yapı unsurları McHarg'ın (1969) katmanlı analiz metodu kapsamında belirli hiyerarşik düzende karakterize edilmiştir. Analizler sadece doğal çevrede gerçekleştirilmeyip, havzanın sosyoekonomik yapısı da analiz sürecine dahil edilmekte, böylelikle bütüncül planlama özelliği taşımaktadır (Steiner & Brooks, 1981). Analizler sonucunda havzanın özelliklerinin, sorunlarının ve hassas değerlerinin belirlenmesi mümkün olmakta; temel karakterinin ve bulguların ortaya koyulduğu sentez sürecine (II) zemin hazırlamaktadır.

Analizler sonucunda havzada doğal ve insan kaynaklı süreçlerin ekosistem üzerindeki etkilerinin ölçülmesi ve o etki sınırlarının çizilebilmesi için fiziksel ve biyolojik limitler belirlenmiş, bu kapsamda ilk olarak Boleslaw Malisz tarafından 1945 yılında ortaya konulan eşik analizi (Threshold Analysis), örnek alan üzerindeki eşik faktörlerin belirlenmesinde

yöntem kabul edilmiştir. Kozlowski ve Hughes (1972)'nin çevresel limit belirlemelerinden de hareketle, havzada doğal eşikler analiz edilmiştir. Böylelikle havza ekosistemini oluşturan fizyografik, edafik, akuatik ve biyotik unsurların, havza sistemi üzerinde oluşturduğu sınırlar ve eşikler tespit edilmiş, planlama süreci sonucunda tespit ve önerilere yön vermesi amaçlanmıştır.

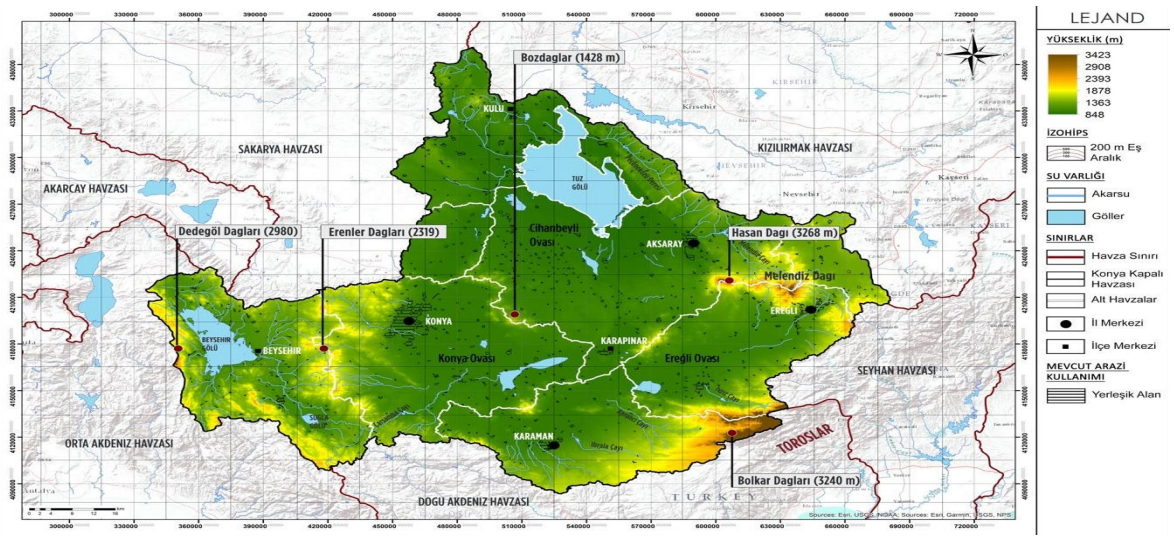
Son evrede (III) ise temel sonuçlar tartışılmış, ele alınan problemin çözüme kavuşturulması için öneri getirilen havza modelinin uygulama aracı olan 'Ekolojik Temelli Master Plan'da alınan planlama kararları sunulmuştur.

3. Araştırma Alanının Ekolojik Temelli Planlama Süreci

3.1. Araştırma Alanının Doğal Peyzaj Yapısı

Gerçekleştirilen analize göre araştırma alanı, tektonik çöküntü sonucu oluşan alüvyal dolgu ovaları, platolar, güneybatı ve güneydoğusunu sınırlayan dağlarla çevrili arazilerden meydana geldiği tespit edilmiştir. Sahip olduğu doğal yapı karakteristiği ile sularını ancak içerisindeki göllere, bataklıklara ya da yarı bataklıklara boşaltabildiğinden kapalı havza niteliği arz etmektedir (Diri, 2018; T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2015).

Havza sınırındaki yükselti değerleri 848-3423 metre arasında değişmekle birlikte havzanın %53'ünü oluşturan 1000-1400 metre, en fazla yayılım gösteren yükselti aralığıdır (Şekil 4). Bununla birlikte eğim dereceleri %0-73 arasında değişkenlik gösterip, %0-4 eğime sahip olan düzlük araziler havzanın %41'ini oluşturmaktadır. %26 ve üzeri eğime sahip alanlar ise %2'lik yüzdeye sahip olup Bolkar, Dedegöl ve Melendiz Dağları etrafında gözlenmektedir. Ağırlıklı eğim yönü (bakı) kuzeybatı olup, havzanın %59'unda yayılış gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4. Araştırma alanı topoğrafik yapı analizi.

Türkiye'nin Ana Tektonik birliklerinden Orta Anadolu Birliği'nin güney kesimi ile Toros Birliği'nin orta kesiminde yer alan havza, üst kretase ile paleosen aralığında gelişmiş, sıkışma kuvvetleri ile faylanarak üst üste katmanlaşan birimlerden oluşmuştur. Paleotektonik olayların bölgesel olarak sonlandığı Orta-Geç Miyosen'de Toroslar'ın yükselmesi sonucu bölgenin açık denizlerle bağlantısı kopmuş ve blok faylanmanın etkisi ile kapalı havza niteliği kazanmıştır (Roberts, 1983; T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2015).

Gerçekleştirilen jeolojik yapı analizine göre havza genelinde yüzeylenen birimler 24 grupta sınıflandırılmıştır. En çok yayılış gösteren birimler havzanın %24'ünü oluşturan kireçtaşı-yer yer killi marnlı birimler, %15 ile silt-kum-çakıl, %14'lük oran ile de kireçtaşlarının yayılış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu birimler arasında dayanıksız litolojiler, alüvyon ve bataklıklar, kil-kum-çakıl birimleri, killi siltli-alüvyonlu içeriğe sahip birimler ve silt-kum-çakıl içeriğine sahip litolojilerdir. Konya, Karaman, Karapınar, Ereğli mevkilerinde yayılım gösteren ve havzanın %30'unu oluşturan bu dayanıksız litolojiler Üstün ve arkadaşlarına (2007) göre bulunduğu zeminlerde sıvılaşma, çökme, şişme ve büzülme sorunlarını beraberinde getirmektedir.

Çeşitli litolojik özelliklerin yayılış göstermesi ve tektonik hareketlerin sonucunda farklı jeolojik oluşumlar gözlenmektedir. Kireçtaşı ve tuz bulunduran litolojik zeminlerde mağaraların yayılış göstermesi, karstik arazilerde çözünme sonucu oluşan lapyalar, dolinler, uvala ve polyeler örnek verilebilir. Fakat havzada en önemli jeolojik oluşumların Karapınar'ın kuzeyinde obruk yaylası mevkisinde yer seçen obruklar, ilin güney batısında yayılım gösteren kumul alanlar ve Tuz Gölü'nün doğu, kuzey ve batısında jipsli ve tuzlu oligosen formasyonun bulunduğu alanlar olduğu tespit edilmiştir. Göle yüksek tuzluluğu veren bu formasyondur (Ökten, 2016).

Araştırma alanı sınırları içerisinde tüm deprem risk kuşaklarını barınmaktadır. Havzanın batısında bulunan Dedegöl Dağları'ndan, doğu yönündeki Melendiz Dağları'na kadar deprem risk dereceleri 1. dereceden 5. derece deprem risk bölgesine kademeli olarak düşmektedir. Konya Ovası ve çevresi 3. ve 4. derece deprem bölgesi içerisinde kalmaktadır. Orta Miyosen'den itibaren neotektonik döneminin başlaması ile hareketlenen zeminin Konya Ovası'na yansıması birtakım çöküntü ve doğrultu atılımlı fayların gelişmesine yol açmıştır. Bu faylardan en önemlileri; Akşehir Fayı, Tuz Gölü Fay Hattı ve Ecemiş Fayıdır (Şener ve Taştekin, 2019).

Havzada su potansiyeli 4.432 hm^3/yıl olup %45.8'ini (1.988 hm^3/yıl) yerüstü, %54.2'sini (2.471 hm^3/yıl) ise yeraltı su kaynakları oluşturmaktadır (KOP, 2023).

Akarsuların toplanma alanlarına göre 9 alt havzaya ayrılan Konya Kapalı Havzası, yüksek dağlarla çevrili olduğundan, havzada yağıştan başka girdi yoktur.

Yüksek bölgelerden kaynaklanan ve çevreden merkeze doğru (sentripetal) akış özelliği gösteren akarsular, havzada alçak arazilere dökülerek göl, ova ve bataklık gibi alanlarda son bulmaktadır (Gedik, 2021). Havza akarsu ağının en yoğun olduğu Beyşehir alt havzası, debisi en yüksek akarsuları bünyesinde barındırmaktadır. Havzanın daha alçak arazilerinden kaynaklanan akarsuların debisi azdır ve çoğunluğu mevsimlik akarsu niteliğindedir. Kışın yağan karların erimesi ve ilkbahar yağışlarıyla beraber akarsu debilerinin en yüksek seviyede olduğu aylar mart ve mayıs ayları iken eylül, ekim ve kasım ayları debinin en az olduğu dönemlerdir (TOB, 2020).

Havzada yağış miktarı az olmasına karşın göl miktarının fazla olduğu görülmektedir. Oluşum bakımından tektonik, karstik ve volkanik kökenli gölleri barındıran havzada; litolojik yapıya, drenaj sistemine, beslenim kaynağına göre göl sularının tatlı, tuzlu, acılık özellikleri değişkenlik göstermektedir (Biricik, 2014). Sadece havza sınırları içerisinde değil, bölgesel ölçekte de önem arz eden, Türkiye'nin en büyük ikinci (Tuz Gölü) ve üçüncü gölünün (Beyşehir Gölü) havzada yer edinmesi havzanın hidrografik potansiyellerin başında gelmektedir. İçerisinde barındırdığı doğal, yapay göller ve akarsularla birlikte toplam havza yüzey üstü su potansiyelinin %30'unun Beyşehir-Kaşaklı alt havzası tarafından karşılandığı tespit edilmiştir. Tuz Gölü çevresinde göl yoğunluğu daha fazladır fakat bölge, yağış rejiminin düzensizliği ve kuraklık dönemlerinden çok fazla etkilenmektedir (Coşkun, 2020). Suların buharlaşmasıyla göllerin yüzeyleri azalmakta ve zeminlerinde bulunan Oligosen yaşlı jips ve tuz tabakaları araziye yayılmaktadır. Tektonik çanak üzerinde konumlanan Tuz Gölü havzanın en sığ noktasında yer almakla birlikte ülkenin en büyük tuz gölüdür ve yaz aylarında tuzluluk oranı %33'e kadar yükselmektedir (TÜBİTAK MAM, 2010).

Konya Kapalı Havzası ülkedeki yerüstü su kaynaklarının %2'sini bulundurmasına karşılık, yeraltı su potansiyelinin oranı %17'dir. Yıllık ortalama su seviyesi -30.08 metre iken bu seviye yağışların azalması, beslenim kaynaklarının kesilmesi, hasat zamanının başlaması ve yeraltı sularının tarımsal sulamada kullanılmasıyla birlikte mayıs ayından itibaren seviye alçalmaya başlamakta ve -31.43 metre ile ağustos ayında en alt seviye ulaşmaktadır. Havzada yeraltı suyunun akımı güneybatı–kuzeydoğu yönünde olduğu ve yeraltı su seviyesini artıran unsurun ise bölgenin jeolojik yapısı olduğu analiz edilmiştir. Özellikle Çumra-Karaman tarafında Neojen yaşlı kireçtaşları doğrudan Mezozoik yaşlı kireçtaşları üzerinde yer aldığından aynı akifer gibi çalışmaktadır (Gedik, 2021; Şener ve Taştekin, 2019).

Havza bütününde belgeli 23.600, belgesiz 62.120 ile toplam 92.020 kuyu bulunmaktadır. Kuyu sayısı en fazla olan Konya-Çumra, Aksaray-Karapınar ve Ereğli-Bor alt havzalarıdır. Bu bölgelerde yayılış göstermelerinin sebebi ovalık, düzlük araziler olması ve zirai faaliyetlerin yoğun olmasıdır. Tarımsal sulama amaçlı kullanılan belgeli-belgesiz kuyular sebebi ile yeraltından çekilen su miktarı her yıl artarken, yeraltı su seviyesinin düşmesinde önemli paya sahiptir (DSİ, 2023; Gedik, 2021).

Hidrografik potansiyelleri etkileyen bir diğer etken de havzanın zeminini oluşturan büyük toprak gruplarıdır. İçerisinde barındırdığı 10 çeşit toprak grubunda, en fazla yüzde ile havzanın %29'unu oluşturan kolüvyal topraklar, fiziksel aşınmanın, eğimin fazla olduğu ve dik yamaçların önündeki düzlük arazilerde yer edindiği tespit edilmiştir. Ana maddesi kireçtaşı olan, kırmızımsı kahverengi topraklar ise havzanın %18'ini oluştururken; yağış miktarının çok daha az olduğu bozkır ikliminin hüküm sürdüğü, yükseltinin 1500 metreyi geçmediği platolarda yayılış gösterdiği görülmektedir (Bozyiğit ve Güngör, 2013).

Toprak ve kayaçların geçirgenlik analizine göre havzanın geçirimsiz birimlerini metamorfik kayaçlar oluşturmakta ve havzada parçacıl şekilde dağınık yer seçmektedir. Geçirimli, akifer özelliği gösteren birimler ise gevşek unsurlu konglomeralar, batıdaki andezit ve bazaltlar, silt, kum, çakıl ve alüvyonların yaygın ova tabanında ve özellikle Tuz Gölü'nün doğu ve güneyinde bulunduğu tespit edilmiştir (Şener ve Taştekin, 2019). Analiz neticesinde mevcut obrukların konumları incelendiğinde, geçirimli ve yarı geçirimli araziler üzerinde obrukların yer seçtiği görülmüştür. Geçirimliliği yüksek ve kolay çözünebilen birimlerin obruk oluşumuna etkileri oldukça fazladır.

Havzadaki toplam arazi varlığının %53.8'ine karşılık gelen 2.5 milyon hektarlık alanda toprak işlemeli tarıma elverişli (I-IV), %13.9'una karşılık gelen 643 bin hektarlık alanda toprak işlemesiz tarıma elverişli (V-VI) araziler bulunmaktadır. Tarıma elverişsiz (VII-VIII) araziler ise havzanın %32.9'unda yayılış göstermektedir (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2015). Sulanabilir, tarıma elverişli arazilerin en büyük çoğunluğu, %25 oranla Aksaray alt havzasında iken %17'si Konya-Çumra-Karapınar alt havzasındadır.

Havzada bulunan 12 adet meteoroloji gözlem istasyonunun kaydettiği verilere göre, yıllık ortalama sıcaklık 11.6°C iken en düşük aylık ortalama sıcaklık -0.2°C ile Ocak ayında, en yüksek aylık ortalama sıcaklık ise 23.2°C ile Temmuz ayında ölçülmüştür. Ortalama yağış miktarı 377.1 mm iken yağışların %37.4'ünü en fazla oranla kış mevsiminde ve %31.4 oranla ilkbahar mevsiminde almaktadır. Havzada bağıl (nispi) nem en az Temmuz ve Ağustos, en fazla Aralık ve Ocak aylarında olmaktadır. Yıllık ortalama açık yüzey buharlaşması ölçümlerine göre havzada en yüksek buharlaşma Temmuz ayında (307.2 mm)

Ereğli'de görülmektedir. Araştırma alanında kuzey başlangıçlı rüzgârlar hâkim olup kuzey-batı (Karayel) ve kuzey-doğu (Poyraz) yönlüler en etkin olanlardır (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2015).

Konya Kapalı Havzası'nın çevresine karşı depresyon özelliği göstermesi iklimsel karakteristiğini de etkilemektedir. Klimatolojik analizlerin mekânsal dağılımında, Beyşehir-Kaşaklı alt havzasının havza genelinde farklı iklim özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Alt havzanın güneyinde yer alan Toros Dağları ve beraberinde uzanan Dedegöl Dağları neticesinde Karasal-Akdeniz geçiş iklimi hakimdir. Bu nedenle Akdeniz yağış rejimine sahip olup, en fazla yağış verileri Seydişehir (769.2 mm) ve Beyşehir (493.7 mm) istasyonlarında kaydedilmiştir. Kulu'dan sonra, topoğrafyanın etkisi ile en düşük yıllık ortalama sıcaklık verileri de 10.9°C ile yine Beyşehir istasyonunda ölçülmüştür. Haricinde kalan diğer alt havzalar yıllık amplitudun fazla olduğu, kışları soğuk ve nispeten yağışlı, en yağışlı mevsimi ilkbahar, yazları sıcak ve kurak olan Bozkır ikliminin etkisi altındadır. Tuz gölü ve çevresi yıllık ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu (12.9°C), yağış miktarının ise en az ölçüldüğü (292.5 mm) lokasyon olarak dikkat çekmektedir (Coşkun, 2020; T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2015).

Havza genelinde bir diğer farklılık gösteren Karapınar ve çevresi yine yıllık ortalama sıcaklığın en düşük, yağış miktarının az olduğu alanlardır. Kuzeyindeki yüksek ovalardan gelen kuru ve soğuk rüzgâr ile güneyindeki tepelik kütlelerden inen sıcak rüzgârların arasında kalması neticesinde yoğun kuru hava kütlelerine ve şiddetli rüzgâr erozyonuna maruz kalmaktadır. Sonucunda kumul hareketliliğini etkilemekle birlikte toprakta kurutucu etkiler bırakmaktadır (Bozyiğit ve Güngör, 2013; Kantarcı ve ark., 2011).

Havzadaki bu iklimsel ve fizyografik özellikler doğal bitki örtüsünün tür ve dağılışını belirlemektedir. Havzanın %35.3'ü tabi bitki örtüsüyle kaplıdır. Bu bitki örtüsünün %38'ini seyrek bitki örtüsü (alçak arazilerde bozkır, yüksek arazilerde kısa boylu ağaçsı bitkiler), %35'ini meralar %22'sini çalılar, %5'ini ormanlar oluşturmaktadır (TOB, 2020). Ağaç ve ağaçsı bitki toplulukları, yağış miktarının ve dağlık kütlelerin daha fazla olduğu Beyşehir-Kaşaklı alt havzası ve Konya Kapalı Havzası bütününün iç kesimindeki volkan konilerinde yayılış gösterirken, geriye kalan kesimlerde kurakçıl bitki toplulukları yaygındır (Ateşoğlu ve ark., 2019). Ancak doğal alanların tarım arazisine dönüştürülmesi ve aşırı hayvan otlatma faaliyetleriyle doğal bozkır türleri tahrip edilip dikensi ot topluluğu yaygınlaşmaktadır (Bozyiğit ve Güngör, 2013). Orman formasyonu ise 1400 metre izohipsinden başlayıp 2000 metre üstündeki Dedegöl, Bolkar, Hasan Dağı gibi arazilere kadar çıkmaktadır. Bu ormanlık arazilerde de insan elinin tahripleri sonucu antropojen bozkır türlerine rastlanmaktadır.

Bozkırların yanı sıra havzada 2780 bitki taksonu bulunmakta ve takson düzeyinde endemizm oranı %22.91'dir. Floristik zenginlikle birlikte fauna açısından da öneme sahip olan havzada başlıca öne çıkan önemli alanlara; Tuz Gölü, Tersakan Gölü, Karapınar Ovası-Meke Maarı, Eşmekaya Sazlığı, Kozanlı Gölü, Kulu Gölü, Obruk Yaylası ve Karapınar Kumulları örnek verilebilir (TOB, 2020).

3.2. Araştırma Alanının Genel Sosyoekonomik Yapısı

Konya Kapalı Havzası 2.866.105 nüfusu ile Türkiye nüfusunun %4'üne ev sahipliği yapmasıyla birlikte içerdiği fonksiyonlarla farklılaşmış ekonomik gelişmişlik derecelerine, demografik yapılara, sosyal değişme ve farklılaşmalara rastlanmaktadır. Havza nüfusunun %56'sı Konya'da ikamet ederken, bu oranı %14 ile Aksaray, %12 ile Karaman takip etmektedir (TÜİK, 2021).

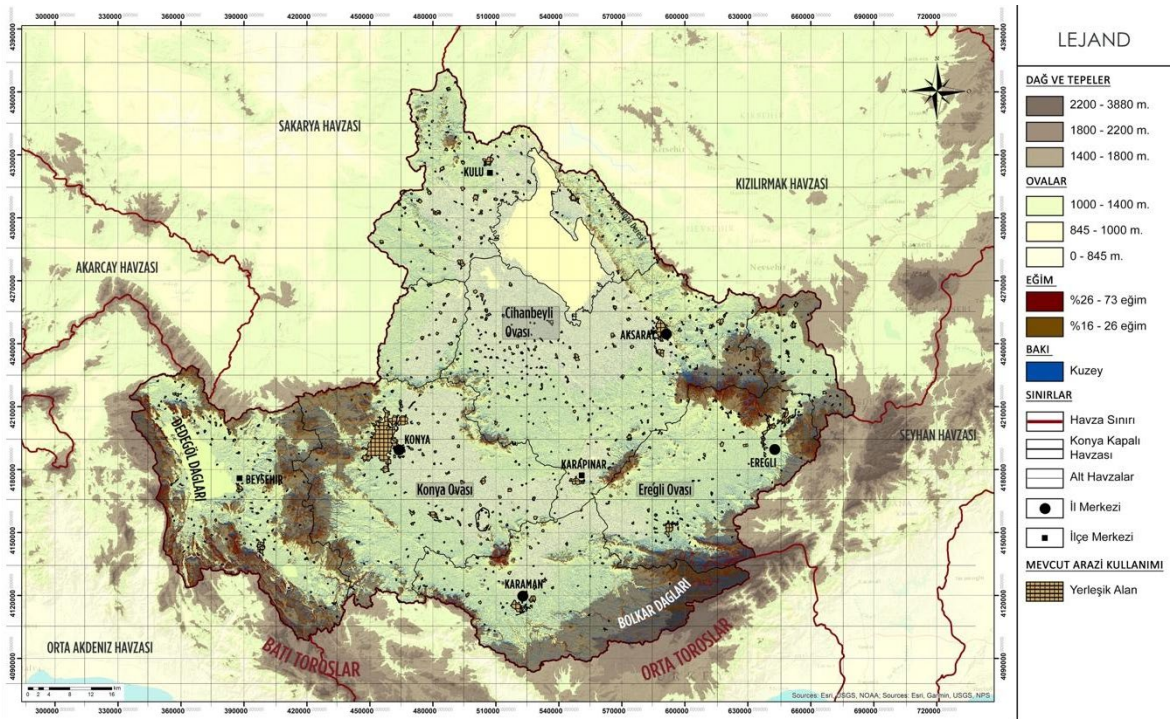
Heterojen bir yapıya sahip olan havzada, doğal peyzaj özelliklerinin getirdiği potansiyellerle doğru orantılı olarak bölgeler arasında farklı sektörel değişimlerin etkisi altındadır. Tarım sektörü GSYİH içinde büyük paya sahiptir ve en yüksek paya sahip il olan Karaman ilinde GSYİH'nın yarısından fazlası (%54.4) tarım sektörüne aittir (TÜİK, 2013). İstihdamın sektörel dağılımında da benzer profil gözlenmektedir. Tarım sektörünün öne çıkışında kalkınma planlarının ve yönetim kararlarının etkisi büyüktür (TOB, 2023). Havzanın tarım sektöründe öne çıkmasındaki en büyük dayanağı sahip olduğu doğal peyzaj özellikleridir. Havza arazi kullanımının %49.5'ini tarım alanları (%33.2 kuru tarım, %13.4 sulu tarım ve %2.9 karmaşık tarım) oluşturmaktadır. Tarımsal anlamda Türkiye'nin önemli üretim bölgelerinden olan bölge; tahıl, bakliyat ve şekerpancarı üretiminde önemli paya sahiptir. Havza genelinde yapılan tarımsal etkinliklerin doğrultusunda gıda sektörü üzerine kurulan sanayi faaliyetleri ön plandadır (TOB, 2020).

Havza'daki illerde sektörlerin GSYİH içindeki paylarına göre diğer illerden farklı olarak Konya ilinde hizmetler sektörünün yoğun olduğu görülmektedir. 2000 yılı öncesi bu oran tarım sektöründe yüksek iken şu an hizmet sektöründe %60 orana kadar yükselmiştir. Bu noktada ulaştırma politika ve yatırımlarının önemli payı vardır. Ankara-Konya-Karaman etkileşimi havzanın ticari koridorunu oluşturmakla birlikte Adana, Mersin, İskenderun limanlarına erişim de bu akslar üzerinden sağlanmaktadır. Böylelikle imalat sanayi sektörleri ve ihracatları bu çizgide ilerlemektedir. Yalnızca ekonomik açıdan değil, bölgesel kurumları da barındırması açısından Ankara'dan sonra Konya 2. kademe gelişmişlik düzeyinde bulunmaktadır. Bu sebeple Konya kent merkezi havza içerisinde hizmet sektörü görevini üstlenmektedir (TOB, 2020; TOB, 2023).

3.3. Araştırma Alanında Eşik Oluşturan Ögeler

Koruma yaklaşımına dayalı planlama sürecinin temeli korumaya değer, ekolojik hassasiyetli, bozunum tehditleriyle karşı karşıya kalan peyzaj ögelerinin belirlenmesidir. Boleslaw Malisz (1945) tarafından ortaya konulan eşik analizi (Threshold Analysis) yönteminde de belirtildiği gibi, doğal ve insan kaynaklı süreçlerin ekosistem üzerindeki etkilerinin ölçülmesi ve o etkilerin sınırlarının çizilebilmesi için fiziksel ve biyolojik limitlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle gerçekleştirilen analizler sürecinde; havzadaki doğal değerlerin korunup sürdürülebilmesine ve havzanın ekolojik planlamasına sınır oluşturması amacı ile doğal eşikler tespit edilmiştir. Eşiklerin 'fizyografik, akuatik, edafik ve biyotik' kriter çerçevesinde sınıflandırılması ile havzada alınacak arazi kullanım kararlarının sınırlandırılması ve ekolojik temelli master planda alınacak kararlara yol göstermesi mümkün olacaktır.

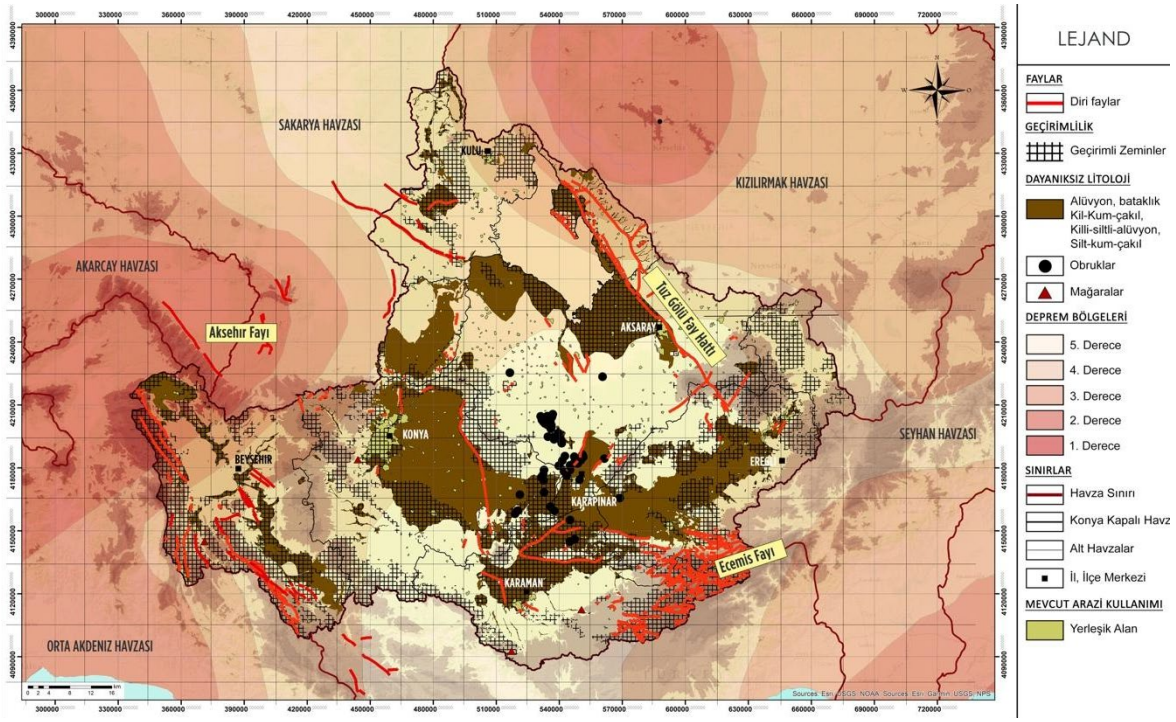
Fizyografik eşikler, topoğrafik ve jeolojik olarak sınıflandırıldığında havzadaki topoğrafik eşikleri (Şekil 5) oluşturan unsurların başında Dedegöl ve Bolkar Dağları gelmektedir. Böylelikle Orta Akdeniz ve Doğu Akdeniz komşu havzaları ile hidrolojik etkileşim kısıtlanmaktadır. Bu dağların yamaçlarının çoğunluğunu oluşturduğu, eğimi %25 üzerinde olan bu alanlar, yerleşimlerde ve tarımsal arazilerde eşik oluşturmakta; erozyon, hızlı akış, sel ve heyelan risklerini barındıran alan olarak risk teşkil etmektedir.



Şekil 5. Araştırma alanı topoğrafik eşik analizi.

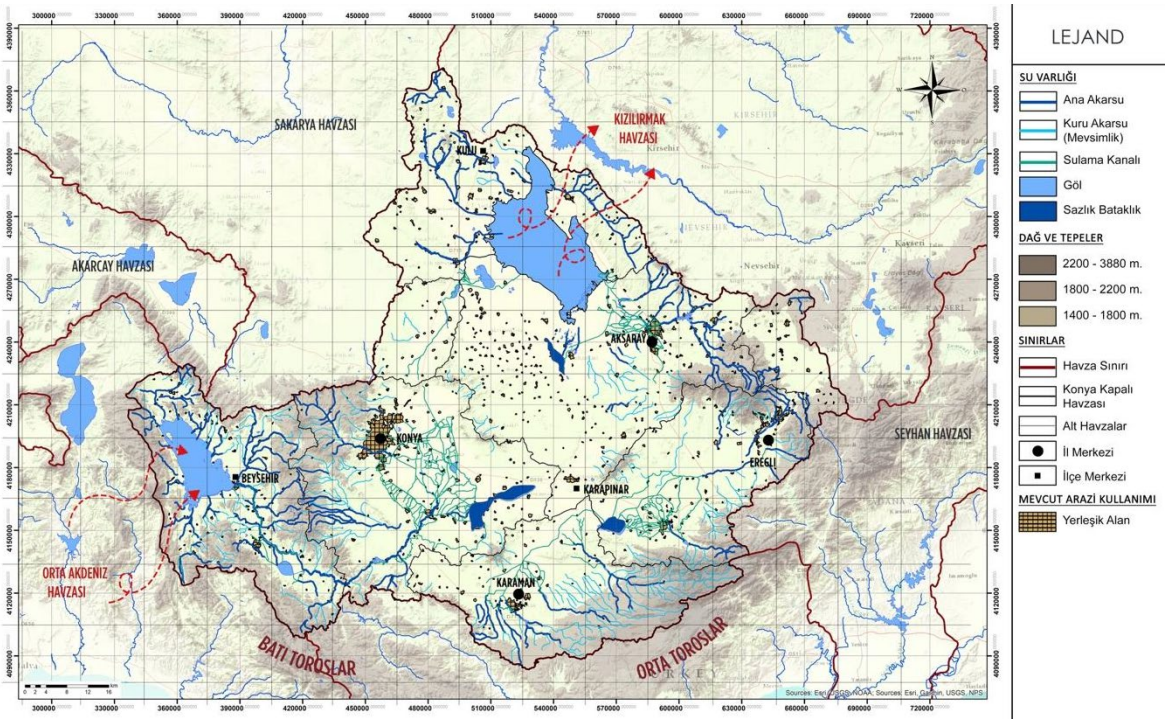
Jeolojik eşiklerin (Şekil 6) en başında havzanın %30'unda yayılış gösteren dayanıksız litolojiler gelmektedir. Zeminde bulunan ince kum, silt tabakaları gibi eriyebilen birimlerin varlığı havzada sıvılaşma, çökme, karstlaşma gibi sorunlara yol açmaktadır. Aynı zamanda yağış miktarındaki azalmalar yeraltı sularını etkilemekte, yeraltı sularında gerçekleşen kuraklık doğal çevreye zarar vererek obruk oluşumlarına bağlı olarak zemin göçmeleri, yüzey yarıkları ve yüzey deformasyonlarına neden olmaktadır. Yeraltı suları ile doğrudan ilişkili olan geçirimli kayaçlar ise depolama, taşıma, suyu temizleme gibi özelliklerinden (Şener ve Taştekin, 2019) dolayı jeolojik eşik unsurlarındadır. Zemin geçirimliliği nedeni ile mevcutta üzerinde yer seçen yanlış arazi kullanım kararları sonucu yeraltına su sızması meydana gelmektedir. Beyşehir-Kaşaklı alt havzasının batı bölgeleri, Karapınar çevresi, ova tabanları havzanın geçirimsiz bölgeleri ve jeolojik açıdan eşik alanlardır. Katı atık depolama sahaları, atık su arıtma tesisleri, maden alanları gibi alan kullanım önerileri getirirken ve mevcut yanlış arazi kullanımlarına öneri plan kararları kurgulanırken eşik faktör göz önüne alınmalıdır.

Havzada aktif faylar sismik hareketlerinden kaynaklı zeminde kırık, çatlak, çökme riskleri barındırmaktadır. Günümüzde aktif ve yıkıcı deprem üretme riski olan 300 km uzanımlı Ecemiş Fayı ve 200 km uzanımlı Tuz Gölü Fay Zonu eşik analizi kapsamında çizgisel eşik olarak değerlendirilmiştir (TOB, 2023).



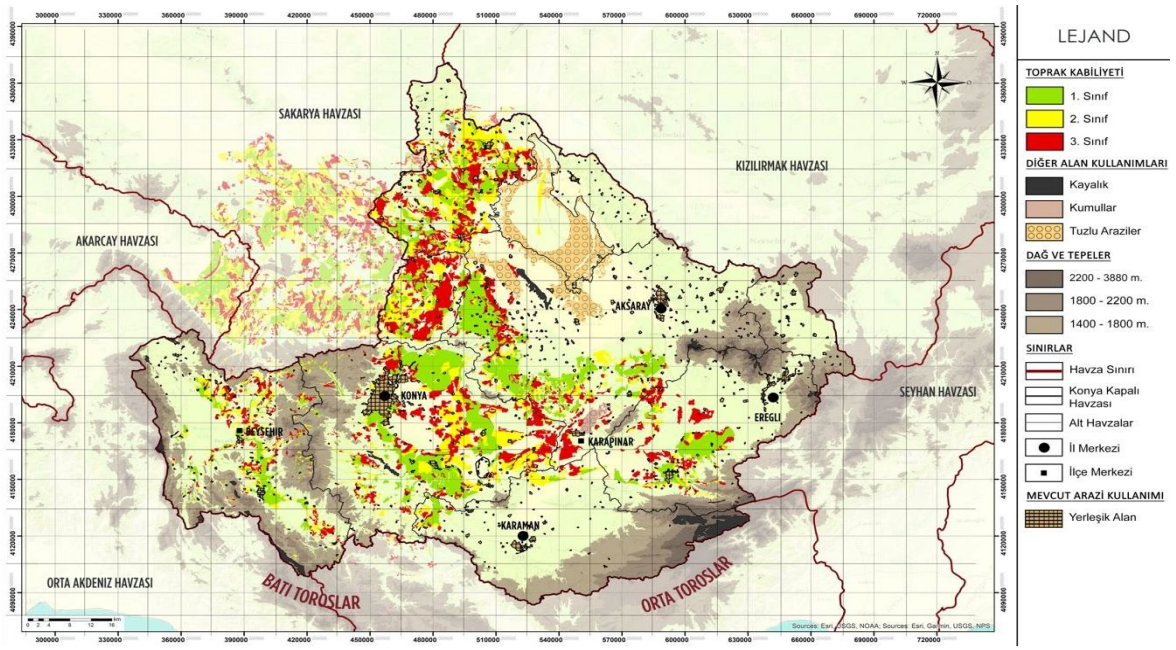
Şekil 6. Araştırma alanı jeolojik eşik analizi.

Sentripetal tipte yayılış gösteren akarsuların boyları, havzanın topoğrafik yapısı ve kapalı drenajı nedeniyle kısadır. Litolojik etkenlerden dolayı ova tabanındaki bataklıklarda kaybolmaktadır (Gedik, 2021). Bu yapısal özelliğe antropojen kaynaklı sorunlar ve meteorolojik kuraklık faktörleri dahil edildiğinde havza için 'su' kritik önem taşımaktadır. Bu nedenle hidrografik ağ bütünü, akuatik eşikler kapsamında ele alınmıştır (Şekil 7).



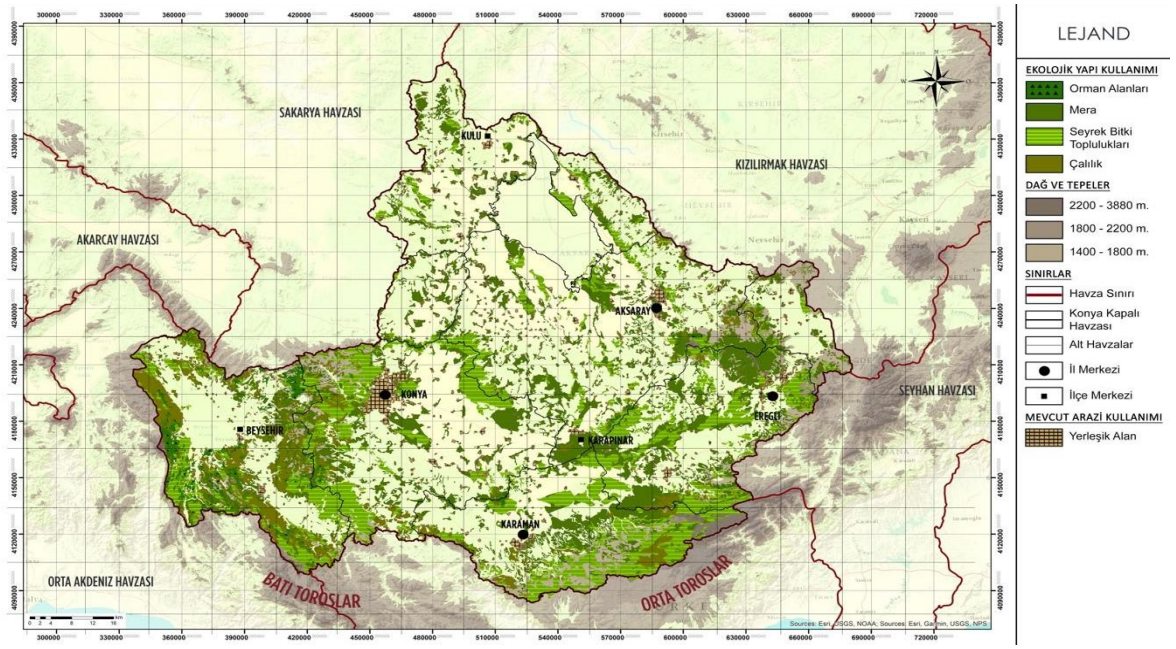
Şekil 7. Araştırma alanı akuatik eşik analizi.

Edafik eşiklerin ana unsuru, oluşumunun yıllarca devam etmesi ve yenilenmesi her koşulda mümkün olmayan bir doğal kaynak niteliğinde olan topraktır (Kantarcı, 1986). Yeni arazi kullanım ve planlama kararları getirirken önem arz eden, havzanın %53.8'ini oluşturan tarıma elverişli topraklar, edafik eşiklerin başında gelmektedir (Şekil 8). Bir diğer korunması gerekli ekosistem, endemizm değeri yüksek, tuzcul arazi olan Tuz Gölü ve çevresidir. Beraberinde değişken dinamiğe sahip, tarım arazilerini, yerleşim alanlarını ve ulaşım sistemini etkileyen kumul alanlar da edafik eşikler kapsamındadır. Karapınar bölgesinde yayılış gösteren, göl tabanındaki kumulların yüzeye çıkmasıyla havzada bölgesel eşik oluşturan bu alanlar %0.7'lik alan kullanımına sahiptir. Kayalık alanlar ise havzanın %1,1'inde yayılış göstermektedir. Morfolojik unsurların tepe noktalarında bulunmakta, doğrultuları ve eğilimleri duraylılık açısından önem arz etmektedir.



Şekil 8. Araştırma alanı edafik eşik analizi.

Bitki ve hayvan türlerinin yaşam alanları, orman, tarım alanları, endemik türlerin yaşam alanları, fundalık, çalılık gibi doğal varlıklar biyotik eşikler kapsamında ele alınmıştır. 1400 metreden başlayıp 2000 metreye kadar yayılış gösteren; suyun kalitesi, miktarı ve rejimi üzerinde etkiye sahip orman alanları havzanın geleceği için önemli yer tutmaktadır. Havzanın %5'inde yayılış gösterdiği tespit edilmiştir. Yine biyotik eşikler kapsamında analiz edilen, havzanın %35'inde yer seçen seyrek bitki toplulukları, rüzgâr hızının azalması sonucu iri tozları filtre etmesi, kumul alanlarda toprağı tutması ve kumul hareketlerini engellemesi açısından öneme sahiptir (Şekil 9).



Şekil 9. Araştırma alanı biyotik eşikler.

Konya Kapalı Havzası'nda doğal eşiklerin dikkate alınmasının temel amacı; planlama tanımından da hareketle, sürdürülebilirliktir. Çevresel eşiği Kozlowski (1985), 'ekosistemin özgün durum ve dengesine yeniden dönmekteki güçsüzlüğünün hemen ötesindeki duyarlılık sınırı' olarak tanımlamaktadır. Bu sınırın aşımı sonucunda ekosistemin hassas bölgeleri etkilenmekte ve önlenemeyen doğal peyzaj bozunumlarına yol açmaktadır. Bu nedenle eşik analizleri araştırma kapsamında sınırlayıcı faktör olarak ele alınmış ve havzadaki araştırma sorununa çözüm niteliğinde olan 'Ekolojik Temelli Master Plana' katkı vermesi öngörülmüştür.

4. Bulgular ve Tartışma

İç Anadolu Platosunun ana bölümünü oluşturan Konya Kapalı Havzası, içerdiği alt havzalar ve komşu havzalar ile ekolojik etkileşimi yüksek heterojen (içerdiği farklı ekosistemler ve çeşitli doğal yapı karakteristiği) bir bölgedir. Havzada gerçekleşen çeşitli doğal, karstik, fizyografik oluşumların yanında barındırdığı riskli alanları ile sistematik çevre etki değerlendirmesinin yapılması kaçınılmazdır.

Yapılan analizler sonucunda havzada artan nüfus sadece kent merkezinde yapılaşma baskısı oluşturmayıp içerisinde barındırdığı fizyografik, edafik, biyotik ve akuatik ögelerde de bozunuma yol açmaktadır. Sosyoekonomik analizler göstermektedir ki; nüfusu 2.866.105 olan havza, TÜİK 2040 nüfus projeksiyonu ile 3.981.496 kişi olacağı ön görülmektedir (TOB, 2023). Tarım sektöründen hizmet sektörüne dönüşüm geçiren Konya ili, artan nüfustan etkilenecek en önemli yerleşim yeridir. Tarımsal sanayi kimliği, çevre hinterlandından işgücü ve istihdam çekmesi, stratejik konumundan dolayı ülke içerisinde erişimin havza içerisindeki ulaşım akslarından sağlanması gibi beşerî faktörlerden dolayı havzanın doğal yapı kimliği olumsuz etkilenmektedir. Etkilenen doğal yapı ise barındırdığı makro ölçekten mikro ölçeğe kadar etkileşim halinde bulunduğu için havzanın herhangi kısmına yapılan müdahalede tüm hassas ekosistemler birbirinin bozunumuna yol açmaktadır. Örneğin havzanın %30'unda yayılış gösteren dayanıksız litoloji, geçirimliliği yüksek zeminler, yeraltı su seviyeleri ile obruk oluşumu arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Bu karstik oluşumlar hem tarımsal arazi kaybına hem de yerleşim yerlerini ve insan yaşamını tehdit eden unsurlardır.

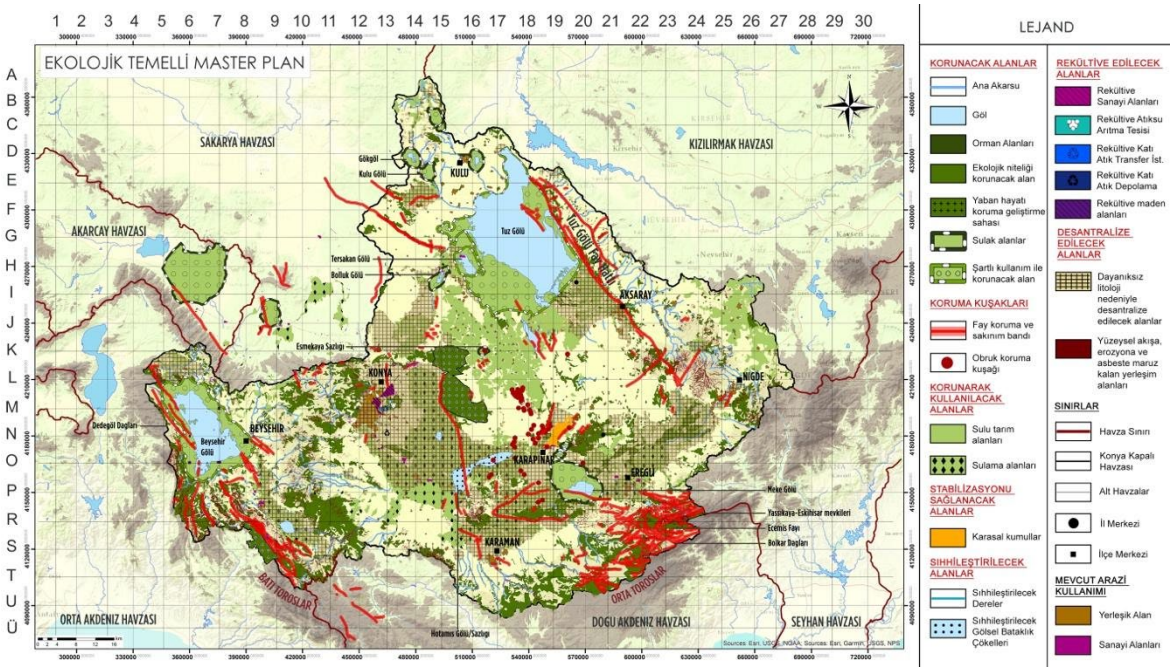
Araştırma alanında analiz edilen çoğu temel sorun havzadaki su dengesinin bozulmasından kaynaklanmaktadır. Havzanın almış olduğu yağmur suları ilk olarak yerüstü su ögelerinin seviyelerini yükseltmekte, ardından Obruk Platosuna yayılmaktadır. Platodan beslenen yerüstü ve yeraltı suları Tuz Gölü'ne ulaşmaktadır. Fakat bu su beslenim ve

boşalımı arasındaki hassas denge son 50 yılda bozulmuştur. Dönemsel olarak yağışlı mevsimlerde su seviyesindeki artışa karşın yeraltı su ve kaynakları devamlı olarak azalmaktadır. Son 33 yılda ortalama 14 metre azalmanın meydana gelmesi yeraltı sularının kontrolsüz kullanımından kaynaklanmaktadır (ÇŞB, 2014). Havzada bulunan kuyuların %67.5'inin belgesiz olması ve hızlı yayılış göstermesi sonucu ortalama akifer kalınlığı da göz önünde bulundurulursa yeraltı sularının gelecekteki kullanılabilirliği tehdit altındadır. Birbiri ile ilişkili olduğu diğer sorun ise tuzlanmadır. Buharlaşmanın da artmasıyla yeraltı su akiferlerinin tuzlanma oranı %32'ye ulaşmıştır. Tarımsal etkinlikleri etkileyen bu durum kuru tarım alanlarında sulu tarım yapma ısrarı sonucu ortaya çıkmaktadır. Toprak yapısına, sığlığına, derinliğine, drenajına, alanın litolojik yapısına bakılmadan, toprağa özgü ürün desen planı yapılmadan sadece sulu tarıma yönelme, beraberinde su ihtiyacını getirmektedir. Su ihtiyacının kontrolsüzce yeraltı kaynaklarından karşılanması da birçok ekosistem kaybına yol açmaktadır.

Hidrolojik kuraklığa bir diğer neden olan meteorolojik kuraklık ise havzanın temel doğal kaynaklı problemidir. Yarı kurak iklime sahip havza, düzenli ve yeterli yağış alamamaktadır. Bölge, düşen yağışları bitki yetiştirme dönemi dışında alması neticesinde en çok ihtiyaç duyulan aylarda ciddi kuraklığa ve verim düşüşüne maruz kalmaktadır. Beraberinde bölgede biyoçeşitlilik açısından öneme sahip sulak alan kayıplarına neden olmaktadır. Sulak alanlarda yüzey alanı kaybı ile çölleşen tabanlar ortaya çıkmakta, mikro klima değişmektedir. Tarımsal ve sanayi kaynaklı kirlilik ise sulak alanlarda su kalitesi sorununu beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla bozulmalara ve sorunlara rasyonel çözümler getirecek bir planlama modeline sahip olunması gerektiği açıktır (McHarg, 1981). Bu noktada Atabay (1989) ve Var'ın (2022) vurguladığı gibi, ekolojik temelli havza planlama yaklaşımı, ekolojik açıdan hassasiyet gösteren havzaların doğal kaynaklarıyla birlikte sürdürülebilirliğini ekolojik müdahale teknikleri ile sağlamakta; koruma-kullanma bağlamında yönetimini ele alarak ihtiyaçlara cevap niteliği taşımaktadır.

'İnsanoğlunun çevreyi kullanmadan; çevre bileşenleri üzerinde olumsuz etkide bulunmadan varlığını sürdürebilmesi olanaksızdır' (Turgut, 2009). Bu çerçeveden incelendiğinde Konya Kapalı Havzası'ndaki tüketim ve kullanımın doğal kaynak sınırlarını ve kapasitesini oldukça fazla aştığı tespit edilmiştir. Bozulan koruma-kullanma dengesinin yeniden sağlanması, plan kararları ve bağlı olduğu yasal mevzuatların elindedir. Bu doğrultuda yaşanan sorunlara çözüm olması ve ekolojik denge içerisinde doğal değerlerin korunarak kullanılmasının sağlanabilmesi amacıyla Konya Kapalı Havzası özelinde ekolojik temelli master plan önerisi getirilmiştir (Şekil 10). Analizlerde tespit edilen yanlış arazi

kullanım alanları, yasa dışı kullanımlar, tehdit altında olan noktasal, çizgisel ve bölgesel sorun arz eden tespitlere öneri kararlar getirilmiş ve belirli plan lejantında tanımlanmıştır. Bu kararlar: Korunacak alanlar, korunarak kullanılacak alanlar, koruma kuşağı oluşturulacak alanlar, rekültive edilecek alanlar, sıhhileştirilecek alanlar, desantralize edilecek alanlar, stabilizasyonu sağlanacak alanlar ve ağaçlandırılacak alanlar olarak müdahale edilmiştir.



Şekil 10. Konya Kapalı Havzası Ekolojik Temelli Master Planı.

Peyzaj onarım kararları ve biyolojik onarım teknikleri ile bozulan arazilerin ekolojik ve estetik değerlerinin yeniden kavuşturulması sağlanmış, araştırmanın sorunsal cümlesi olan 'Konya Kapalı Havzası bütününde, antropojen ve doğal unsur nedenli ekolojik bozulmalara çözüm niteliği taşıması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda ekolojik master planda alınan kararlar Çizelge 1'de listelenmiştir.

Çizelge 1. Konya Kapalı Havzası Ekolojik Temelli Master Plan kararları.

1. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Bolkar Dağları'nın kuzey yamaçlarında bulunan kırsal yerleşim alanları (Halkapınar-Ereğli).	Eğimin %25'in üzerinde olduğu ve erozyon şiddetinin yüksek olduğu kuzey bakı yamaçlarında; yağışın yüksek dönemlerinde yüzeysel akışın fazla olmasından dolayı yerleşim alanları sular altında kalmakta, beraberinde dağ eteklerindeki asbestli toprak, yağış ve rüzgârla kırsal yerleşim alanlarına ulaşmaktadır.
Müdahale Biçimi: Desantralize Edilecek Alan, Ağaçlandırılacak Alan S22-24, T22-24 koordinatlarında bulunan, fizyografik etkenlere, toprak bozunumu ve kirliliğine maruz kalan sorunsal alandaki kırsal yerleşim alanları desantralize edilerek, analizlerde belirtilen litolojik açıdan risk içermeyen alanlara taşınmalıdır. Belirtilen kuzey yamaçlarda yöreye özgü toprağı tutan bitkiler ile ağaçlandırma çalışmaları önerilmektedir.	
2. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**

Konya, Karaman, Karapınar ve Ereğli mevkileri.	Zeminde ince kum ve silt tabakaları gibi eriyebilen birimlerin, alüvyonların, analizlerde belirtilen dayanıksız litolojilerin yayılış gösterdiği alanlarda zeminde sıvılaşma, çökme, şişme gibi riskleri barındırmaktadır.
Müdahale Biçimi: Desantralize Edilecek Alan Havzanın %30'unu oluşturan, analizlerde 'dayanıksız litoloji' lejantı gösterimine sahip bölgelerde yer alan yerleşim alanlarının desantralizasyonu sağlanmalı ve analizlerde belirtilen litolojik açıdan risk içermeyen alanlara taşınmalıdır. Bölgenin doku ve özelliklerine uygun restorasyon ve iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır. Bölgenin arazi kullanımında ve uzun vadeli planlamasında, bölgenin jeoteknik ve hidrojeolojik değerlendirmeleri büyük önem taşımaktadır.	
3. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Kaşınhanı	Havzanın %30'unda yayılış gösteren litolojik açıdan uygun olmayan zeminle birlikte geçirimli arazide yer seçen Kaşınhanı Katı Atık Depolama Tesisi, hâkim rüzgâr yönüne ters konumlandırılması ve bertaraf işlemleri sırasında ortaya çıkan kirlilik ve tozuma ile yakın yerleşim alanlarını olumsuz etkilemektedir.
Müdahale Biçimi: Rekültive Edilecek Alan Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğine göre yer seçim kriterleri, yönetmeliğin 4. Bölümünde belirtilmiştir. Mevzuatta yer alan jeolojik durum, hâkim rüzgâr yönü ve yerleşim yerlerine olan mesafesi açısından mevzuata uymamaktadır. Bu doğrultuda N13 koordinatında bulunan katı atık depolama sahası rekültive edilmelidir. Ardından biyolojik onarımı gerçekleştirilen alanın rekreasyon amaçlı kullanılması mümkündür.	
4. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Karapınar kent merkezi güneybatısında bulunan Sakyatan mevki.	Eski göl tabanı olan ve taban malzemenin kuruyup yüzey üstüne çıkması, bölgedeki şiddetli rüzgârın taşıması sonucu büyüyen kumul alanlar doğal dengesini kaybetmiştir. Hareketli kumul özelliği göstererek çevresindeki yerleşim alanlarını ve tarım arazilerini tehdit ederek verimliliği düşürmektedir.
Müdahale Biçimi: Stabilizasyonu Sağlanacak Alan Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği Madde 9 kapsamında kumul alanların doğal yapılarının bozulmaması gerekmektedir. O19-21, R19-21 koordinatlarında yayılan doğal dengesini kaybetmiş kumul alanların geçici ve kalıcı stabilizasyonu sağlanmalıdır. Yöreye uygun bitkilendirme ve alana özgü teknik önlemler alınmalıdır.	
5. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Karapınar'ın kuzeyindeki obruk yaylasında yayılış gösteren obruklar.	Eğimi az, zemininde kireçtaşı gibi suyu bünyesinde barındıran kayaç türlerinin yüzeye yakın kesiminde yer tutup kalın istif şeklinde birikmesi sonucu oluşan mevcut obruk noktalarının yakınlarında yerleşim alanları bulunmakta ve çevresinde tarımsal faaliyetlere devam edilmektedir.
Müdahale Biçimi: Koruma Kuşağı L17-19, N17-19 koordinatlarında yayılış gösteren her obruğun litolojik yapısı ve karakteri analiz edilmeli, gelecek risk projeksiyonları ortaya konulmalı ve elde edilen sonuçlara göre obruk dış çizgisinden itibaren koruma kuşakları oluşturulmalıdır. Bu alanlarda yapılaşma yasağı getirilmeli ve tarımsal faaliyetlere devam edilmemelidir. Oluşturulması önerilen bu koruma kuşağı, obruğun oluşmasını engelleyecek bir çözüm niteliği taşımıyor olup, yakın mesafede ele alınan bir önlem niteliğindedir.	
6. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Tuz Gölü Fay Hattı (E18 ve L23 koordinatları, Ecemiş Fay Hattı (S22, S24, T22, T24 koordinatları)	Havzada çizgisel eşik oluşturan, aktif ve yıkıcı deprem üreten Tuz Gölü ve Ecemiş Faylarının oluşturduğu sismik hareketler ve zemin litolojisinden dolayı zeminde kırık ve çatlaklar oluşmaktadır. Böylelikle obruk oluşumlarını tetiklemekte, hidrografik ağlarda değişime neden olmaktadır. Fay hatları üzerindeki kırsal ve kentsel yerleşim alanları açısından risk oluşturmaktadır.
Müdahale Biçimi: Koruma Kuşağı Fay hatlarının mukavemet analizleri ve zemin litolojisine göre fay koruma ve sakınım bantlarının oluşturulması önerilmiştir. Bu alanlarda yapılaşma yasağı getirilmelidir. Fay hattının geçtiği yerleşimlerde deprem riski yapılaşmada dikkate alınmalı, alüvyon alanların yapılaşmaya açılması yerine pasif yeşil alan olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.	
7. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Havza bütününde yayılış gösteren 62.120 adet belgesiz kuyular.	Yeraltı sularının aşırı tüketimine sebep olan belgesiz kuyuların havzada kontrolsüzce yayılması sonucu havzada su dengesinin bozulmasına neden olmaktadır.
Müdahale Biçimi: Koruma Kuşağı	

167 sayılı Yeraltı Suları Kanunu ve Su Tahsisleri Hakkında Yönetmelik çerçevesince, belgesiz kuyu açılımları önlenmelidir. Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik'e göre içme ve kullanma suyu olarak yeraltı suyu temin edilen kuyularda koruma alanları bulunmaktadır. Fakat yalnızca içme suyu amaçlı kuyularda değil, havza genelinde tarımsal sulama amaçlı açılan kuyularda da koruma kuşakları oluşturulmalıdır. Yönetmelikte madde 13'te yer alan 'mutlak koruma alanını çevreleyen birinci derece koruma alanının büyüklüğü yerel şartlar dikkate alınarak SYGM tarafından tespit edilmesi ve gerektiği hallerde, ikinci veya üçüncü bir koruma alanı oluşturulması ve bu bölgeler için genel koruma tedbirlerine ilave özel koruma şartları belirlenmesi' ibareleri, havzadaki tarımsal amaçlı kullanılan tüm kuyular için geçerli olması gerekmektedir.	
8. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Tersakan Gölü	Birçok kuş türüne ev sahipliği yapan ve suları tuzlu olan Tersakan Gölü'nde yoğun tuz üretiminin yapılmasından dolayı göl %90 oranında kurumuştur. Sulama kanalından göle deşarj olunması sonucu göl kirlenmekte ve tuzluluk oranını düşürmektedir.
Müdahale Biçimi: Korunacak Alan H16 koordinatında bulunan göl; mevcutta doğal sit alanı, özel çevre koruma alanı ve önemli doğa alanı gibi koruma statülerine sahiptir. Fakat 'Korunan Alanların Tespit Edilmesi ve Yönetmeliğinde' belirtilen kontrollü kullanım esaslarına göre düşük yoğunlukta üretim yapılmalı ve ekosistem korunumunun ön planda olması gereklidir. Mevcutta korunup kullanılan bu alan sadece korunacak alan statüsüne alınmalıdır.	
9. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Tuz, Meke, Tersakan, Samsam, Kozanlı, Kulu ve Beyşehir Gölleri, Eşmekaya Sazlığı, Hotamış Gölü	Havzadaki sulak alanların ortak sorunu tarımsal faaliyetler sonucu ilaç ve gübreli yoğun kirlenmiş suyun ana tahliye kanalları ile taşınırken sulak alanlara verdiği kirliliktir. Kirlilik sonucu kuruyan sulak alan tabanları çölleşmekte, açığa çıkan turbalıkların sökülmesine neden olmaktadır. Hotamış Gölü bu nedenle günümüzde tamamen kurumuş durumdadır. Su kotundaki değişim ötrifikasyon artışını beraberinde getirmektedir. Bölgelerin mikro kliması değişmekte, beraberinde ürün kalite ve rekoltesinin düşmesine neden olmaktadır.
Müdahale Biçimi: Korunacak Alan, Sıhhileştirilecek Alan Özel çevre koruma bölgesi olan Tuz Gölü (G18), milli park ve doğal sit alanı olan Beyşehir Gölü (N7), doğal sit alanı ve özel çevre koruma statüsünde olan Tersakan Gölü (H16), Ramsar kapsamında olan Meke Maarı (P20), doğal sit alanı ve özel çevre koruma alanı olan Eşmekaya Sazlığı (K16), doğal sit alanı olan Gökgöl (D14) ve özel çevre koruma alanı kapsamında olan Kulu Gölü (E14), bu bozunuma maruz kalan hassas ekosistemlerdir. Koruma statüleri bu noktada önem taşımaktadır. Ekolojik master plan kapsamında mutlak korunacak alan olarak belirlenmiştir. Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği ve Su Kirliliği Yönetmeliği kapsamında, sulak alanlardaki kimyasal yayılım kontrol altına alınmalıdır. Hotamış Gölü'nün ise sulak alan özelliğinin geri kazandırılması için ekolojik projelerin yürütülmesi gerekmekte, doğal sit alanı statüsüne sahip alanda sıhhileştirme çalışmaları yapılması gerekmektedir.	
10. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Havza bütününde yayılış gösteren tarımsal araziler.	Kuru tarım arazilerinde sulu tarım yapma ısrarı sonucu toprakta organik madde düzeyleri azalmış, toprakların aşırı ve yoğun kullanımı, ekim nöbeti eksikliği sonucu bitkilerde besin elementi eksikliklerine neden olmaktadır.
Müdahale Biçimi: Korunarak Kullanılacak Alan İklimin ve toprak özelliklerinin kuru tarıma elverişli olmasına rağmen bu alanlarda gerçekleştirilen sulu tarım faaliyetleri sonucu ve suyun gereğinden fazla kullanılması temel problemdir. Toprak özelliklerine göre tarımsal ekim desen planları yapılmalıdır. 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu ve Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması ve Planlanmasına dair uygulama talimatları çerçevesinde, sulu tarım alanları korunup, toprak özelliklerine göre şartlı kullanım alanı olarak belirlenmelidir.	
11. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Beyşehir Gölü kıyısındaki mermer ocakları, Konya kent makroformunun kuzey çeperinde tarım arazileri içerisinde bulunan taş ve mermer ocaklarıdır.	Tarım alanları ve sulak alanlara yakın konumlanan maden ocakları havza ekolojisi için sorun teşkil etmektedir. Havzanın temel içme ve sulama kaynağı olan Beyşehir Gölü'ne madeni atıklar karışmaktadır.
Müdahale Biçimi: Rekültive Edilecek Alan	

O7, O6, M7, N6, M12 koordinatlarında yer seçen maden ocakları rekültive edilmelidir. Beyşehir sulak ekosistemini ve verimli tarım arazileri sağlığını tehlikeye atan bu mevcut arazi kullanımları, rekültive sonrası biyolojik onarım teknikleri ile iyileştirilmeli; alanın ağaçlandırma, gölet, rekreasyon gibi amaçlarla kullanılması mümkündür.	
12. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Tuz Gölü ve çevresi	Tuz Gölü'nde yoğun tuz çıkarma süreçleri sırasında göle dışardan kimyasal maddelerin karışması sonucu gölün yapısında değişiklikler meydana gelebilmekte; sulama kanalları ile göle kirli su drene edilmesi ve su seviyesindeki azalma ile göl yeterince beslenememekte, göldeki halofit ekosistem ve Bern ile CITIES sözleşmelerinin eklerinde listelenmiş endemik türler tehdit altındadır.
Müdahale Biçimi: Korunacak Alan 1. derece doğal sit ve özel çevre koruma alanı statüsünde olan Tuz Gölü (G18) mevcutta korunarak kullanılan alan konumundadır. Ekolojik master plan dahilinde bu sulak alan, korunacak alan olarak belirlenmiştir. Geçmişten günümüze Tuz Gölü koruma sınırlarının değişmesi ve beraberinde yayılış gösteren tuz üretim tesislerinin yeniden koruma alan sınırları dışında yer seçmesi önerilmektedir. Yalnızca tuz çıkarımının yapılabileceği bu alanlar şartlı kullanım ile korunacak alan olarak belirlenmiştir. Mevcutta göle verdiği zararlar ise, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Atık Suların Deşarj Yönetmeliği kapsamında, kirletici faktörler kontrol altına alınmalıdır.	
13. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Beyşehir Gölü, Eşmekaya Sazlığı, Kozanlı (Gökgöl) Gölü	Havzada sazlık alanlarda görülen ortak sorun kesimdir. Selüloz fabrikalarında hammadde olarak kullanılmak üzere kesilen sazlıklar, sulak alanların filtrasyonunu sağlamaktadır. Kontrolsüz kesim gerçekleşmekte, tahribat meydana gelmektedir.
Müdahale Biçimi: Korunacak Alan N7, K16 ve D14 koordinatlarındaki doğal sisteme yapılan müdahaleler, ekosistem unsurlarının karşılıklı etkilenmesine, bozunumun yayılmasına neden olmaktadır. Bu doğrultuda korunacak ekosistemlerin mutlak ve hassas koruma dereceleri belirlenerek koruma altına alınması gerekmektedir. Sulak Alanların Korunması Yönetmeliğine göre sazlık alanlarda kesim yapılmamalıdır.	
14. Sorunsal Alan	**Sorun/Tespit**
Beyşehir Gölü	Havzanın temel içme ve sulama kaynağı olan Beyşehir Gölü tabanında litolojisinden kaynaklı karstik kaçaklar meydana gelmektedir. Beraberinde gölden aşırı su çekimi de eklenince gölün su seviyesinde azalmaya neden olmaktadır. Su kotundaki değişiklikler ise ötrofikasyona neden olmakta, tarımsal alandan göle ulaşan zirai gübre kaynaklı azot ve fosfat da bu süreci hızlandırmaktadır.
Müdahale Biçimi: Korunacak Alan Havzanın temel içme, sulama kaynağı olan ve zengin biyoçeşitliliği ile korunması gerekli sulak alan olan Beyşehir Gölü (N7), ekosistemine özgü analitik çalışmalar ve teknikler ile hassas alanlarının tespit edilmesi gerekmekte ve uygunluk analizlerine göre mutlak koruma kuşaklarının belirlenmesi gerekmektedir. Yalnızca içme suyu amaçlı kullanılması uygun görülen, korunacak alan olarak belirlenmiştir.	

5. Sonuçlar

Değerlendirme ve öneriler doğrultusunda araştırmada ele alınan 'ekolojik temelli planlama' yaklaşımı; doğal kaynakları ele alış biçimi, koruma-kullanma dengesi gözetimi ile ekosistem ilişkilerinin analizi ve bulgulara dayalı kararların fiziki mekâna yansıtılmasıyla araştırma problemine çözüm niteliğinde bir yaklaşımdır. Ele alınan bu yaklaşım sonucunda gerçekleştirilecek planların daha kapsamlı, entegre, ekosistemler ile doğal değerleri bir bütün içerisinde değerlendirecek ve sorunlara rasyonel çözümler getirecek bir planlama modeli olacağı öngörülmektedir. Planlama modelinin müdahale aracı olan 'ekolojik temelli master plan' ise çalışmada izlenilen yöntemin sonuç ürünüdür.

Analizlerde ele alınan her bozunumun, ekosistem unsurlarına yapılan olumsuz müdahalede hassas dengenin bozulmasıyla diğer sistemleri etkilediği sonucuna varılmıştır. Sadece bir göle ya da akarsuya yapılan müdahale, yalnızca hidrografik döngüyü etkilememekte, beraberinde toprak sağlığını etkilemekte, jeolojik oluşumlara sebebiyet vermekte, habitatları ve biyoçeşitliliği tehdit altına almaktadır. Ele alınan doğal kaynaklı dezavantajlara antropojen kaynaklı baskıların ve ekonominin ekolojiden üstün tutulduğu planlama stratejilerinin de eklenmesiyle havzanın korunmaya değer işlevleri azalmakta, habitat parçalanmaları meydana gelmektedir. Bu doğrultuda doğal ve yapay çevre arasındaki dengenin 'koruma' stratejileri ile sağlanması gerektiği vurgulanmaktadır.

Politik sınırlardan ziyade doğal, fizyografik ve hidrolojik sınırlara dayanan ve içerdiği özgün ekosistemler ile heterojen yapıya sahip olan havzaların idari sınırları baz alan parçacıl mekânsal planlar yerine bütüncül-ekolojik plan çerçevesinde ele alınması gerekmekte ve standart koruma ölçütleri ve uygulamalarından kaçınılmalıdır. Standart koruma ölçütlerinin verilmesi havza ekosistemine aykırı olup; geçmişten günümüze değişim ve bozunum gösteren ekosistem unsurlarının kendi yapısına, mevcut potansiyeline, güncel sorununa bakılarak planlanması ve kendine has ölçütlerin belirlenmesi gerekmektedir. Havzadaki her fayın veya obruğun aynı sakınım bandına sahip olamayacağı gibi, her sulak alanın da diğerleriyle aynı ölçüde mutlak, kısa, orta ve uzun mesafede koruma kuşağına sahip olabilmesi mümkün değildir.

Bu nedenle havzanın korunmaya değer olan işlevlerinin bozulma ve kayıplarının nedenini ortaya koyarak, koruma yaklaşımının havza planlama sürecine dahil edilmesinin, ekolojik havza planları ile mümkün olacağı önerilmektedir. Böylelikle gerçekleştirilen çalışmanın, havzalara yönelik kurgulanacak planlara ve Konya Kapalı Havzası'na dair gerçekleştirilecek çalışmalara bilimsel çerçevede katkı sağlaması öngörülmektedir.

Kaynaklar

Atabay, S. (1989). *Peyzaj planlama, şehir ve bölge planlama bölümü ders kitabı*, YTÜ Matbaası, SP-372.18.89, İstanbul.

Atabay. S. (1998). *Ekolojik temele dayalı bölge planlamasına küreselleme açısından yaklaşım*, Ekolojik Temele Dayalı Bölge Planlama Uluslararası Sempozyum Kitabı, Editör: Prof. Dr. Semra Atabay, İstanbul.

Ateşoğlu, A., Arıkan, T. B., & Yıldız, S. (2019). Konya kapalı havzası orman, mera ve tarım alanlarının değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *21*(3), 821-832.

Basiago, A. D. (1999). Economic, social and environmental sustainability in development theory and urban planning practice. *The Environmentalist 19*, 145-161.

Bekci B. (2021). A case study on the interdependence between the coastal ecosystem and humankind. *Ocean & Coastal Management*, *210*(3), 105666.

Biricik, A. (2014). Büyük Konya Kapalı Havzası ve Hotamış Gölü. *Türk Coğrafya Dergisi,* (27), 41-57.

Bozyiğit, R., & Güngör, Ş. (2013). Konya Ovasının toprakları ve sorunları. *Marmara Coğrafya Dergisi,* (24), 169-200.

Coşkun, S. (2020). Tuz Gölü, Konya Kapalı Havzalarında ortalama sıcaklık, yağış ve akım verilerinin trend analizi. *Coğrafya Araştırmaları*, 1-13.

Devlet Su İşleri (DSİ) 4. Bölge Müdürlüğü. (2023). Konya Kapalı Havzası kuyu verileri. Konya.

Diri, M. (2018). 'Konya Kapalı Havzası yüzeysel su kalitesi değişiminin izlenmesi'. Yüksek Lisans Tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Gedik, F. (2021). 'Konya Kapalı Havzası'nda yeraltı suyunun değişimi ve kuraklık analizi'. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale.

Kantarcı, D. (1986). Genetik toprak sınıflandırmasının ana konuları 1. ayrışma ve oluşum olayları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University,* 32-44.

Kantarcı, M. D., Özel, H. B., Ertekin, M., Kırdar, E. (2011). Konya-Karapınar kara kumulu ağaçlandırmalarında kullanılan altı ağaç türünün bozkır yetişme ortamına uyumu konusunda bir değerlendirme. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *13*(19), 107-127.

Kozlowski, J., & Hughes J.T. (1972). *Threshold analysis.* New York: Halsted Press.

Kozlowski, J. (1985). Threshold approach in environmental planning. *Ekistics, 52* (311) 146-153.

Küçükali, U. F., & Atabay, S. (2013). Havzaların fiziki planlamasına ekolojik yaklaşım. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi,* (1), 180-183.

McHarg, I. L. (1969). *Design with nature.* New Jersey: Natural History Press.

McHarg, I. L. (1981). Human ecological planning at Pennsylvania. *Landscape Planning, 8*(2), 109-120.

Ndubisi, F. (2002). *Ecological planning- a historical and comparative synthesis*, London: The Johns Hopkins University Press.

Oakes, H., & Arıkök, Z. (1954). *Türkiye umumi toprak haritası*. Ankara: T.C. Ziraat Vekaleti Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü.

Ökten, S. (2016). Konya Havzasında su yönetimi konusunda önemli duraklar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 3*(6), 73-92.

Özer, A. Ö., Arapkirlioğlu, K., & Erol, C. (1996). *Plancı gözüyle kalkınma, çevre ve çevresel etki değerlendirmesi.* Ankara: TMMOB Şehir Plancıları Odası ÇED Komisyonu Birinci Kitap.

Roberts, N. (1983). Age paleoenvironments and climatic significance of Late Pleistocene Konya Lake, Turkey. *Quaternary Research*, *19,* 154-171.

Steiner, F., & Brooks, K. (1981). Ecological planning: A review. *Environmental Management, 5*(6). 495-505. https://doi.org/10.1007/BF01866722

Şener, Ş., & Taştekin, N. (2019). Beyşehir (Konya) Ovasının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelemesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(3), 647-661.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü. (2014). *Tuz Gölü özel çevre koruma bölgesi yönetim planı 2014-2018.* Ankara.

T.C. Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı KOP. (2023). *KOP bölgesi sosyoekonomik göstergeler.* Ankara.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı. (2023). *Konya Havzası kuraklık yönetim planının güncellenmesi projesi, Konya Havzası kuraklık yönetim planı nihai raporu*. Ankara.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2015). *Konya Havzası kuraklık yönetim planı.* Ankara.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020). *Konya Kapalı Havzası taşkın yönetim planı stratejik çevresel değerlendirme raporu.* Ankara.

Turgut, N. (2009). *Çevre politikası ve hukuku*. Ankara: İmaj Yayınevi.

TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü. (2010). *Havza koruma eylem planlarının hazırlanması Konya Kapalı Havzası.*

TÜİK (2013). İllere Göre GSYİH Veri Tabanı. Erişim adresi http://tuikapp.tuik.gov.tr/ulusalhesapapp/ulusalhesap.zul?tur=2. Erişim Tarihi: 15.06.2024

TÜİK (2021). Nüfusun İllere, İlçelere Göre Dağılımı. Erişim adresi https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1. Erişim Tarihi: 18.06.2024

Üstün, A., Tuşat, E., & Abbak, R. A. (2007). *Konya Kapalı Havzasında yeraltı suyu çekilmesi ve olası sonuçların jeodezik yöntemlerle izlenmesi.* 3. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 52-61, Konya: Selçuk Üniversitesi.

Var, M. (2022). Havzalarda Ekolojik Temelli Planlama. YTÜ, Kaynak Analizi ve Peyzaj Planlama Ders Notları (Basılmamış), İstanbul.

Yavuz Özdemir, F. (2004). 'Beyşehir Gölü sulak alanlarının ekolojik yerleşim planlaması açısından incelenmesi'. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Yavuz, F. (2011). 'Katılımcı havza planlaması ve yönetimi: Beyşehir Gölü Havzası'nda kritik başarı faktörlerinin değerlendirilmesi'. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp.646-672
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1694206

The Extinction Trajectory of the Crimean Juniper (*Juniperus excelsa*) Species in Central Anatolia Under Global Climate Change

İç Anadolu'daki Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa*) Türünün Küresel İklim Değişikliği Altında Yok Oluşa Sürüklenişi

Ahmet ACARER[1]

Abstract

The Crimean juniper (*Juniperus excelsa*) species belonging to the Juniperus genus, which is a species native to various harsh environments, exhibits remarkable resilience, especially in droughts. However, due to changing climate conditions on a global scale, Crimean juniper distribution is at a critical junction. This study aims to delineate both the current and potential distribution models of Crimean juniper in the Central Anatolian region. To achieve this, the Maximum Entropy (MaxEnt) modelling approach was employed, incorporating environmental and climatic variables from the Chelsa dataset. The model results identified mean annual air temperature, elevation, precipitation of the driest month, and roughness index as key contributors to the species current distribution. The model demonstrated strong performance, with an AUC of 0.888 for the training dataset and 0.792 for the test dataset, classifying it as a "good model". In this context, simulations were conducted for the years 2070 and 2100 under three different scenarios (SSP1-2.6, SSP3-7.0, and SSP5-8.5), based on the current distribution map of Crimean juniper. The simulation outcomes indicated that by 2070, the species' distribution will experience significant decrease and fragmentation, with the potential for near complete disappearance by 2100. In conclusion, this study underscores the detrimental impacts of global climate change on the distribution of Crimean juniper in the Central Anatolian region.

Keywords: Crimean juniper, Climate change, Geographical distribution, Maximum entropy, Modelling and mapping

Özet

Juniperus cinsine ait olan ve çeşitli zorlu ortamlara özgü bir tür olan Boylu ardıç (*Juniperus excelsa*) türü, özellikle kuraklıklarda dikkate değer bir dayanıklılık sergilemektedir. Ancak, küresel ölçekte değişen iklim koşulları nedeniyle, Boylu ardıç dağılımı kritik bir durumdadır. Bu çalışma, Orta Anadolu bölgesinde Boylu ardıçın hem mevcut hem de potansiyel dağılım modeli ve haritalanması ortaya koyulması amaçlamaktadır. Bunu başarmak için, Chelsa veri setindeki iklim ve çevresel değişkenlerin modellenmesini sağlayan Maksimum Entropi (*MaxEnt*) modelleme yaklaşımı kullanılmıştır. Boylu ardıç model sonuçları, ortalama yıllık hava sıcaklığını, yüksekliği, en kurak ayın yağışını ve pürüzlülük indeksini türün mevcut dağılımına önemli katkıda bulunanlar olarak belirlemiştir. Model, eğitim veri seti için 0,888 ve test veri seti için 0,792'lik bir AUC ile güçlü bir performans göstererek onu "iyi bir model" olarak sınıflandırmıştır. Bu bağlamda, Boylu ardıçın güncel dağılım haritasına dayanarak, üç farklı senaryo (SSP1-2.6, SSP3-7.0 ve SSP5-8.5) altında 2070 ve 2100 yılları için simülasyonlar yürütülmüştür. Simülasyon sonuçları, türün dağılımının 2070 yılına kadar önemli ölçüde azalacağını ve parçalanacağını, 2100 yılına kadar ise neredeyse tamamen yok olma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma küresel iklim değişikliğinin Orta Anadolu bölgesinde Kırım ardıcının dağılımı üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Boylu ardıç, İklim değişikliği, Coğrafi dağılım, Maksimum entropi, Modelleme ve haritalama

Received: 07.05.2025, Revised: 17.06.2025, Accepted: 18.06.2025
Address: [1]Sivas Cumhuriyet University, Koyulhisar Vocational School, Department of Forestry
E-mail: ahmetacarer@cumhuriyet.edu.tr

1. Introduction

Climate change has irreversible effects on natural resources such as forest ecosystems (Millar et al., 2007; Shakir Hanna, 2025). Therefore, important problems have been raised by researchers recently regarding global climate change (Akbaş et al., 2023; Gül and Esen, 2024; Gül, 2025; Moe, 2025). Despite the inherently natural dynamics of global climate change, its progression has been significantly altered by ongoing anthropogenic factors, diverging from its expected natural course (Jump and Peñuelas, 2005). Therefore, to predict the possible consequences of climate change, it has generally focused on the ecological characteristics of plant and wild animal species distributed in forest ecosystems (Dormann, 2007; Acarer and Mert, 2024; Tekeş and Özkan, 2024).

Forest ecosystems have many positive effects on issues such as protecting biodiversity and wildlife, as well as regulating the climate, increasing soil fertility, and preventing erosion (Brockerhoff et al., 2017; Mori et al., 2017). Therefore, humans have benefited from forest ecosystems both directly and indirectly to meet their nutritional, shelter and protection needs (Imbert et al., 2021). One of these benefits is the issue of non-wood forest products, the use and importance of which is increasing. Non-wood forest products, which are traded worldwide and have very high material value, contribute greatly to the economic situation of humans. Medicinal and aromatic plants, which have product potential especially for areas such as the food industry, cosmetics, medicine and pharmacy, are the most significant non-wood forest products that make significant contributions to the economies of countries (Özkan et al., 2015; Gülsoy and Çıvğa, 2016; Özdemir et al., 2020)

Juniper (*Juniperus* sp.,) genus, distributed in wide geographical areas, contain the tree species with the most important medicinal and aromatic plant potential (Gülsoy, 2015; Özkan et al., 2015). There are approximately more than 70 species of the Juniper genus in the world and are generally distributed in the northern hemisphere (Adams and Hagerman, 1977; Adams, 2014). In Turkey, the Juniper genus is represented by seven species (*Juniperus sabina, Juniperus phoenicia, Juniperus oxycedrus, Juniperus foetidissima, Juniperus excelsa, Juniperus drupacea, Juniperus communis*), the most common of which are Crimean juniper (*Juniperus excelsa*), Foetid juniper (*Juniperus foetidissima*) and Prickly juniper (*Juniperus oxycedrus*) species (Eliçin, 1977; Özdemir et al., 2020a; Tekeş, 2024). All these taxa are generally defined as “juniper” among the public and the Crimean juniper has the widest distribution area (Özkan et al., 2010a; Özdemir et al., 2020a). In Turkey, the boiled fruit extract of the Crimean juniper is widely used for colds, for the treatment of

gastrointestinal disorders, as an expectorant, as a diuretic to treat kidney stones, to treat calcification, and against urinary tract infections (Gulsoy et al., 2019).

Crimean juniper can be found in shrub form as well as in trees that can grow up to a height of approximately 8-30 m (Hall, 1984). It is distributed in different elevation, slope and aspect classes in Turkey. Crimean juniper, which cannot form pure stands, can be found in the lower layer of primary forest tree stands due to its shade tolerance. In general, Crimean juniper is one of the important plants of the Mediterranean and Central Anatolian hard-leaved forest and shrub vegetation. This species occupies rocky and stony slopes of mountains, that is, areas with low physiological depth and mostly sunny areas (Eliçin, 1977; Anşin and Özkan, 1993).

There are some studies on the composition of essential oils of Crimean juniper, which is distributed in wide geographical areas in Turkey, estimation of its potential distribution, antimicrobial activity of aqueous and methanol extracts, biogeography and genetic relationships of taxa, leaf anatomy of species, composition of essential oils, actual and potential distribution mapping (Doğan et al., 2011; Özdemir et al., 2020; Özcan et al., 2023).

Although Central Anatolia, one of Turkey's seven regions, is believed to host a significant distribution of Crimean juniper, there is currently a lack of research examining the effects of global climate change on the species in this region. Accordingly, the aim of this study was to assess the distribution of Crimean juniper under various temporal and climate change scenarios. For this purpose, the study employed environmental factors alongside climatic variables derived from the Chelsa dataset. Potential distribution maps of Crimean juniper under various current and future scenarios and time periods were created using the MaxEnt (Maximum Entropy) modelling approach.

2. Material and Method

2.1. Study area

Junipers, one of the primary forest trees in Turkey, have a wide distribution area. In terms of area covered, it ranks third in Turkey after the red pine and the black pine. Therefore, juniper species have an important place in forest ecosystems in terms of both area and wealth (Eliçin, 1997; Gulcu et al., 2005; Çıvğa, 2015). Based on this, Özcan et al. (2023) found that the current distribution of the Crimean juniper (*Juniperus excelsa*) species in the Central Anatolian region of Turkey is higher than in other regions. However, in this study only a large-scale (worldwide) study area was selected for species distribution and

environmental variables were not considered. Based on this, the Central Anatolia region, where Crimean juniper distribution is predicted to be high, constitutes the area of the study (Fig 1).

2.2. Crimean juniper (*Juniperus excelsa*) presence data

The presence data of Crimean juniper, which is estimated to be distributed in the Central Anatolia Region, were obtained from the GBIF (Global Biodiversity Information Facility) internet address (GBIF, 2025). The presence data downloaded on a world scale were resized to the Turkish scale. The coordinate system suitable for the recorded presence data was defined, and a total of 198 occurrence points for the target species (Crimean juniper) were visualized on the map using green markers. (Fig 1).

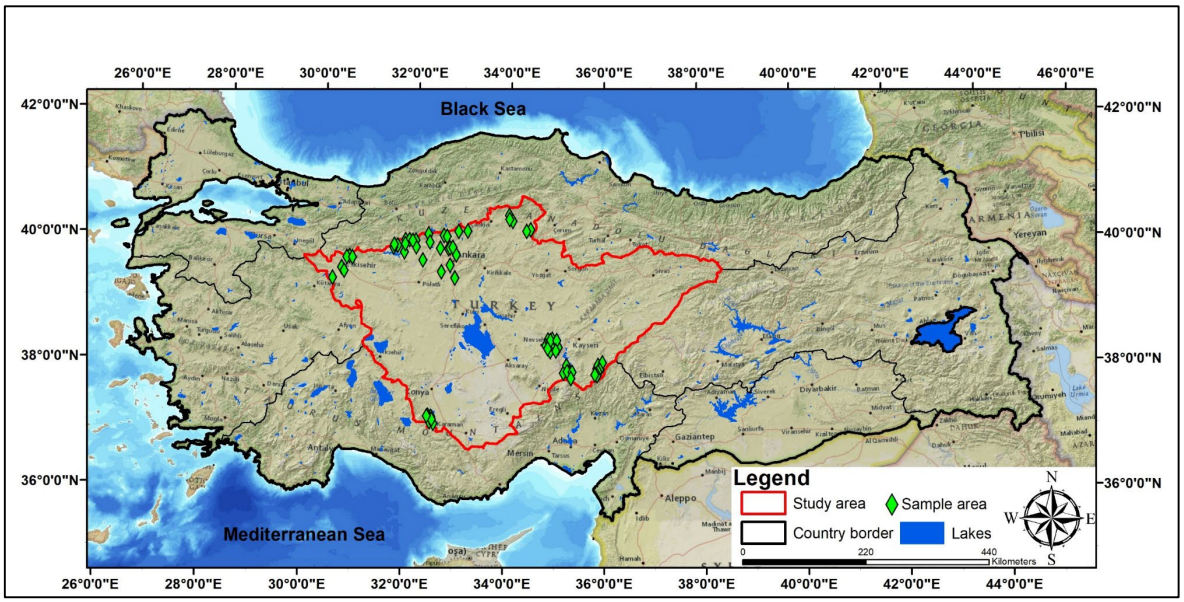


Figure 1. Location map of the study area and Crimean juniper (*Juniperus excelsa*) presence data.

2.3. Production of environmental and climatic variables

Model-based studies come to the forefront to determine the numerical actual and potential distribution areas of plant species distributed in forest ecosystems (Elith and Leathwick, 2009). Digital base maps need to be produced for model-based species distributions (Beery et al., 2021). The digital base maps to be generated should be aligned with the boundaries of the study area and standardized to the same spatial resolution and coordinate reference system. For this reason, a world-scale high-resolution digital elevation model was obtained from the https://www.usgs.gov/ internet address. Based on the digital elevation model of the study area, environmental variables of the study area were created

using the ArcGIS Pro software. Some of the environmental variables frequently preferred in plant species distribution modelling are as follows, and these variables were used in the modelling study: slope classes, landuse classification, topographic position, elevation (Tekeş et al., 2024a; Tekeş et al., 2024b), slope length and steepness factor, aspect, heat load, compound topographic, elevation classes, aspect classes, slope, ruggedness, roughness index, hill shade index, solar illumination and area solar radiation (Corsi et al., 2000; Saffariha et al., 2023).

Following the generation of environmental variables specific to the study area, the development of global climate variables was initiated. To project future changes in climate conditions at a global scale, a variety of climate models and scenarios have been proposed. Global Climate Models (*GCMs*) and Shared Socioeconomic Pathways (*SSPs*) serve as essential tools for forecasting potential shifts in the distribution of main species, such as Crimean juniper, under future climate conditions. GCMs simulate climate dynamics and provide projections of critical variables, including temperature and precipitation. Among the widely used sources of climate data, WorldClim and Chelsa are frequently utilized for current and future climate modelling. Chelsa offers high-resolution climate data for terrestrial regions, with temperature estimates derived through a statistical downscaling approach applied to atmospheric temperature profiles. The current CHELSA bioclimatic dataset, derived from High Resolution Climate Surfaces (version 2.1) available at https://chelsa-climate.org/, includes 19 bioclimatic variables generated through spatial interpolation of gridded historical climate data. The bioclimatic variables are as follows: Bio1 represents the mean annual air temperature, bio2 refers to the mean diurnal temperature range, and bio3 captures isothermality. Bio4 corresponds to temperature seasonality, while bio5 and bio6 are the mean daily maximum air temperature of the warmest month and the mean daily minimum air temperature of the coldest month, respectively. bio7 indicates the annual range of air temperature, and bio8, bio9, bio10, and bio11 represent the mean daily mean air temperatures for the wettest, driest, warmest, and coldest quarters, respectively. Regarding precipitation, bio12 denotes the total annual precipitation, while bio13 and bio14 represent the precipitation amount for the wettest and driest months, respectively. bio15 addresses precipitation seasonality, and bio16, bio17, bio18, and bio19 refer to the mean monthly precipitation amounts for the wettest, driest, warmest, and coldest quarters, respectively. (Brun et al., 2022; Karger et al., 2023). In addition, future climate (2070 and 2100) change projections from the CMIP6-based Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Earth System Model within the Chelsa climate model were used in the study. This projection

models biogeochemical cycles in conjunction with climate systems by incorporating advanced representations of land surfaces, atmosphere, seas, and oceanic ice. These high-resolution models are progressively refined in response to ongoing climate change within the Earth's system. Therefore, to assess both the current and potential distribution of Crimean juniper, three Shared Socioeconomic Pathways (*SSPs*) -specifically SSP1-2.6, SSP3-7.0 and SSP5-8.5- were integrated, each representing different future scenarios in two separate time periods: 2070 and 2100.

2.4. Modelling & Simulation process

For the current and future distribution modelling of Crimean juniper, the MaxEnt software (version 3.4.4) was employed, incorporating both environmental and climatic variables (Radosavljevic and Anderson, 2014). The MaxEnt modelling approach was chosen due to its ability to deliver the most accurate and reliable results even with a limited amount of presence data, making it superior to other species distribution modelling methods (Warren and Seifert, 2011). But before proceeding with the modelling study, high correlation between bioclimatic variables seriously weakens the reliability and interpretability of the model. In other words, using highly correlated variables together leads to multicollinearity problems, making it difficult to determine which variable is effective in the model and increasing the risk of overfitting. MaxEnt allows examining correlations between variables that may affect plant and wild animal distributions, such as environmental, climate and human factors. Thus, the negative effects of highly correlated variables on the suitability models are eliminated. Therefore, topographic and edaphic variables were used together with bioclimatic data in the modelling phase; possible distribution areas were estimated by establishing a relationship between these variables and the current distribution data of the species (Phillips et al., 2006; Süel, 2014; Ertuğrul et al., 2017; Kaya et al., 2025; Tekeş et al., 2025). To prevent overfitting and ensure the best model performance, cross-validation classification was applied. Additionally, the maximum number of background (bootstrap) points was constrained to 5,000 (Hernández et al., 2025). The default species distribution was utilized, with background point values set to 0.5 in areas lacking environmental and climatic data. In the current modelling of Crimean juniper, 80% of the dataset was designated for training, while the remaining 20% was reserved for testing. The training datasets were utilized to construct the model, while the testing datasets were employed to assess the accuracy of the model. In this regard, the performance of the MaxEnt model was evaluated based on both the training and testing datasets. Specifically, the evaluation of MaxEnt was carried out through the

receiver operating characteristic (ROC) curve and the area under the curve (AUC), using values from both the training and test datasets (Elith and Graham, 2009). Among these metrics, area under curve (AUC) is widely accepted due to its effectiveness in evaluating model accuracy as it is not affected by the threshold selection. It has been stated that for the area under curve value, model estimates below < 0.5 (AUC<0.5) are worse than random estimates, values between 0.5 and 0.7 (0.5<AUC<0.7) indicate poor model performance, values between 0.7 and 0.9 (0.7<AUC<0.9) indicate reasonable/good model performance, and values > 0.9 (0.9>AUC) indicate very good performance (Swets, 1988; Baldwin, 2009). Furthermore, the Jackknife analysis of the predicted model should be examined, with particular attention to ensuring that the individual contribution of each variable in this analysis does not surpass its overall contribution to the model. After the variables contributing to the formation of the model are determined in the Jackknife graph, the simulation process should be started (Shcheglovitova and Anderson, 2013). Among the environmental and climatic variables contributing to the target species distribution for the simulation, only the climatic variables need to be adjusted for different years and scenarios (Özdemir, 2018; Özdemir, 2020b; Özdemir, 2024). Because while some future climate changes can be predicted, it is very difficult to obtain clear information about environmental variables (such as floods, avalanches, forest fires, earthquakes). Consequently, the greater the number of climate variables incorporated into the model, the more accurate the predictions regarding the future impacts of global climate change will be.

3. Results and Discussion

3.1. Current distribution modelling and mapping of Crimean juniper

In this study, before starting modelling studies on the potential distribution of Crimean juniper (*Juniperus excelsa*), the correlation between climate variables was examined with the R Studio program to eliminate the problem of multicollinearity between bioclimates (Table 1). After determining that there was a high correlation between the climate variables, factor analysis was applied to reveal the most effective climate variables in the distribution of Crimean juniper. According to the Factor Analysis results, it was determined that 3 components among 19 climate variables explained the model as 98.003% cumulative and 11.365% variance (Table 2). These 3 significant components were found to be bio1 (0.983), bio14 (0.822) and bio19 (0.597), respectively (Table 3).

Table 1. The table showing the multicollinearity problem between the climate variables produced for the study area.

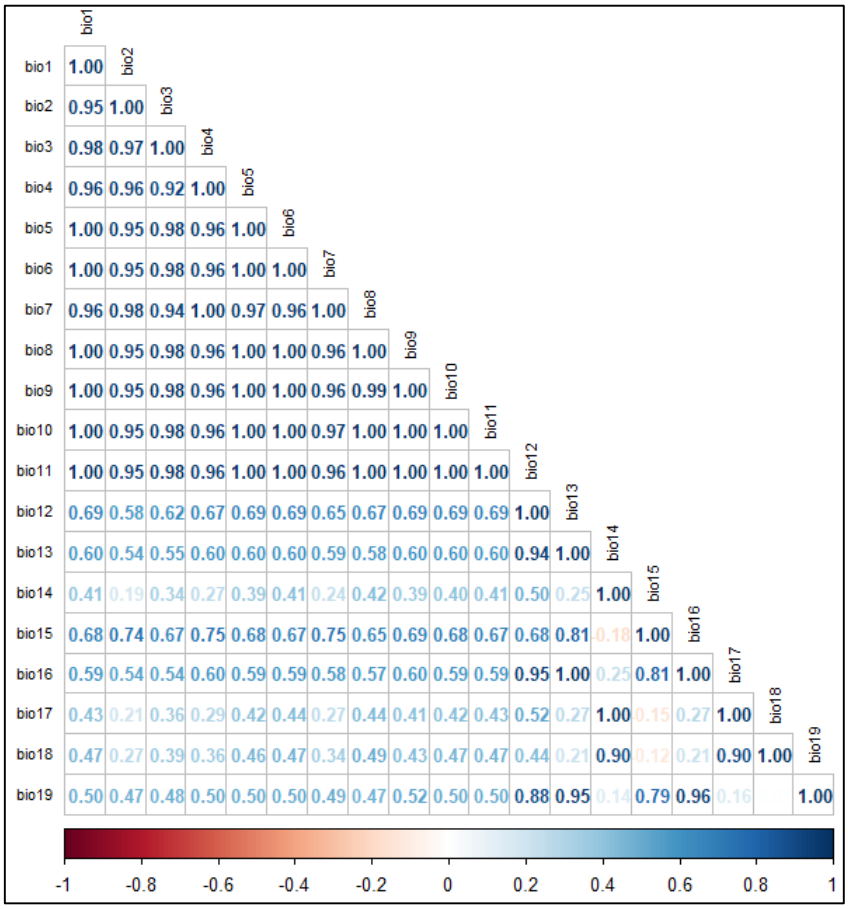


Table 2. Factor analysis results applied to bioclimate variables.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	13.604	71.600	71.600	13.604	71.600	71.600
2	2.857	15.038	86.638	2.857	15.038	86.638
3	2.159	11.365	98.003	2.159	**11.365**	**98.003**
4	0.193	1.016	99.019			
5	0.088	0.462	99.481			
6	0.051	0.270	99.751			
7	0.024	0.127	99.879			
8	0.011	0.058	99.937			
9	0.006	0.033	99.969			
10	0.003	0.015	99.984			
11	0.001	0.006	99.990			
12	0.001	0.004	99.994			
13	0.001	0.003	99.997			
14	0.000	0.002	99.999			
15	0.000	0.001	100.000			
16	0.000	0.000	100.000			
17	0.000	0.000	100.000			
18	0.000	0.000	100.000			
19	0.000	0.000	100.000			

Table 3. Representative variable selection results among bioclimate variables.

Component Matrix			
Variable	**Component**		
	1	**2**	**3**
bio1	**.983**	.065	-.176
bio2	.928	-.125	-.310
bio3	.950	.017	-.244
bio4	.953	-.069	-.210
bio5	.972	.053	-.181
bio6	.952	.070	-.172
bio7	.951	-.084	-.245
bio8	.975	.095	-.193
bio9	.967	.036	-.176
bio10	.961	.059	-.178
bio11	.940	.069	-.174
bio12	.810	-.056	.569
bio13	.736	-.324	.585
bio14	.424	**.822**	.359
bio15	.749	-.633	.087
bio16	.732	-.324	.593
bio17	.449	.808	.361
bio18	.465	.813	.192
bio19	.644	-.442	**.597**

After determining the climate variables that may influence the potential distribution of Crimean juniper, the MaxEnt algorithm, a widely used approach in species distribution modelling, was used. In this section, the accuracy level of the obtained model, the contribution rates of environmental variables to the species distribution, the spatial distribution of suitable habitats and the mapping of model outputs are presented in detail. The findings provide important information about the actual distribution limits of the juniper and are also guiding in terms of conservation of the species and ecosystem management. In this context, to accurately model the current distribution of Crimean juniper, which is native to the Central Anatolian region, a cross-validation classification approach was employed to minimize overfitting and improve model performance. Additionally, the maximum number of background (bootstrap) points was constrained to 5,000 to ensure computational efficiency and model reliability. In areas where there were no environmental and climatic variables, the default species distribution was adopted with 0.5 background point values. The modelling process was repeated until at least two different climate variables remained among the representative variables (Young et al., 2011).

Following the identification of appropriate spatial scales to accurately determine the actual distribution of Crimean juniper within the study area, modelling procedures were

initiated. The modelling process continued until at least two distinct variables remained in the final model. According to the results, the average omission rate graph exhibited a low standard deviation (0.0042) (Fig. 2), indicating model stability. The model with this low standard deviation achieved an AUC of 0.866 for the training dataset and 0.792 for the test dataset (Fig. 3). Based on the classification criteria proposed by Baldwin (2009) and Swets (1988), these AUC values indicate that the model performs within the "good" category.

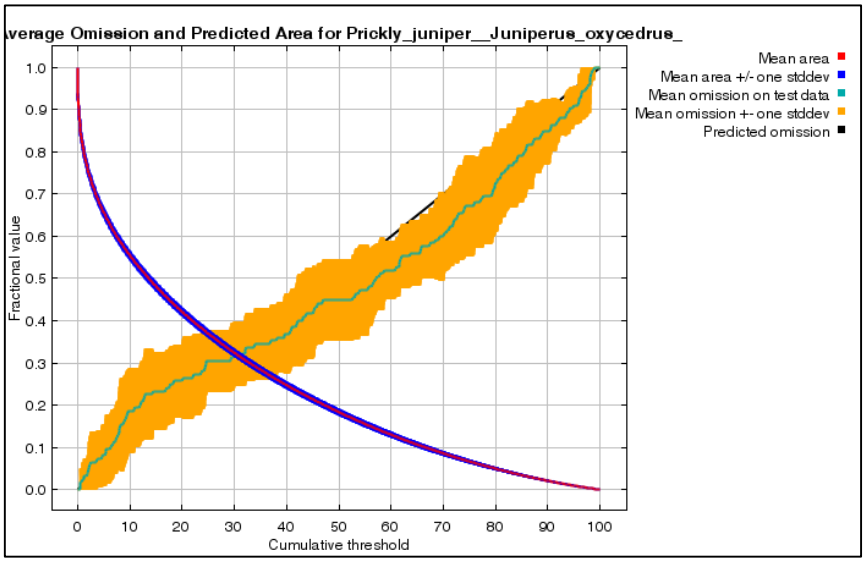


Figure 2. Average Omission graph of the current distribution model of Crimean juniper.

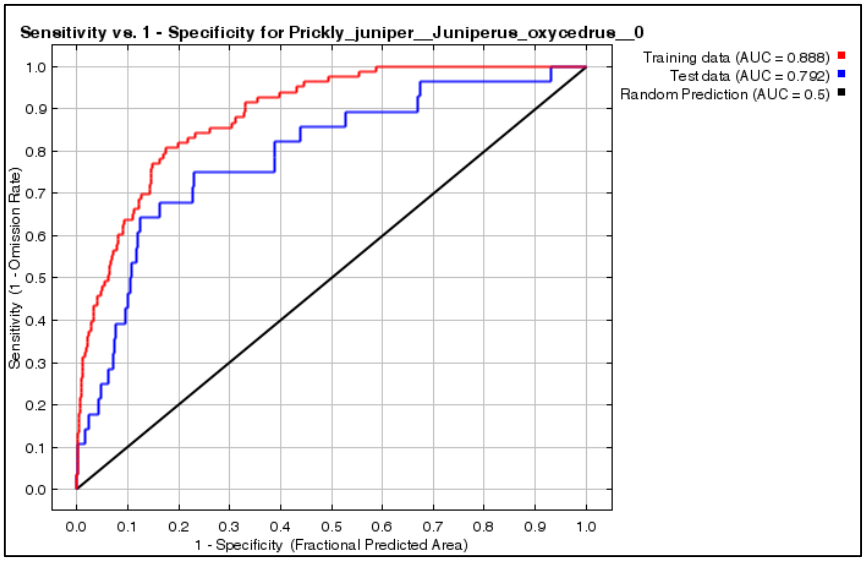


Figure 3. Training dataset AUC and Test dataset AUC of the current distribution model of Crimean juniper.

According to the jackknife results, the variables with the highest individual contributions to the model are, in order: mean annual air temperature (bio1), elevation (ykslti), precipitation of the driest month (bio14), and terrain roughness (rough_3) (Fig. 4).

The permutation importance values for these variables were calculated as follows: mean annual air temperature (bio1: 47.6%), elevation (ykslti: 24.5%), precipitation of the driest month (bio14: 14.1%), and roughness (rough_3: 13.8%).

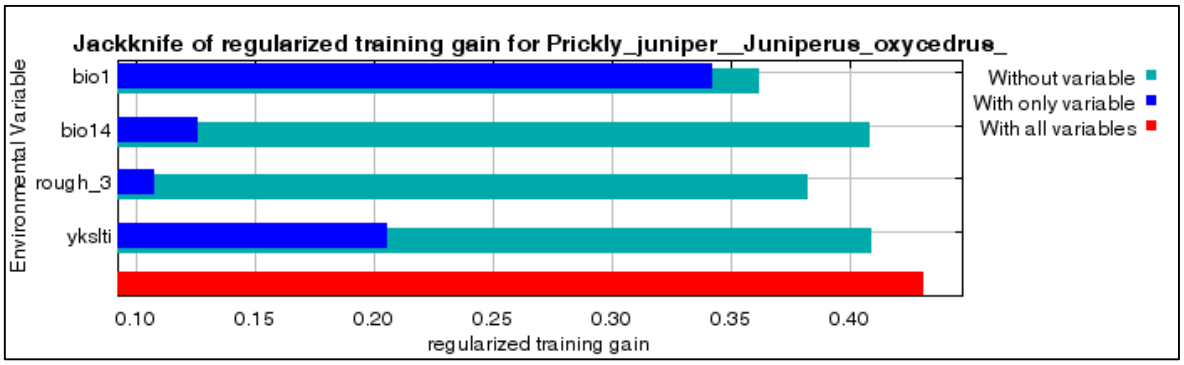


Figure 4. Jackknife graph of the current distribution model of Crimean juniper.

Following the evaluation of the jackknife analysis for the current distribution model of Crimean juniper, it is essential to examine the marginal response curves of the environmental and climatic variables contributing to the model. In this context, the variables that significantly influence the model are bio1 and bio14. Among these, mean annual air temperature (bio1) emerged as the most influential variable. According to the model, areas with mean annual temperatures between 28.2°C and 28.6°C (Fig. 5A), and with precipitation levels in the driest month ranging from 0 mm to 500 mm (Fig. 5C), exhibit a high probability of Crimean juniper occurrence. Bioclimatic variables such as temperature and precipitation are known to play a critical role in the distribution and ecological health of Crimean juniper (Adams et al., 2014; Özkan et al., 2010b; Özdemir et al., 2020a). This species typically thrives in regions characterized by a Mediterranean climate, with hot, dry summers and mild, wet winters. In this context, precipitation patterns and soil moisture availability are critical determinants of its growth and distribution (Cano-Ortíz et al., 2018). The relationship between these climatic variables and Crimean juniper is further complicated by local geomorphological features that can create microclimates that favour or inhibit its growth (Cano-Ortíz et al., 2021). Crimean juniper habitat selection is shaped by the annual thermal and precipitation regimes that define its bioclimatic envelope. High temperatures combined with limited precipitation in the driest month may create challenges related to water stress, affecting seed germination and plant health (Herrero and Zamora, 2014). Therefore, understanding specific thresholds for these bioclimatic variables aligns with the literature on habitat preferences and potential changes in distribution due to climate change.

Among the environmental variables contributing to the formation of the current distribution model of Crimean juniper, elevation and terrain roughness index were identified as significant. According to the marginal response curves, the species is most likely to occur at elevations between 800 and 1500 meters (Fig. 5B), and the probability of occurrence increases with higher roughness index values (Fig. 5D). Elevation is recognized as a key factor influencing microclimatic conditions that affect the distribution of Crimean juniper. The species is known to thrive at altitudes up to approximately 1600 meters above sea level and is frequently found on rocky terrains (Tundis et al., 2020; Cano-Ortíz et al., 2021). Additionally, it has been reported that Crimean juniper is distributed locally at elevations between 1000 and 1300 meters in colder zones of the Taurus Mountains in the Mediterranean region, as well as on the Central Anatolian plateau (Özkan et al., 2015; Özdemir et al., 2020a). As elevation increases, temperature fluctuations increase, creating environmental stress factors that force it to adapt more. In other words, high elevation causes lower growth rates due to physiological limitations resulting from lower temperatures and possible water restrictions during critical growth stages (Kutbay and Ok, 2003; Dakhil et al., 2021). Based on the roughness index variable, it has been suggested that Juniperus species exhibit a high resistance to cavitation, a critical trait for maintaining water transport under arid environmental conditions (Willson et al., 2008). This feature allows Crimean juniper to thrive in areas with surface irregularities and fluctuating water availability. Crimean juniper contributes to shrub invasion in meadows, which can affect biodiversity and habitat suitability. These encroachment dynamics, encouraged by the structural complexity of the habitat, allow Juniper excelsa to thrive while also changing the substrate species composition (Ninot et al., 2024).

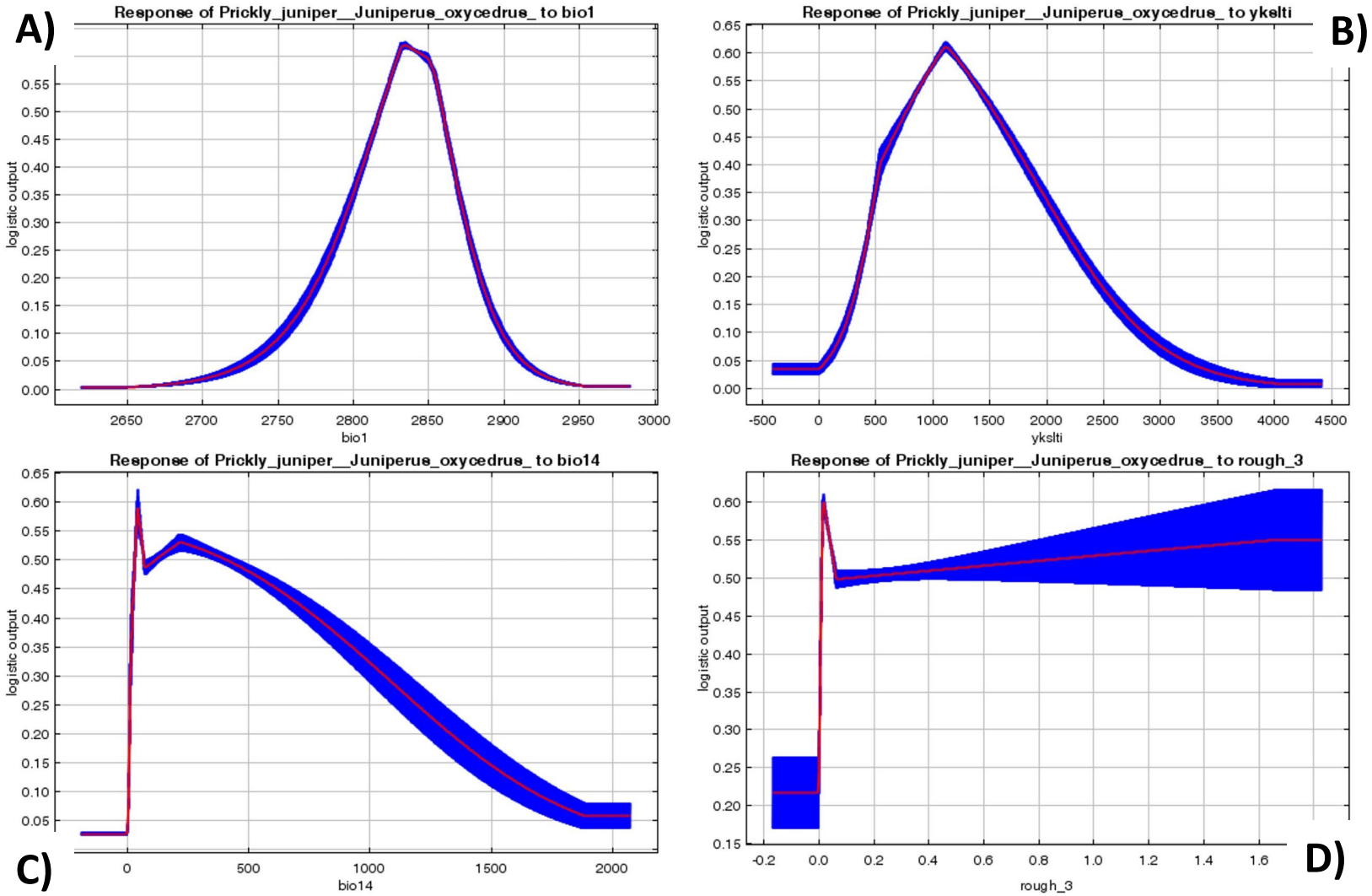


Figure 5. Marginal graphs of variables contributing to the current model of the Crimean Juniper: A) mean annual air temperature graph B) elevation graph, C) precipitation amount of the driest month graph and D) roughness index graph.

This study aims to identify the potential distribution areas of Crimean juniper (Juniperus excelsa) under both current and future climatic conditions, in line with previous research (Özcan et al., 2023). To this end, a current distribution model for Crimean juniper in the Central Anatolian region of Türkiye was developed, and the environmental variables contributing to the model were identified. Based on 198 presence records and the values of variables influencing the species' distribution, a current distribution map was generated using the MaxEnt modelling approach (Fig. 6). The results indicated that areas characterized by specific elevation ranges and terrain roughness were suitable for the species' distribution. These suitable habitats were primarily concentrated in the northern parts of the study area and in the southeastern section near the Mediterranean region. In contrast, the Salt Lake and its surrounding areas, located in the central part of the study region, were identified as unsuitable for the presence of Crimean juniper.

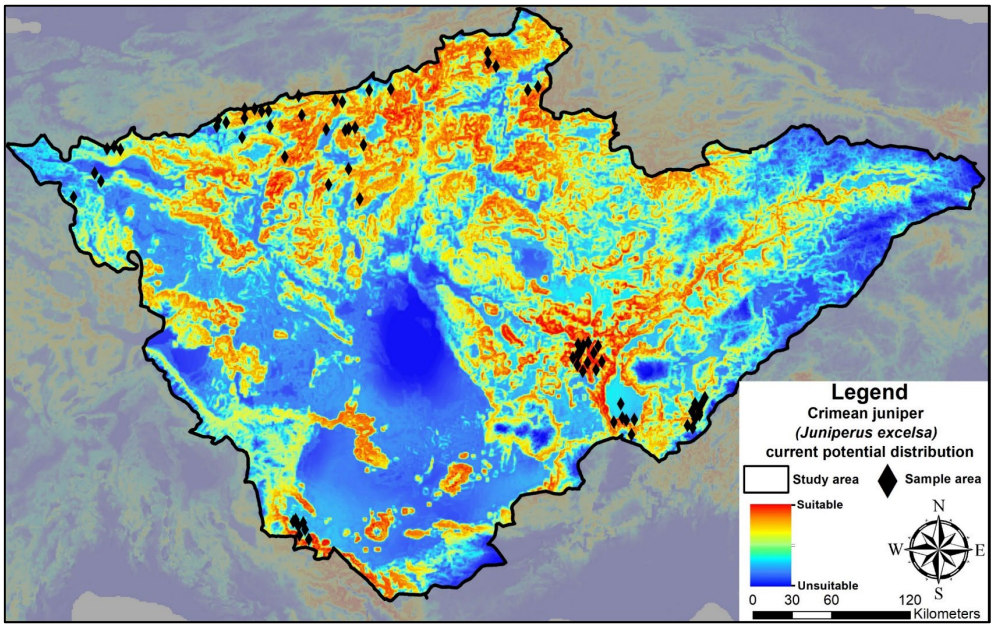


Figure 6. Current distribution mapping of Crimean juniper.

3.2. Spatiotemporal mapping of Crimean juniper distribution under different climate scenarios and time periods

Using the variables contributing to the current distribution model of Crimean juniper, climate projections for the years 2070 and 2100 were simulated under the Chelsa SSP1-2.6, SSP3-7.0, and SSP5-8.5 scenarios. The simulation results indicated a significant fragmentation of the species' distribution in the 2070 scenarios (Fig. 7). By 2100, under the various climate scenarios, the results suggested that Crimean juniper's distribution in the Central Anatolian region is at a substantial risk of extinction (Fig. 8). In this context, the MaxEnt method revealed significant changes in the geographical range of Crimean juniper

under future climate scenarios and emphasized the need for urgent conservation efforts (Fatemi et al., 2018). However, it has been shown that the growth of the decimated juniper can vary in response to rising temperatures and may be more resilient than other tree species that show more pronounced climatic stress responses (Seim et al., 2016). However, this resilient complicates conservation efforts as the species may be vulnerable in the long term, despite not currently showing immediate stress-related symptoms. Dakhil et al. (2021) stated that the interaction of climate change and other environmental factors such as land use and competition is exacerbating the challenges faced by junipers, including Crimean juniper. As a result, the Crimean juniper simulation and mapping results are in the same direction as the literature studies.

After the simulation maps of the Crimean juniper are produced, quantitative metrics such as the total area of suitable habitat (%), patch number/size and area ratios according to suitability class are needed to reveal the decreases or shifts in the distribution of the Crimean juniper according to these simulations (Kaya et al., 2025). In this context, the current and potential distribution maps of the Crimean juniper predicted by the MaxEnt method are categorized (%) as unsuitable, low suitability, medium suitability, and high suitability. These categorization degrees are 0.0-0.5 as unsuitable, 0.51-0.70 as low, 0.71-0.90 as medium and 0.91-1.00 as high suitability areas. In this category, the areas shown in grey are unsuitable areas, low suitability areas are mapped in orange, medium suitability areas are mapped in yellow and very suitable areas are mapped in red. Based on these colourings, it has been determined that 30.4% of the current distribution of Crimean juniper in the Central Anatolia region is suitable areas, 31.3% is medium suitability areas, 26.7% is low suitability areas and 11.6% is unsuitable areas (Fig 9).

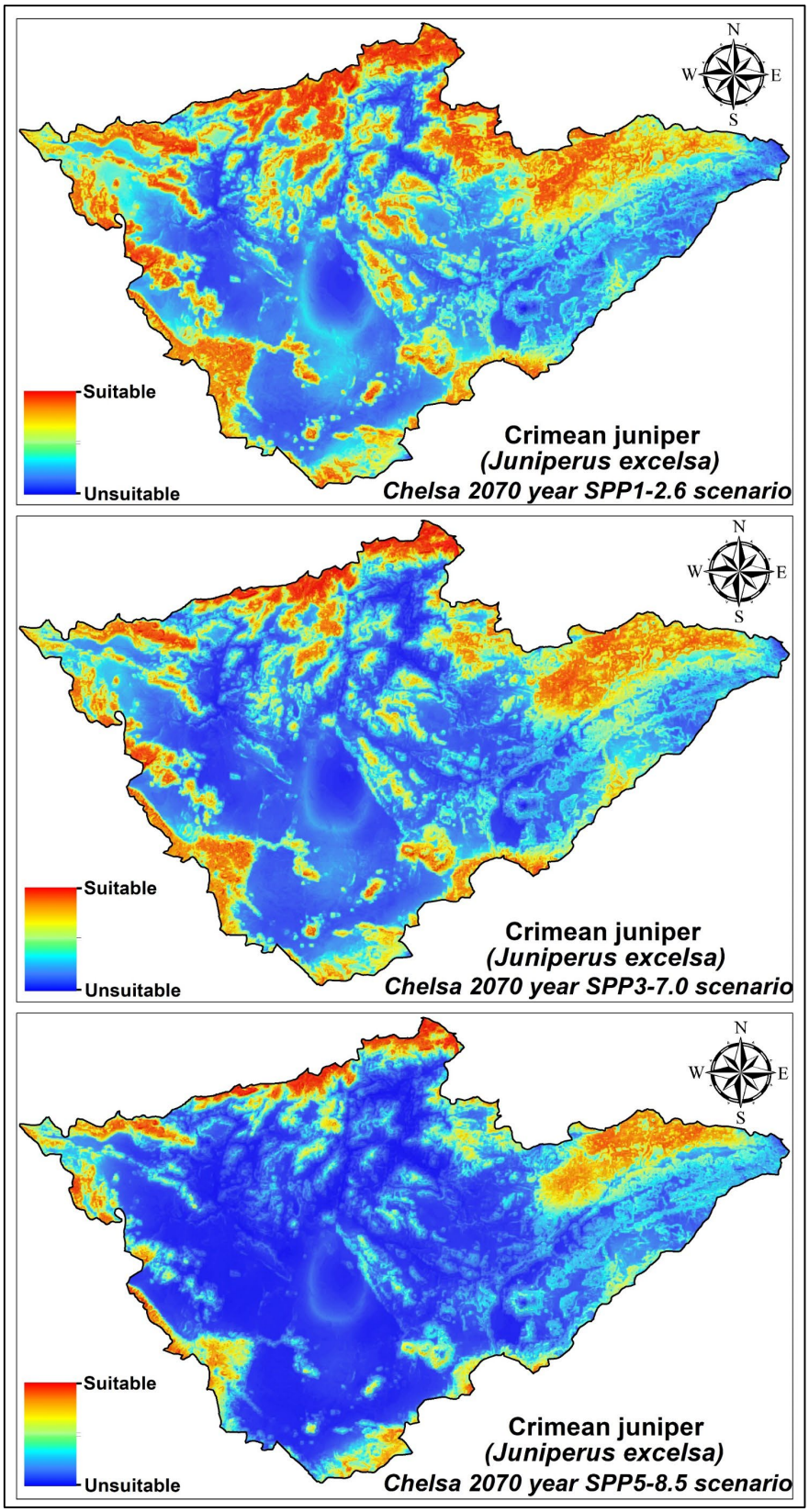


Figure 7. Simulation of Crimean juniper according to Chelsa SSP1-2.6, SSP3-7.0 and SSP5-8.5 scenarios between 2070.

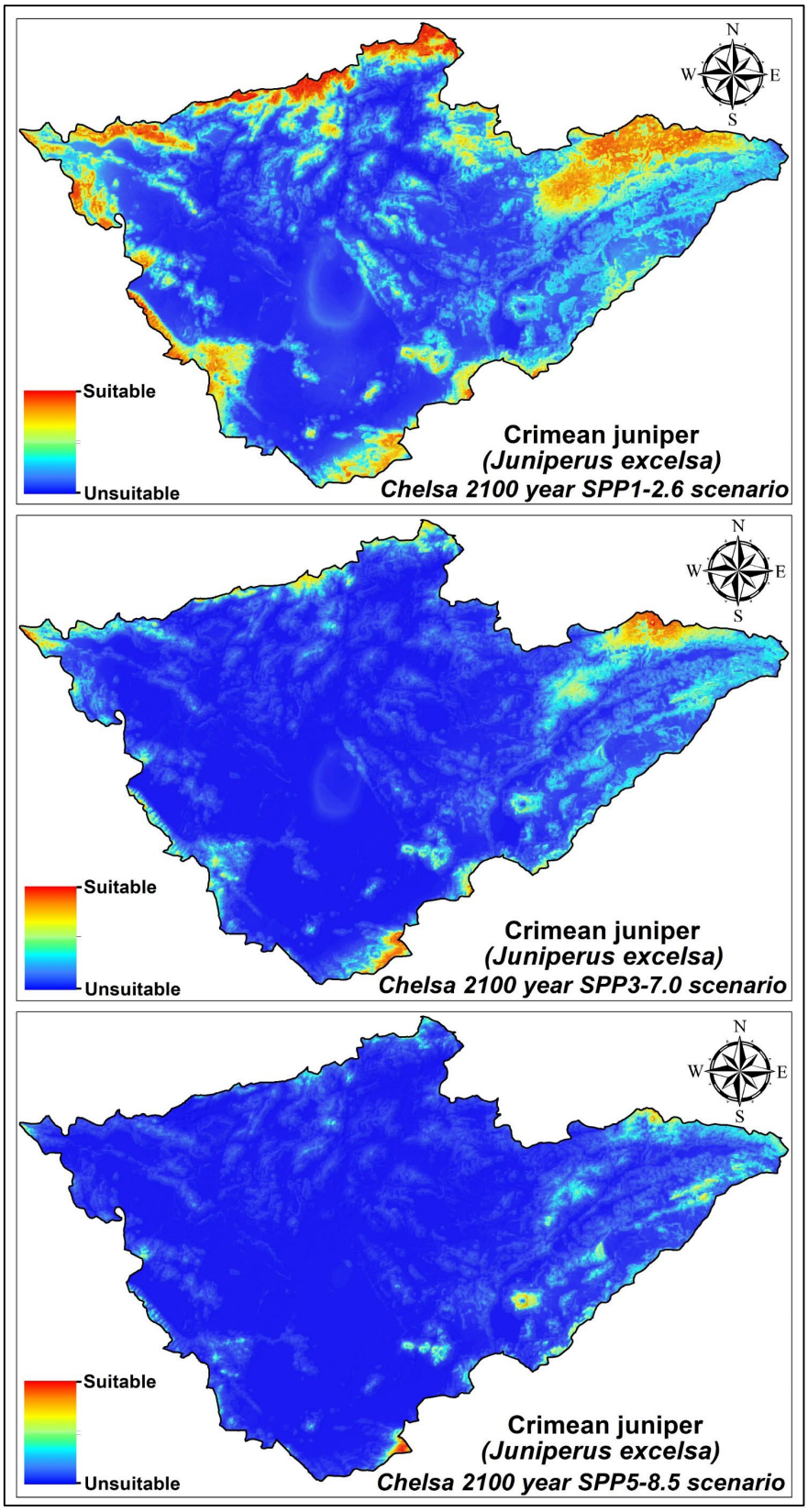


Figure 8. Simulation of Crimean juniper according to Chelsa SSP1-2.6, SSP3-7.0 and SSP5-8.5 scenarios between 2100.

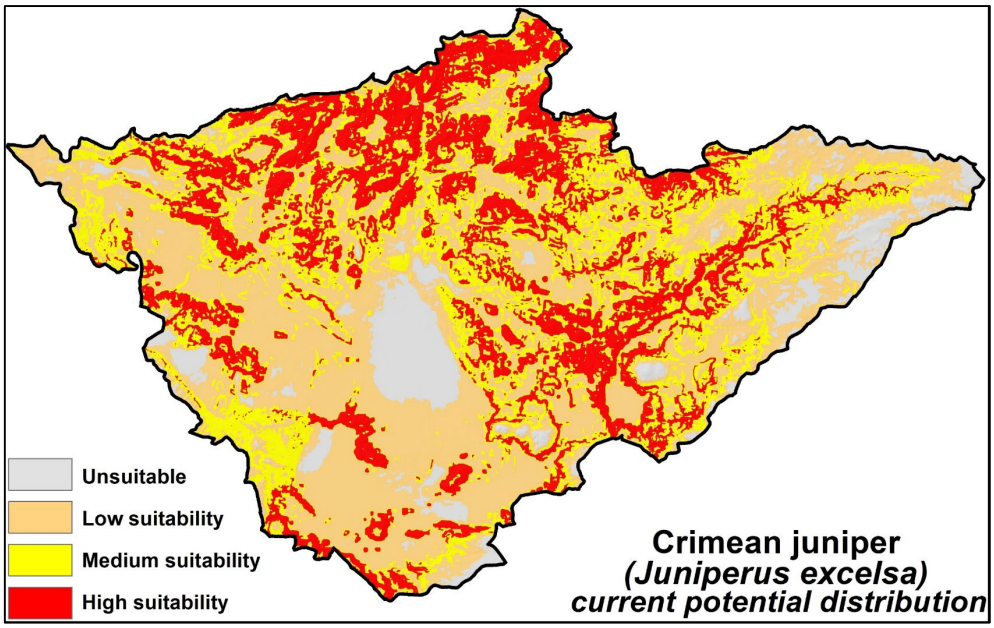


Figure 9. Classification of unsuitable, low, medium and high suitability areas of the current distribution of the Crimean juniper

After the suitability classification of the current distribution of the Crimean juniper was determined, the determination of the suitability areas in the maps prepared according to different scenarios for the years 2070 (Fig 10) and 2100 (Fig 11) was started. The same classification degree and colouring were used for different years (2070-2100) and scenarios (SSP1-2.6, SSP3-7.0, SSP5-8.5). In this context, the obtained unsuitable, low, medium and high suitability area rates are presented in Table 4.

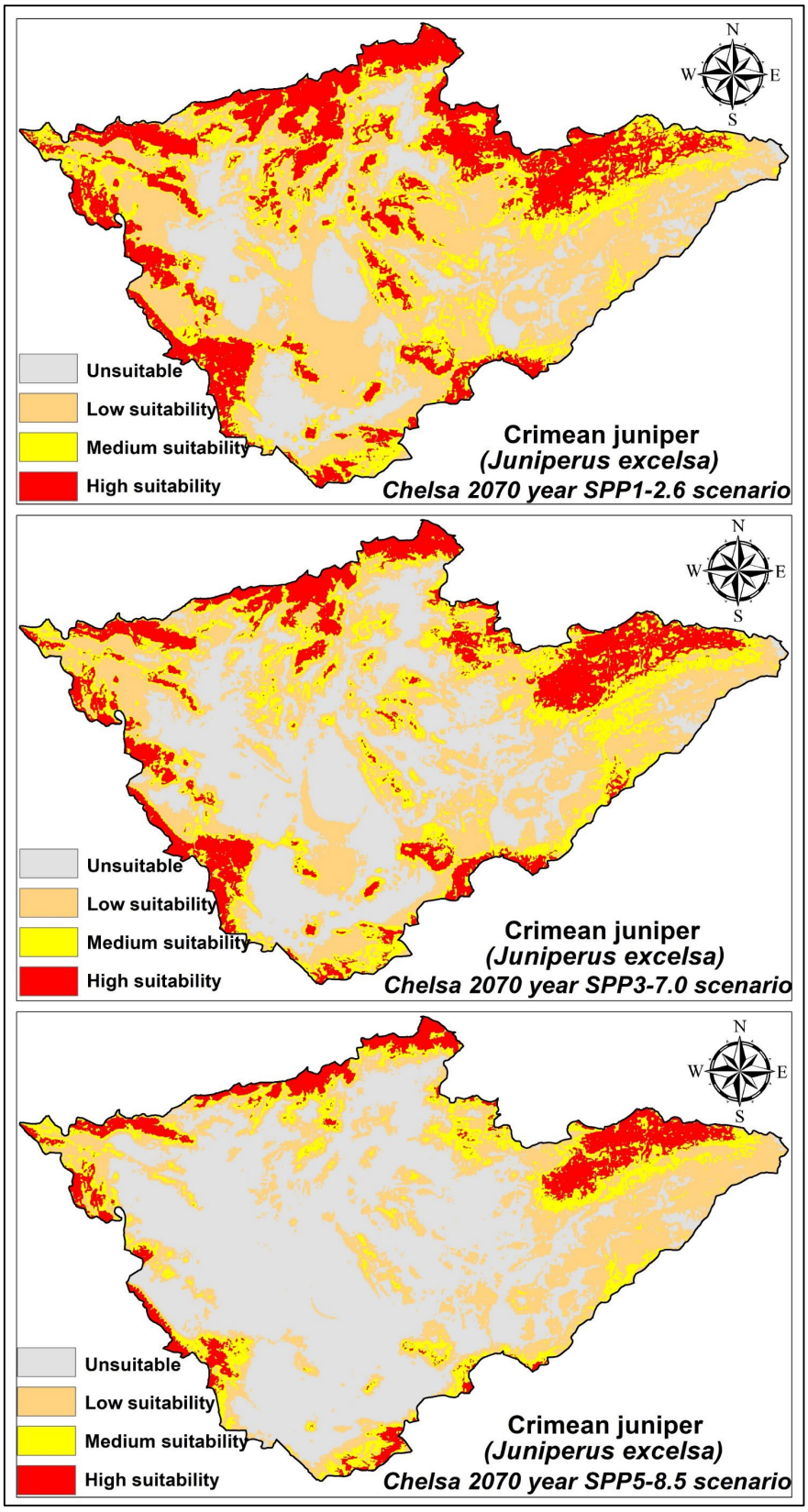


Figure 10. Classification of SSP1-2.6, SSP3-7.0 and SSP5-8.5 scenarios for the year 2070 as unsuitable, low, medium and high suitability areas.

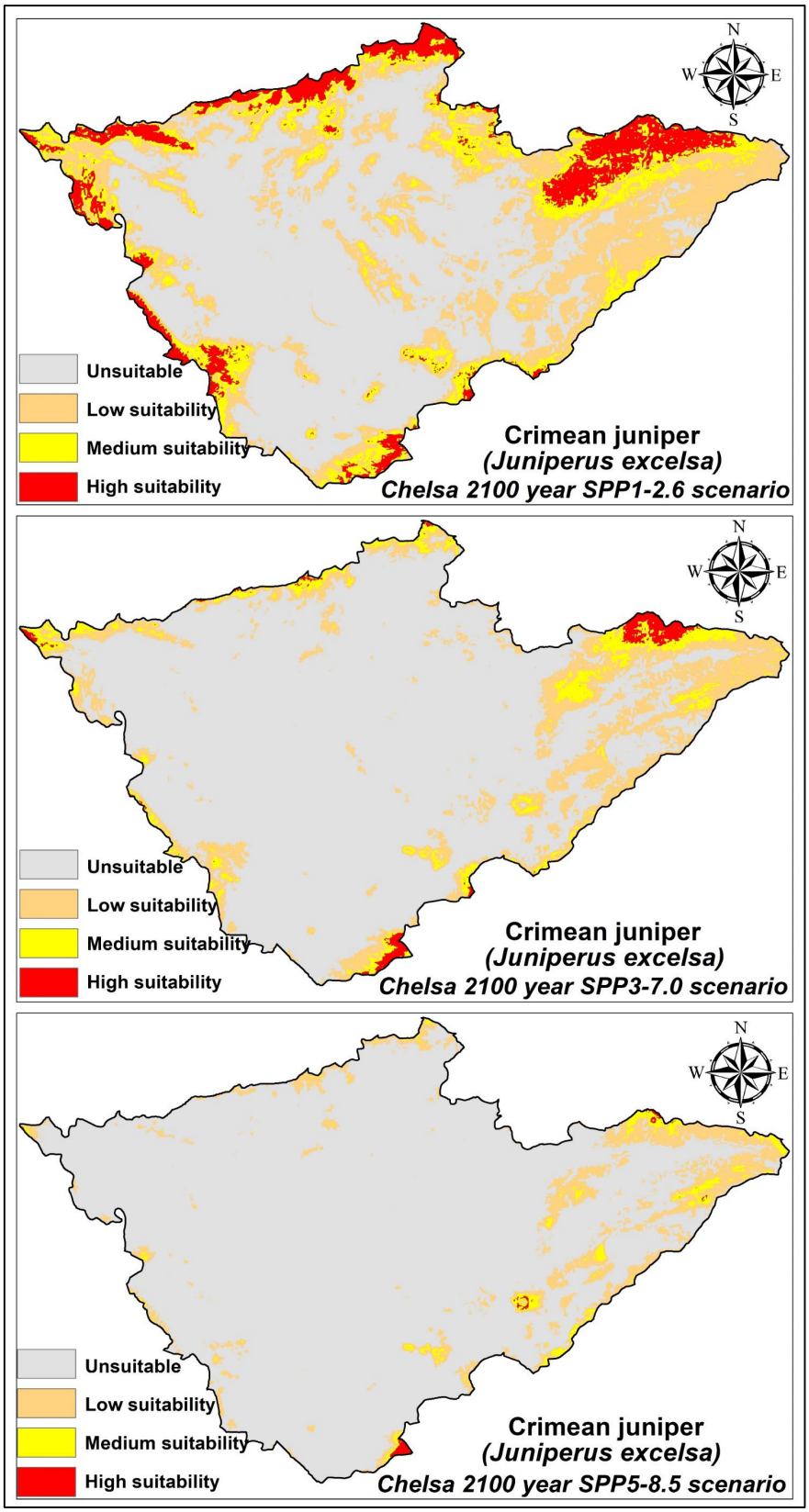
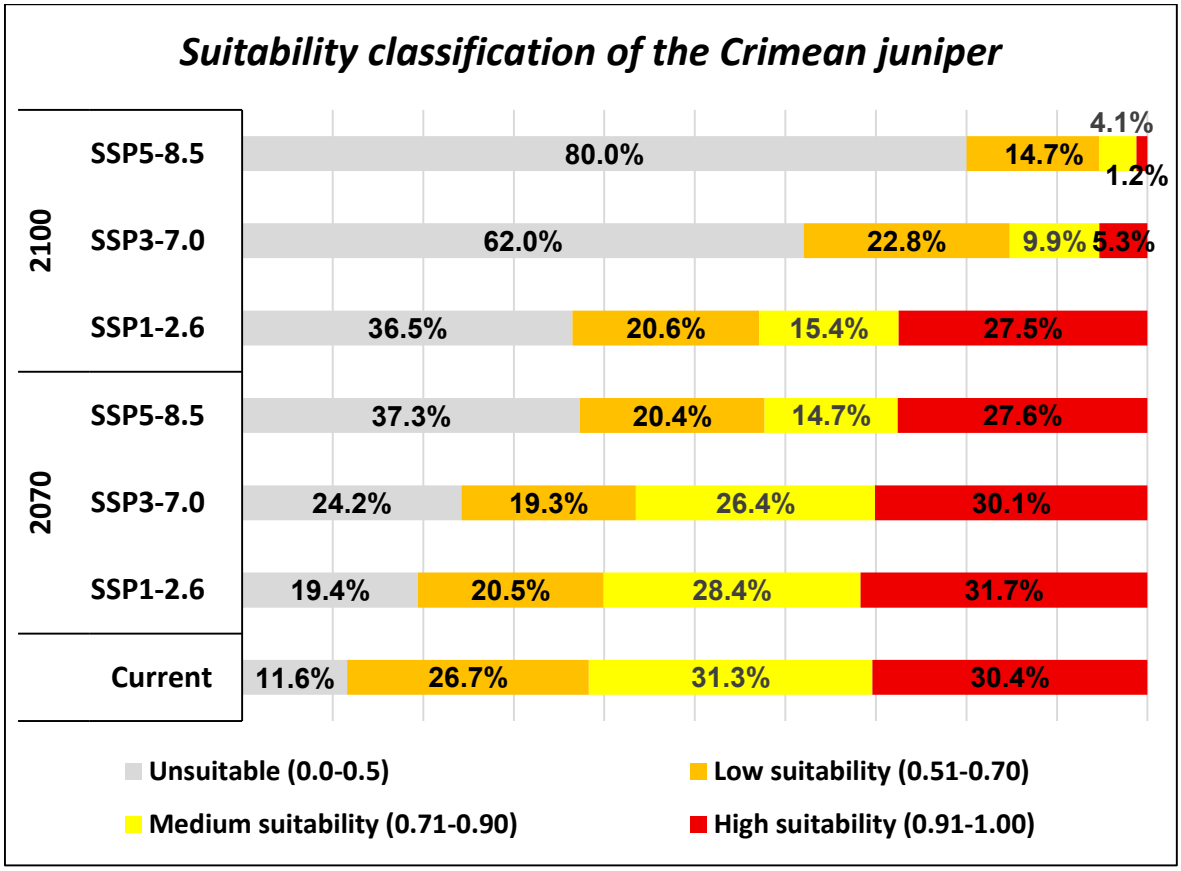


Figure 11. Classification of SSP1-2.6, SSP3-7.0 and SSP5-8.5 scenarios for the year 2100 as unsuitable, low, medium and high suitability areas.

Table 4. Suitability classification of the Crimean juniper.



According to Table 4, it was determined that 11.6% of the Crimean juniper is unsuitable for current distribution. When this situation is evaluated according to 2070, 19.4% in the SSP1-2.6 scenario, 24.2% in the SSP3-7.0 scenario and 37.3% in the SSP3-8.5 scenario were determined as unsuitable areas. Therefore, in any scenario for 2070, the increase in unsuitable areas for Crimean juniper is a prediction that the species distribution will decrease or fragment. According to the Chelsea climate scenarios for the year 2100, it was determined that it was 36.5% in the SSP1-2.6 scenario, 62.0% in the SSP3-7.0 scenario and 80.0% in the SSP3-8.5 scenario. Therefore, any scenario for the year 2100 reveals that the areas unsuitable for juniper will increase significantly and the distribution of the species will almost disappear. As a result, this study has revealed the ecological fragmentation and extinction process of the Crimean juniper distributed in Central Anatolia under the influence of global climate change.

4. Conclusion

This study highlights the dependence of Crimean juniper distribution on certain climatic parameters (e.g. mean annual temperature, dry month precipitation) that may become increasingly unpredictable under climate change conditions. It is suggested that Crimean juniper needs potential distribution and adaptive management strategies that consider possible climatic changes. In the face of these unprecedented changes, conservation strategies (e.g. habitat restoration, ex situ conservation, monitoring programs) are emphasized to reduce these impacts and preserve this vital species for future generations. It is also recommended that model results be included in species protection action plans or forest planning so that the Crimean juniper can survive global climate change with minimal damage. In conclusion, this study provides evidence that can support decision-makers (forest management, protected areas, local governments, etc.) by revealing the silent ecological response of Crimean juniper to global climate change.

References

Acarer, A., and Mert, A. (2024). 21st century climate change threatens on the Brown bear. *Cerne*, *30*, e-103305.

Adams, R. P. (2014). *Junipers of the world: the genus Juniperus.* Trafford Publishing.

Adams, R.P., Douaihy, B., Dagher-Kharrat, M.D., Farzaliyev, V., Tashev, A.N., Baser, K.H.S. and Christou, A.K. (2014). Geographic variation in the volatile leaf oils of Juniperus excelsa and J. polycarpos. *Phytologia*, *96*(2), 96-106.

Akbaş, N. T., Gül, E., and Dölarslan, M. (2023). Evaluation of desertification tendency based on soil characteristics in Çankırı urban forest, *Anatolian Journal of Forest Research 9*(2), 101-106.

Anşin, R., and Özkan, Z. C. (1993). Tohumlu bitkiler (Spermatophyta) odunsu taksonlar. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No:167/19,* Trabzon, 512 s.

Beery, S., Cole, E., Parker, J., Perona, P., and Winner, K. (2021). *Species distribution modeling for machine learning practitioners: A review.* In Proceedings of the 4th ACM SIGCAS Conference on Computing and Sustainable Societies, 329-348, USA.

Brockerhoff, E. G., Barbaro, L., Castagneyrol, B., Forrester, D. I., Gardiner, B., González-Olabarria, J. R., and Jactel, H. (2017). Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, *26,* 3005-3035.

Brun, P., Zimmermann, N. E., Hari, C., Pellissier, L., and Karger, D. N. (2022). Global climate-related predictors at kilometer resolution for the past and future. Earth System *Science Data*, *14*(12), 5573-5603.

Cano Ortiz, A., Musarella, C. M., Piñar Fuentes, J. C., Gomes, C. J. P., Spampinato, G., and Cano, E. (2018). Taxonomy, ecology and distribution of Juniperus oxycedrus L. group in the Mediterranean Region using morphometric, phytochemical and bioclimatic approaches. *BioRxiv*, 459651.

Cano-Ortíz, A., Spampinato, G., Fuentes, J., Pinto-Gómes, C., Canas, R., and Cano, E. (2021). Taxonomy, ecology and distribution of *juniperus oxycedrus* l. group in the mediterranean basin using bioclimatic, phytochemical and morphometric approaches, with special reference to the iberian peninsula. *Forests*, *12*(6), 703.

Çıvğa, A. (2015). Relationships between essential oil properties of Crimean juniper (*Juniperus oxycedrus* L.) berries and environmental factors. Süleyman Demirel University, Institute of Science, master's Thesis, Isparta,111p.

Corsi, F., De Leeuw, J., and Skidmore, A. (2000). Modeling species distribution with GIS. *Research techniques in animal ecology*, 389-434.

Dakhil, M. A., Halmy, M. W. A., Hassan, W. A., El-Keblawy, A., Pan, K., and Abdelaal, M. (2021). Endemic Juniperus montane species facing extinction risk under climate change in southwest China: integrative approach for conservation assessment and prioritization. *Biology*, *10*(1), 63.

Doğan, H. H., Karadelev, M., and Işiloğlu, M. (2011). Macrofungal diversity associated with the scale-leaf juniper trees, Juniperus excelsa and J. foetidissima, distributed in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, *35*(2), 219-237.

Dormann, C. F. (2007). Promising the future? Global change projections of species distributions. *Basic and Applied ecology*, *8*(5), 387-397.

Eliçin, G. (1977). Türkiye Doğal Ardıç (*Juniperus L.*) Taksonlarının Yayılışları ile Önemli Morfolojik ve Anatomik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar, *İstanbul University Publishing* No: 2327, 109, İstanbul.

Elith, J., and Graham, C. H. (2009). Do they? How do they? WHY do they differ? On finding reasons for differing performances of species distribution models. *Ecography*, *32*(1), 66-77.

Elith, J., and Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, *40*(1), 677-697.

Ertuğrul, E. T., Mert, A., and Oğurlu, İ. (2017). Mapping habitat suitabilities of some wildlife species in Burdur Lake Basin. *Turkish Journal of Forestry*, *18*(2), 149-154.

Fatemi, S. S., Rahimi, M., Tarkesh, M., and Ravanbakhsh, H. (2018). Predicting the impacts of climate change on the distribution of Juniperus excelsa M. Bieb. in the central and eastern Alborz Mountains, Iran. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, *11*(5), 643.

GBIF, (2025). *Global Biodiversity Information Facility*, GBIF.org (17 January 2025) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.5fd55g

Gulcu, S., Gultekin, H. C., and Gurlevik, N. (2005). *Problems and rehabilitation of juniper (Juniperus spp.) forests in the Lake District.* Protected Natural Areas Symposium Oral Proceedings Book, 561-567.

Gül, E. (2025). On the Edge of Survival: The Fragile Fate of Scots Pine (Pinus sylvestris L.) in Central Anatolia, Türkiye Under Climate Change. *BioResources*, *20*(2), 3628-3652.

Gül, E., and Esen, S. (2024). High Desertification Susceptibility in Forest Ecosystems Revealed by the Environmental Sensitivity Area Index (ESAI). *Sustainability (2071-1050), 16*(23).

Gülsoy, S., and Çıvğa, A. (2016). Relationships between essential oil properties of Crimean juniper (Juniperus oxycedrus) berries and environmental factors. *Turkish Journal of Forestry*, *17*(2), 142-152.

Gulsoy, S., Ozkan, G., Senol, H., and Mert, A. (2019). Assessment of essential oil properties in Juniperus excelsa subsp. excelsa cones depending on site factors. *Fresenius Environmental Bulletin*, *28*(4), 2380-2389.

Hall, J. B. (1984). Juniperus excelsa in Africa: a biogeographical study of an Afromontane tree. *Journal of biogeography*, 47-61.

Hernández, C., Venegas-González, A., Santini Jr, L., and Craven, D. (2025). Shifts in trait diversity across the range of an endemic treeline species in central Chile. *Annals of Botany*, mcaf052.

Imbert, J. B., Blanco, J. A., Candel-Pérez, D., Lo, Y. H., González de Andrés, E., Yeste, A., and Chang, S. C. (2021). Synergies between climate change, biodiversity, ecosystem function and services, indirect drivers of change and human well-being in forests. *Exploring synergies and trade-offs between climate change and the sustainable development goals*, 263-320.

Jump, A. S., and Peñuelas, J. (2005). Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate change. *Ecology letters, 8*(9), 1010-1020.

Karger, D. N., Lange, S., Hari, C., Reyer, C. P. O., Conrad, O., Zimmermann, N. E., and Frieler, K. (2023). CHELSA-W5E5: Daily 1km meteorological forcing data for climate impact studies. *Earth System Science Data*, *15*(6), 2445–2464.

Kaya, C., Acarer, A., and Tekin, S. (2025). Global climate change, a threat: example of the chamois' case. *Šumarski list*, *149*(3-4), 169-180.

Kutbay, H. G., and Ok, T. (2003). Foliar N and P resorption and nutrient levels along an elevational gradient in Juniperus oxycedrus L. subsp. macrocarpa (Sibth. & Sm.) Ball. *Annals of Forest Science*, *60*(5), 449-454.

Millar, C. I., Stephenson, N. L., and Stephens, S. L. (2007). Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological applications*, *17*(8), 2145-2151.

Moe, L. W. (2025). Imbuing climate security with positive peace: a peace continuum approach to sustaining peace during climate crisis. *International Affairs*, iiae322.

Mori, A. S., Lertzman, K. P., and Gustafsson, L. (2017). Biodiversity and ecosystem services in forest ecosystems: a research agenda for applied forest ecology. *Journal of Applied Ecology*, *54*(1), 12-27.

Ninot, J. M., Anadon-Rosell, A., Molino, A., Grau, O., Caminal, M., Casanovas, A., and Carrillo, E. (2025). Similar functional structure and encroaching dynamics in two Juniperus species with contrasting distribution patterns. *Folia Geobotanica*, 1-18.

Özcan, A. U., Gülçin, D., and Çiçek, K. (2023). Modelling The Distribution of Crimean Juniper (*Juniperus Excelsa M. Bieb*.): Range Shifts in Current and Potential Future Distribution. *Current Applications in Natural Sciences*, 213-242.

Özdemir, S. (2024). Testing the Effect of Resolution on Species Distribution Models Using Two Invasive Species. *Polish Journal of Environmental Studies*, *33*(2), 1325-1335.

Özdemir, S., Gülsoy, S., and Mert, A. (2020a). Predicting the effect of climate change on the potential distribution of Crimean Juniper. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, *20*(2), 133-142.

Özdemir, S., Özkan, K., and Mert, A. (2020b). An ecological perspective on climate change scenarios. *Biological Diversity and Conservation*, *13*(3), 361-371.

Özkan, K., Gülsoy, K., Aerts, R. and Muys, B. (2010a). Site properties for Crimean juniper (*Juniperus excelsa*) in semi-natural forests of southwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Environmental Biology, 31*, 97-100.

Özkan, K., Gulsoy, S., Mert, A., Özturk, M. and Muys, B. (2010b). Plant distribution-altitude and landform relationships in karstic sinkholes of Mediterranean region of Turkey. *Journal of Environmental Biology*, *31*, 51-60

Özkan, K., Sentürk, Ö., Mert, A., and Negiz, M. G. (2015). Modelling and mapping potential distribution of Crimean juniper (*Juniperus excelsa* Bieb.) using correlative approaches. *Journal of environmental biology*, *36*(1), 9-15.

Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E., 2006, 'Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions', *Ecological Modelling, 190*, 231-259.

Radosavljevic, A., and Anderson, R. P. (2014). Making better Maxent models of species distributions: complexity, overfitting and evaluation. *Journal of biogeography*, *41*(4), 629-643.

Saffariha, M., Jahani, A., Roche, L. M., and Hosseinnejad, Z. (2023). Environmental decision support system development for natural distribution prediction of Festuca ovina in restoration of degraded lands. *Land Degradation & Development*, *34*(18), 5713-5732.

Seim, A., Omurova, G., Azisov, E., Musuraliev, K., Aliev, K., Tulyaganov, T., and Linderholm, H. W. (2016). Climate change increases drought stress of Juniper trees in the mountains of Central Asia. *PloS one*, *11*(4), e0153888.

Shakir Hanna, S. H. (2025). *Climate Change and Human Imprint Consequences. In Climate Changes Impacts on Aquatic Environment: Assessment, Adaptation, Mitigation, and Road Map for Sustainable Development (pp. 3-19).* Cham: Springer Nature Switzerland.

Shcheglovitova, M., and Anderson, R. P. (2013). Estimating optimal complexity for ecological niche models: A jackknife approach for species with small sample sizes. *Ecological Modelling*, *269*, 9-17.

Swets, J. A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, *240*(4857), 1285-1293.

Süel, H. (2014). *Habitat suitability modelling of prey species in Isparta-Sütçüler region*. Süleyman Demirel University, Institute of Science, Department of Forest Engineering, PhD Thesis, 151, Isparta.

Tekeş, A. (2024). Katran Ardıcının (*Juniperus oxycedrus L.*) Gösterge Bitki Tür Analizi ve Ekolojik Değerlendirmesi. *Science and Technique in the 21st Century, 11*(22), 81-91.

Tekeş, A., and Özkan, K. (2024). The Relationship Between Certain Oak Species and Ecological Factors: An Analysis of Indicator Plant Species in Bozdağlar. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, *8*(4), 307-323.

Tekeş, A., Özdemir, S., Aykurt, C., Gülsoy, S., and Özkan, K. (2025). Species distribution modeling of red hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.) in response to climate change. *Šumarski list*, *149*(5-6).

Tekeş, A., Karagöz, S. G., and Ulusan, M. D. (2024a). Bazı endemik ve tıbbi öneme sahip bitki türlerinin uçucu bileşenlerinin yükseltiye bağlı değişimi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10*(2), 123-138.

Tekeş, A., Karagöz, S. G., & Gülsoy, S. (2024b). Farklı Yükseltilerde Dağçayı (*Sideritis pisidica Boiss.* & Heldr.)'nın Uçucu Bileşenleri. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, *20*(2), 15-27.

Tundis, R., Bonesi, M., and Loizzo, M. R. (2020). A Comparative study of phytochemical constituents and bioactivity of n-hexane and dichloromethane extracts of Juniperus macrocarpa and J. oxycedrus. *In Biology and Life Sciences Forum*, *4*(1), 42.

Warren, D. L., and Seifert, S. N. (2011). Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological applications*, *21*(2), 335-342.

Willson, C., Manos, P., and Jackson, R. (2008). Hydraulic traits are influenced by phylogenetic history in the drought-resistant, invasive genus juniperus (cupressaceae). *American Journal of Botany*, *95*(3), 299-314.

Young, N., Carter, L., and Evangelista, P. (2011). A MaxEnt model v3. 3.3 e tutorial (ArcGIS v10). *Natural Resource Ecology Laboratory, Colorado State University and the National Institute of Invasive Species Science.*

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp. 673-684
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1448036

Zonguldak Bulent Ecevit University Farabi Campus 2023 Carbon Footprint Analysis and Sustainable Solution Proposals

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Farabi Kampüsü 2023 Yılı Karbon Ayak İzi Analizi ve Sürdürülebilir Çözüm Önerileri

Elif ÖZTEKİN[1], Gülçin DEMİREL BAYIK[1], Deniz KARAELMAS[2]

Abstract

The reduction of emissions and reaching carbon neutrality are implemented by various organisations, institutions, countries, and other associations on national and international levels. Universities are central to promoting sustainability and modelling low-carbon practices. This study assesses the 2023 carbon footprint (CF) of Zonguldak Bülent Ecevit University's Farabi Campus, aiming to quantify its greenhouse-gas impacts, highlight mitigation opportunities and encourage more prudent resource use. Emissions from natural gas, electricity, water and campus-fleet vehicles were estimated using IPCC and UK DEFRA factors. Total emissions reached 2 361.24 t CO_2e (IPCC) and 1 697.35 t CO_2e (DEFRA); the per-person CF, calculated for all staff as of December 2023, provides an additional benchmark. Interpreting these results clarifies current impacts and helps prioritise actions needed to meet the university's carbon-neutral ambitions. Recommended measures—such as improving energy efficiency, adopting sustainable transport, and strengthening waste-management and offset programmes—offer a practical roadmap for reducing emissions and advancing campus sustainability. The results of the study provide important information for the campus management as a basic guide to determine the steps to be taken for a carbon-neutral campus. In this context, recommendations such as energy efficiency measures, sustainable transportation policies, waste management strategies, etc. contribute to a sustainable future for the campus.

Keywords: Carbon footprint, Climate change, Green campus, Sustainability

Özet

Emisyonların azaltılması ve karbon nötrlüğüne ulaşılması, ulusal ve uluslararası düzeylerde çeşitli kuruluşlar, kurumlar, ülkeler ve diğer birlikler tarafından uygulanmaktadır. Üniversiteler, sürdürülebilirliği teşvik etme ve düşük karbonlu uygulamalarda model olma açısından önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Farabi Kampüsü'nün 2023 yılına ait karbon ayak izini değerlendirerek sera gazı etkilerini nicel olarak belirlemeyi, azaltım fırsatlarını ortaya koymayı ve doğal kaynakların daha sürdürülebilir kullanımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Doğalgaz, elektrik, su tüketimi ve kampüs araç filosundan kaynaklanan emisyonlar IPCC ve Birleşik Krallık DEFRA metodolojileri kullanılarak hesaplanmıştır. Toplam emisyonlar IPCC'ye göre 2.361,24 ton CO_2e, DEFRA'ya göre ise 1.697,35 ton CO_2e olarak hesaplanmıştır. Bu veriler, üniversitenin karbon nötr hedeflerine ulaşmasında öncelikli adımların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Enerji verimliliği, sürdürülebilir ulaşım ve atık yönetimi gibi önlemler, emisyonların azaltılmasına katkı sağlar. Çalışmanın sonuçları, kampüs yönetimi için karbon nötr bir kampüs oluşturmak için atılacak adımları belirlemede temel bir rehber olarak önemli bilgiler sağlar. Bu bağlamda, enerji verimliliği önlemleri, sürdürülebilir ulaşım politikaları, atık yönetimi stratejileri vb. gibi öneriler, kampüs için sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Karbon Ayakizi, Sürdürülebilirlik, Yeşil Kampüs

Received: 15.03.2024, Revised: 20.03.2024, Accepted: 13.01.2025
Address: [1]Zonguldak Bulent Eecvit University, Engiinering Faculty, Environmental Engiinering Department, Zonguldak, Türkiye.
[2]Zonguldak Bulent Eecvit University, Çaycuma Vocational School, Zonguldak, Turkey.
E-mail: gulcin.demirel@beun.edu.tr

1. Introduction

University campuses are living centers where all kinds of socio-cultural activities take place throughout the students' educational lives and where students spend most of their time. As a result of these activities, atmospheric greenhouse gas levels on campuses will inevitably increase. One of the most common approaches to determining greenhouse gas emissions is the "carbon footprint". Carbon footprint is an indirect representation of the carbon dioxide and other greenhouse gasses released into the atmosphere as a result of an organization's or individual's activities. In this context, greatly reducing the carbon footprint has become the focus of environmental policies worldwide (Bajzelj et al., 2014; Ward et al., 2016). In order to develop carbon footprint reduction strategies, sectoral and institutional emission calculations currently depend on complete, accurate and transparent calculations (Gao et al., 2014).

What global climate change will create on our planet; Realizing the negative consequences such as species extinction, sea level rise, temperature increase, desertification, drought, endangering food security, epidemics, floods and hurricanes, the United Nations Framework Convention on Climate Change was established in 1992 and then Kyoto in 1997, in order to reduce the emission of greenhouse gasses. The protocol was created (Binboğa and Ünal, 2018). Developed by the United Nations General Assembly in 2015, the Sustainable Development Goals (SDGs) provide clear guidelines and targets for all countries to adopt in line with their priorities and the world's environmental challenges. Goal 13 of the Sustainable Development Goals focuses specifically on the need to address climate change.

To combat the adverse effects of climate change, Goal 13 includes five targets; One of these is to raise the awareness of institutions and people about mitigating climate change and improve their ability to do so. Setting goals and targets within the scope of the Sustainable Development Goals is a positive step towards better educating the young generation about sustainability and environmental impacts (Yanez et al., 2019).

Universities are being challenged to take the lead on sustainability concerns because of their significant social influence. Compared to other societal sectors, universities may have a considerably bigger impact on sustainable development (SD) while also training the next generation of influencers and decision-makers. The environment and university sustainability initiatives are particularly important to understand because students are influential changemakers in their communities. One social behavior commitment that

exemplifies environmental sustainability practices is the reduction of carbon footprints in university settings (da Silva et al., 2023).

Over the past 50 years, higher education institutions around the world have gradually implemented sustainability policies focused on improving their environmental indicators and corporate image. One of the sustainability-related issues that is receiving increasing attention from these organizations is Climate Change, which is reflected in the increasing number of Greenhouse Gas (GHG) inventories of an organizational nature. (Varón-Hoyos et al., 2021).

The main greenhouse gasses that cause climate change are carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O), hydrofluorocarbon (HFC), perfluorocarbon (PFC) and sulfur hexafluoride (SF6). The most important of these components is CO2 gas, and its share in total greenhouse gasses is around 80%. Since these gasses trap heat, more heat is absorbed as the greenhouse gasses in the atmosphere increase, which causes global warming. Greenhouse gasses resulting from rapidly developing industrialization negatively affect life on Earth with the climate change caused by the rapid increase in global warming (Alagöz et al., 2022).

All segments of society must act with this awareness to achieve success in the fight against global climate change. In this context, universities, non-governmental organizations, private sector organizations, public institutions, and citizens need to be sensitive to this issue and take an active role in the sustainable use of natural resources by assuming responsibility. In this context, universities, as the leading institutions of society that produce and disseminate science, need to determine their strategies by revealing the steps they will take to combat global climate change (Binboğa and Ünal, 2018).

The concept that environmental problems have come to the fore most frequently in recent years is global climate change. Particularly noteworthy is the increasing trend in carbon dioxide (CO_2) emissions caused by human activities, which is shown as one of the causes of global climate change. In this context, the amounts of carbon emissions released by individuals and institutions have begun to be calculated with the methods created by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which deals with climate change (IPCC, 2006; IPCC, 2013; IPCC, 2022). The UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) coefficients aim to protect, support and ensure sustainability of the natural environment. This institution carries out studies in terms of sustainability, especially within the scope of global warming and greenhouse gas emissions. In order to carry out these studies, it regularly publishes carbon emission coefficients in a wide range of areas such as

all emission gasses, transportation vehicles, food consumption and all energy consumption every year. Carbon footprint is calculated taking into account the coefficients published by DEFRA (Çerçi, 2021).

Carbon neutrality is the net-zero balance of greenhouse gas emissions in a given system. Achieving this goal involves, firstly, calculating and managing its emissions, and secondly, mitigating these impacts. Supporting these objectives requires an appropriate measurement tool: a carbon footprint, which serves as a record of emissions calculation or inventory (Kiehle et al., 2023). Furthermore, apart from carbon dioxide, other greenhouse gasses typically encompass methane, nitrous oxides, and fluorocarbons (HFCs and PFCs) (IPCC, 2014). To incorporate these, emission inventories commonly employ the concept of 'CO2 equivalents' (CO_2e). Such an assessment's outcome helps identify primary emission sources, serving as a starting point for planning effective reduction measures for greenhouse gas emissions. Additionally, it can be utilized to monitor progress in reduction efforts, thereby aiding in tracking climate-related goals and action plans. Both matters highlight the significance of the carbon footprint as a crucial tool in the journey towards carbon neutrality (Awanthi and Navaratne, 2018). Although guidelines currently exist for calculating the corporate-level carbon footprint, standards have not been specifically tailored to the needs of higher education institutions. Robinson et al. (2018) have noted that universities fundamentally differ from corporations in terms of their functions and the infrastructure required to fulfill them. An environment for teaching and learning requires resources different from those of a service or industrial sector company. Considering the unique characteristics of universities compared to corporations, it is necessary to adopt more general standards. In recent years, many universities have addressed this issue by developing their methodologies and offering different approaches (Kiehle et al., 2023).

As the Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard serves as the primary guideline, the criteria for emissions to be incorporated into Scopes 1 and 2 are explicitly outlined. Nonetheless, the criteria for Scope 3 are not as stringent, allowing for the discretionary adoption of specifically chosen indirect, non-energy-related emissions. It appears that universities determine which emissions to integrate into their ultimate carbon footprint based on their expertise. Given the nature of higher education institutions, Scope 1 may encompass the fuel usage of the university's vehicle fleet and certain emissions resulting from the direct combustion of fossil fuels on campus. Scope 2 may include purchased electricity, (regional) heat, water consumption, and, if relevant, purchased (regional) cooling (Kiehle et al., 2023; WRI, 2004).

Within the framework of these responsibilities, all institutions need to calculate and try to reduce the carbon footprint, which is the amount of damage caused by human activities to the environment, measured in units of carbon dioxide or carbon. With this study, emission sources within the borders of the BEUN (Zonguldak Bülent Ecevit University) Farabi campus, natural gas consumption due to heating, electricity consumption, water consumption, fuel consumed by central campus garage vehicles, fuel consumed by vehicles in the shuttle transportation network, bus-plane travel of personnel going to domestic and international duties were examined. It was determined as the fuel consumed and the fuel consumed by the personnel coming to the institution with their private vehicle. As the calculation method for numerical data, the methodologies of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) were used. Calculation and evaluation of the carbon footprint, determination of measures to reduce the carbon footprint, education/awareness. It aims to carry out studies and contribute to the more sustainable use of natural resources.

2. Material and Method

2.1. Study Area

The Zonguldak Bülent Ecevit University Farabi Campus is situated in Northern Turkey (Fig. 2) and had 973 staff members in 2023. Zonguldak Bülent Ecevit University (BEUN) operates across 12 campuses located in Zonguldak city center and its districts. The total land area of our university is 245.01 hectares. Of this, 234.24 hectares consist of allocated land, while 10.78 hectares are owned by the university. Two main campuses are situated in the city center of Zonguldak. One of them is the Medical Faculty and is located near the hospital in İbni Sina Campus, while the other faculties are based on the Farabi Campus. BEUN offers educational programs at all levels in fields such as technology, education, medicine, and science. In addition to two large campus areas in the center of Zonguldak, there are also several small research units affiliated with BEUN in different regions of Zonguldak. The boundaries of this study were the physical boundaries of BEUN Farabi Campus. The research focused on specific locations and features within the campus, including classrooms, library, cafeterias, and other student services. Areas outside the campus or activities elsewhere were beyond the scope of this study and were not analyzed. This limitation aimed to clarify the focus area of the study, ensuring more precise and meaningful results. Figure 1 displays an aerial view map of the Farabi campus.

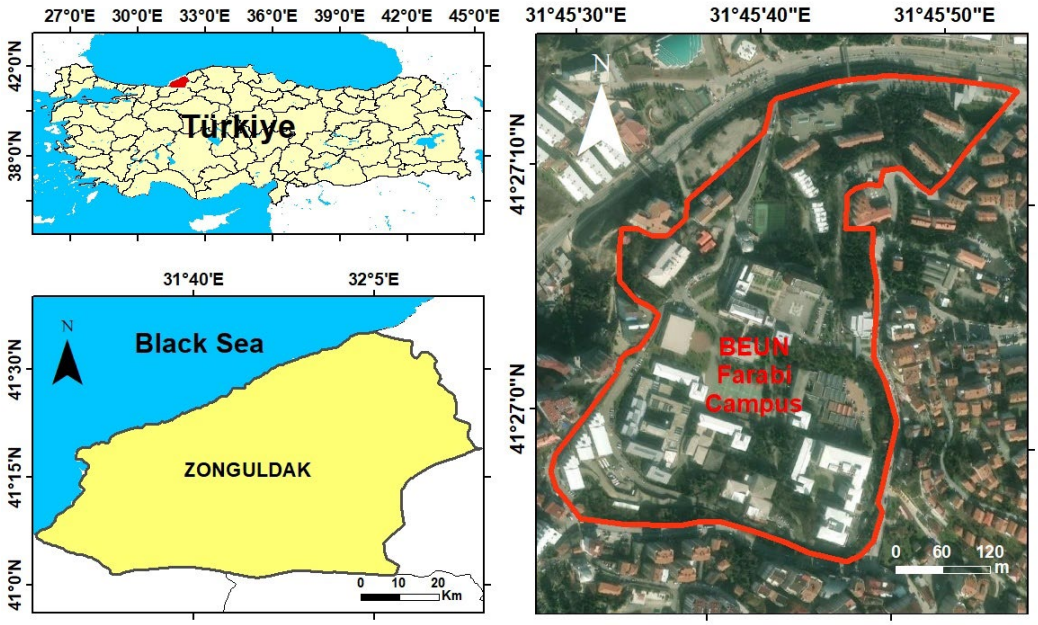


Figure 1. BEUN Farabi Campus Site Map.

2.2. Identification of Emission Sources and Data Collection

In this study, emission sources were calculated taking into account the vehicles, heating, and electricity consumption associated with Zonguldak Bülent Ecevit University's Farabi Campus. Factors such as the heating fuel type and consumption amount in buildings such as staff quarters, cafeteria, nursery, as well as the amount of electricity and water consumption in 2023, the type and amount of fuel consumed by campus garage vehicles, the number, type, routes (along with the distance traveled in km) of vehicles in the shuttle transportation network, and information about the fuel type of these vehicles were determined. Data was requested from relevant departments with a cover letter, and information for the year 2023 was obtained (Table 1).

Table 1. Fuel, electricity, and water consumption data of BEUN in 2023.

Scope 1			**Scope 2**	
Natural Gas (m^3)	**Gasoline (lt)**	**Diesel fuel (lt)**		**Water (m^3)**
455894.0	10197.84	21793.6	2646610.6	28546.0

2.3. IPCC Scope-1 Methodology

The Tier 1 method is fuel-based because emissions from all combustion sources can be estimated based on the quantities of fuel burned (typically from national energy statistics) and average emission factors. Tier 1 emission factors are available for all relevant direct greenhouse gasses. Emission factors for CO_2 are primarily dependent on the carbon content of the fuel, so CO_2 emissions can be estimated quite accurately based on the total quantity of fuel burned and the average carbon content of the fuels (IPCC, 2006).

CO_2 emissions for all emission sources can be calculated by summing the products of the Activity Data (AD) and the Emission Factor (EF) using the following formula:

$$CF=\sum ADxEF$$

Where,

i represents the number of emission sources.

AD stands for Activity Data, which quantifies an activity in units that can be combined with the emission factor.

EF represents the Emission Factor, which is the value used to scale emissions to activity data, typically expressed as a standard rate of emissions per unit of activity ($kgCO_{2e}$/unit).

CF denotes the carbon footprint, expressed in metric kilograms of carbon dioxide equivalents ($kgCO_{2e}$) (Valls -val and Bovea, 2022).

Table 2. Net calorific value of fuels

Fuel type	**Natural gas**	**Gasoline**	**Diesel**
Transformation factor (Tj/Gg)	48	44.3	43

Table 3. Emission factors of fuels

Fuel type	**Natural gas**	**Gasoline**	**Diesel**
Emission Factor (kg/Tj)	56100	69300	74100

In the IPCC Tier 1 approach, the CO_2 emission from the university's electricity consumption is calculated by multiplying the consumption amount by the emission factor of 0.478 kilograms per kilowatt-hour (kg/kWh). While calculating the emissions from electricity consumption, the transmission and distribution losses should be considered. The loss and theft percentages arising from the transmission and distribution of electricity were taken as 1.93% and 12.7%, respectively with a total of 14.63% (Alagöz et.al, 2022).

2.4. DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs- UK) Methodology

The UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) aims to protect, promote and sustain the natural environment. This institution carries out studies in terms of sustainability, especially within the scope of global warming and greenhouse gas emissions. To carry out these studies, it regularly publishes carbon emission coefficients in a wide range of areas such as all emission gasses, transport vehicles, food consumption, and all energy consumption (Alagöz et.al, 2022). The emission coefficients reported by DEFRA in 2023 are given in Table 4.

Table 4. DEFRA Emission Factors (DEFRA, 2023).

	Scope 1			Scope 2	
	Natural Gas	**Gasoline**	**Diesel fuel**	**Electricity**	**Water**
Unit	kg/m^3	kg/L	kg/L	kg/kWh	kg/m^3
Emission Factor	2.04	3.17	2.66	0.21	0.177

3. Results and Discussion

Results of the calculations made by using the IPCC Tier 1 approach and DEFRA conversion factors to determine BEUN's CO_2 emissions for the year 2023 are presented in Table 5 and the contributions of each activity are shown in Figure 3.

In the study, carbon emissions related to water consumption are calculated using the DEFRA methodology, but this calculation is not accounted for by the IPCC. According to the IPCC method, carbon emissions are primarily attributed to electricity consumption, totaling 1456.23 tonnes annually, categorized within scope 2. Following electricity consumption, natural gas consumption contributes 822.51 tonnes, while diesel fuel consumption for vehicles accounts for 59.33 tonnes, and gasoline consumption for vehicles amounts to 23.17 tonnes. Emissions from sources other than electricity consumption fall under scope 2 and are calculated at a total of 905.01 tonnes.

Table 5. BEUN's CO_2 emissions for the year 2023.

Emissions (Ton CO_2)	**Scope 1**				**Scope 2**			**TOTAL**
	Natural Gas	**Gasoline**	**Diesel fuel**	**Total**	**Electric**	**Water**	**Total**	
IPCC	822.51	23.17	59.33	905.01	1456.23		1456.23	2361.24
DEFRA	930.00	32.32	57.97	1020.29	637.1	39.96	677.06	1697.35

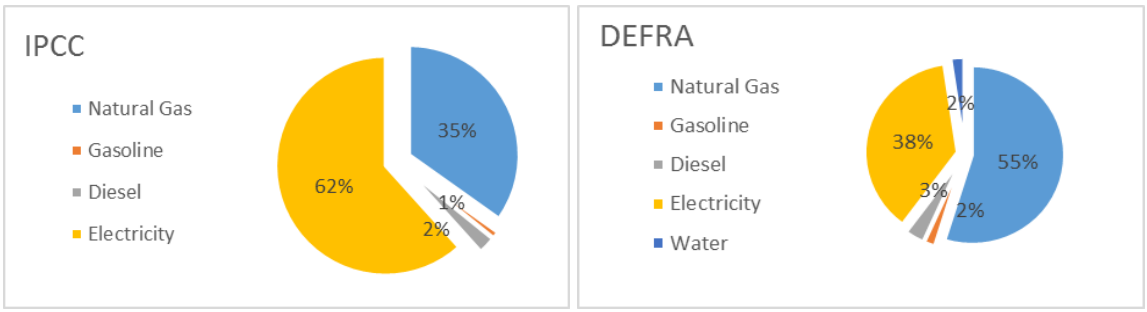


Figure 3. Contribution of different activities to total carbon emissions.

The University of Oulu reported 19,072 tonnes of CO_2 e in 2019, which is considerably higher than the 2,361.24 tonnes of carbon emissions computed in this study. This discrepancy can be explained by variations in the size, operations, and energy use of the institutions (Kiehle et.al, 2023). According to the DEFRA Method it is observed that annual scope 1 CO_2 emissions amount to 930 tonnes from natural gas, 57.97 tonnes from diesel fuels, 32.32 tonnes from gasoline, totaling 1020.29 tonnes. Additionally, within this method, emissions from water consumption in scope 2 were assessed and calculated as 39.96 tonnes. The CO_2 emission resulting from electricity consumption is determined to be 637.1 tonnes, contributing to a total scope 2 emissions of 1697.35 tonnes.

DEFRA's total CO_2e emission results are lower compared to those obtained from the IPCC Tier 1 approach. This variance stems from the generalized nature of the emission factors employed in the IPCC Tier 1 calculations. This discrepancy is specifically highlighted in DEFRA's national data report for England.

The carbon emissions estimated in this study are substantially lower than those found in a study by Özçelik (2017) on the Terzioğlu Campus of Çanakkale Onsekiz Mart University. The carbon footprint of the campus was calculated by Özçelik's study to be 19,706.08 t CO_2e using Approach 1 and 10,122.15 t CO_2e using Approach 2. Natural gas emissions, the university's fleet of vehicles, water and power use, garbage production, and emissions from staff and student mobility were all taken into account in these estimates. On the other hand, energy consumption (natural gas and electricity) is the main contribution to the current study's total of 2,361.24 t CO_2e annually, which does not include transportation emissions (Özçelik, 2017). When compared to the study conducted by Alagöz et al. (2022) on the Central Campus of Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), this research calculates slightly lower total carbon emissions. Based on the actions of 1,126 employees, Alagöz et al. reported a total carbon footprint of 2,570 t CO_2e for 2021, with a per capita emission of 2.28 t CO_2e. Their analysis took into account emissions from natural gas heating, power and

water use, campus vehicle fuel use, service network transportation, staff travel both domestically and abroad, and employee use of private vehicles (Alagöz et. al., 2022).

4. Conclusion

Global climate change, one of the major disasters of the 21st century, has begun to make its impact felt more and more in cities every year with extreme weather events. Carbon emissions from transportation and housing production have led to urban heat island formations and disrupted climatic comfort. In this context, strategies have begun to be developed to reduce CO_2 emissions in urban areas, which are considered to be the areas that will be most affected by climate change.

Nature and the environment are a phenomenon that can renew itself without any artificial influence from the outside. However, due to their greed for consumption, human beings use nature rudely and do not leave a chance to renew themselves. The most important indicator of this reckless use is the carbon footprint. How much damage we cause to nature is related to the size of this footprint.

The research aims to determine the carbon footprint of Zonguldak Bülent Ecevit University by looking at its carbon emission values in 2023. In line with the aforementioned purpose, the research is important in terms of revealing what responsibilities universities, which are one of the places where environmental protection awareness is given, undertake in terms of sustainability and the work done by universities to fulfill these responsibilities.

Therefore, BEUN should prioritize electricity consumption in its fight against greenhouse gas emissions. In this context, both staff and students should be made aware of reducing electricity consumption. Unnecessary energy consumption should be avoided. They are required to use the university's solar energy systems applications to meet the required energy needs. Due to the active use of air conditioning systems within the university, priority should be given to absorption cooling systems that can be used with renewable energy sources. In addition, the number of central VRF systems should be increased instead of split air conditioners used within the University.

Acknowledgements

Authors would like to thank Zonguldak Bülent Ecevit University, Centre for Envıronmental Studies and General Secretariat Unit for providing data.

References

Alagöz, İ., Coşkun, E., Babaoğlu, S., Kaykaç, R., & Cidacı, A. (2022). EÜAŞ Merkez Kampüs 2021 Yılı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, *23*(2), 161-166.

Awanthi, M.G.G., & Navaratne, C.M. (2018). Carbon footprint of an organization: a tool for monitoring impacts on global warming. *Procedia Eng*., *212*: 729-735, Doi: 10.1016/j.proeng.2018.01.094.

Bajželj, B., Richards, K. S., Allwood, J. M., Smith, P., Dennis, J. S., Curmi, E., & Gilligan, C. A. (2014). Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change, 4(*10), 924-929.

Binboğa, G., & Aylin, Ü. N. A. L. (2018). Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, *21*, 187-202.

Çerçi, M. (2021). 'IPCC TIER 1 ve Defra Metodları İle Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Örneği' Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.

da Silva, L. A., Dutra, A. R. D. A., Soares, T. C., Birch, R. S., & Guerra, J. B. S. O. D. A. (2023). Trends in research: carbon footprint reduction in universities as a way to achieve a green campus. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, *24*(3), 584-601.

DEFRA, (2023), Greenhouse gas reporting: conversion factors 2023, https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023 (Erişim tarihi: 20.01.2023).

Gao, T., Q. Liu, & J. Wang. (2014). A comparative study of carbon footprint and assessment standards.*International Journal of Low-Carbon Technologies 9(3)*, 237–243. http://ijlct. oxfordjournals.org/content/9/3/237.abstract.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (Simon Eggleston, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara & Kiyoto Tanebe). (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. The National Greenhouse Gas Inventories Programme.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (Martin Parry, Osvaldo Canziani, Jean Palutikof, Paul van der Linden & Clair Hanson). (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (Christopher B.Field, Vicente R. Barros, David Jon Dokken, Katharine J.Mach, Michael D. Mastrandrea, T. Eren Bilir , Monalisa Chatterjee, Kristie L. Ebi, Yuka Otsuki Estrada, Robert C. Genova, Betelhem Girma, Eric S. Kissel, Andrew N. Levy, Sandy MacCracken, Patricia R. Mastrandrea & Leslie L. White). (2014). *Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kiehle, J., Kopsakangas-Savolainen, M., Hilli, M. &Pongrácz, E. (2023). Carbon footprint at institutions of higher education: The case of the University of Oulu, *Journal of Environmental Management, 329*, 117056, ISSN 0301-4797, Doi: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117056.

Özçelik, G. (2017). 'Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsünün enerji ve karbon ayak izi açısından değerlendirilmesi' Yüksek Lisans Tez, Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Robinson, O.J., Tewkesbury, A., Kemp, S., & Williams, I.D. (2018). Towards a universal carbon footprint standard: a case study of carbon management at universities. *Journal of Cleaner Production*, *172*, 4435-4455, Doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.147.

Valls-Val, K., & Bovea, M. D. (2022). Carbon footprint assessment tool for universities: CO2UNV. *Sustainable Production and Consumption, 29*, 791-804.

Varón -Hoyos, M., Osorio-Tejada, J., & Morales-Pinzón, T. (2021). Carbon footprint of a university campus from Colombia. *Carbon Management*, *12*(1), 93-107.

Ward, J. D., Sutton, P. C., Werner, A. D., Costanza, R., Mohr, S. H., & Simmons, C. T. (2016). Is decoupling GDP growth from environmental impact possible?. *PloS one, 11*(10), e0164733.

WRI, (2004). The greenhouse gas protocol, World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development, Geneva, Switzerland; Washington, DC.

Yañez, P., Sinha, A., & Vásquez, M. (2019). Carbon footprint estimation in a university campus: Evaluation and insights. *Sustainability*, *12*(1), 181.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 685-717
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1527799

Gece Peyzajı

Night Landscape

Evren TANDOĞAN[1], Elmas ERDOĞAN[2]

Özet

Doğa ve insan eli ile şekillendirilmiş, birçok işlevin birbirleri ile hiyerarşik bir düzende bütünleştiği peyzaj alanlarının gece kullanımına yönelik doğal ve yapay aydınlatmanın bir arada kullanıldığı düzenlemeler gece peyzajını oluşturmaktadır. Gerek doğal gerek yapay ışık günün farklı saat dilimlerine ve mevsimlere göre değişiklik gösterirken aynı fiziksel çevrenin farklı biçimlerde algılanmasında belirleyici olmaktadır. Fiziksel çevrenin kimlik kazanmasında önemli bir unsur olan ışık, maddi niteliği ile karanlık alanlarda mekânsal etki yaratan üç boyutlu bir olgudur. İnsanın bulunduğu çevreyi tanıması, güvenlik gereksinimi ve ulaşıma yönelik konfor koşullarını arttıran işlevsel aydınlatmanın yanı sıra estetik kaygılar ile gerçekleştirilen aydınlatma gece peyzajında en önemli bileşendir. Doğal ışık kaynakları olan ay ve yıldızlı gökyüzü yanında yapay aydınlatma, insan aktivitelerinin gece saatlerinde de sürdürülmesine olanak sağlamakta; farklı mekanlarda kullanım olanaklarını da çeşitlendirerek gece peyzajını oluşturmaktadır. Farklı peyzaj alanlarında görünürlüğü ve alanın algılanma biçimini şekillendirmek amacı ile yapılan genel ve estetik aydınlatma tasarımları uzun erimli olabileceği gibi özel amaçlar doğrultusunda geçici olarak da kurgulanabilmektedir. Alanın sahip olduğu gece özellikleri doğrultusunda ele alınması gereken gece peyzajı; tasarım, planlama, mühendislik, güvenlik, ekoloji gibi farklı unsurların bir arada ele alınmasını gerekli kılan çok bileşenli bir konudur. Bu makalede "gece peyzajı" olgusu kavramsal olarak, farklı disiplinlerde yapılan araştırmalar kapsamında değerlendirilerek, farklı özelliklere sahip peyzaj alanlarında gece peyzajını oluşturan etmenler irdelenerek, tasarımı şekillendiren aydınlatma unsurları ve kullanım biçimleri ortaya konmuş, gece peyzajına yönelik önerilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gece peyzajı, peyzaj, kültürel peyzaj, peyzaj tasarımı, peyzaj aydınlatması.

Abstract

Arrangements where natural and artificial lighting are used together for the night use of landscape areas shaped either by nature or human beings, where many functions are integrated with each other in a hierarchical order, constitute the night landscape. Both natural and artificial light vary according to different time periods of the day and seasons, and are decisive in the perception of the same physical environment in different ways. Light, which is an important element in the identity of the physical environment, is a three-dimensional phenomenon that creates a spatial effect in dark areas with its material quality. In addition to functional lighting that increases the comfort conditions for people to recognize their surroundings, security needs and transportation, lighting realized with aesthetic concerns is the most important component inlighting and the night landscape. In addition to the moon and the starry sky, which are natural light sources, artificial lighting allows human activities to continue during the night hours and creates the night landscape by diversifying the possibilities of use in different places. General and aesthetic lighting designs to shape the visibility and perception of the area in different landscape areas can be appired as long term or temporary for special purposes. Night landscape, which should be handled in line with the night characteristics of the area, is a multi-component issue requiring different elements such as design, planning, engineering, security and ecology to be handled together. In this article, the phenomenon of "night landscape" was conceptually evaluated within the scope of researches conducted in different disciplines, the factors that make up the night landscape in landscape areas with different characteristics were examined, the lighting elements and usage patterns shaping the design were revealed, and suggestions for night landscapes were offered.

Key words: Night landscape, landscape design, cultural landscape, landscape lighting.

Geliş Tarihi: 04.08.2024, Düzeltme Tarihi: 25.02.2025, Kabul Tarihi: 03.03.2025

Adres: [1] Atılım Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Güzel Sanatlar Ortak Dersler Bölümü
E-mail: evren.tandogan@atilim.edu.tr
[2] Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, E-mail: elmas.erdogan@ankara.edu.tr

1. Giriş

İnsanın varoluşundan bugüne çevresi ile süreç içinde değişen, dinamik bir etkileşimi bulunmaktadır. Birey bu etkileşim ile içinde bulunduğu çevreyi dönemin genel kabul gören anlatıları ile deneyimlemekte ve anlamlandırmaktadır. Bu deneyim alanın anlamı, işlevi, tarihi ve hatta adı gibi bilinçli ya da bilinçaltı yönelimler ve alanın kullanım biçimleri ile oluşmakta; bireyin çevresine yönelik olarak oluşturduğu algı doğrultusunda da gelişmektedir (Tandoğan ve Erdoğan, 2023). Nesneleri görünür kılan ışık bireylerin çevrelerini algılamalarında en önemli unsurdur. Gün ışığının yokluğu olarak tanımlanan gece saatlerinde insan görüşünün doğal çevre koşulları doğrultusunda sınırlanması nedeni ile peyzajın algılanması mümkün olmamaktadır.

Çevre algısı mekanı oluşturan maddi ve manevi ögelerin yanı sıra kullanıcıların alana yükledikleri anlamlar ve değerler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Bu algının geliştirilmesinde fiziksel çevrenin netliği, yapılı unsurlar arasındaki farklılıkların ortaya çıkarılması önemli olmaktadır (Lynch, 1960).

Işık fiziksel anlamda çevrenin ve içinde barındırdığı nesnelerin biçim, boyut ve kütlelerinin algılanmasını sağlarken psikolojik anlamda ise farklı bireysel algılara neden olmakta, mekana ve alana herhangi bir anlatım, tanım, kimlik kazandırma açısından da katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda güncel yaşamda ışığın etkin ve doğru kullanımı ile mekanın tanımı ve kimlik oluşumu sağlanabilirken aynı zamanda farklı algıların da yaratılması mümkün olmaktadır. Evrende görsel ve mekânsal algıyı etkileyen en temel bileşenlerden biri olarak ışık eğer yansıma yoksa görülmesi mümkün olmayan ancak mekan tanımlayıcı olandır. Özellikle de gece ya da doğal ışık kaynağının bulunmadığı veya kısıtlı olduğu zamanlarda çok daha farklı algıları olanaklı kılmaktadır.

Işığın bulunmadığı durum olan karanlık farklı özelliklere sahip yapısı ile nesneleri kapatarak algılanamaz hale getirmektedir. Işığın az olduğu ya da olmadığı gece saatlerinde fiziksel çevrenin algılanmasında gereksinim duyulan aydınlatma bireyin görsel, imgesel algısı artırılarak bulunduğu mekan ile etkileşimini geliştirmekte ve bağ kurmasını sağlamaktadır. Günün farklı saat dilimlerine ve mevsimlere göre değişiklik gösteren ışık fiziksel çevrenin algılanmasında ve doluluk, derinlik, mesafe ilişkisinin birey tarafından değerlendirmesi için gereklidir. Yetersiz ışıkta nesnelerin detayları belirsizleşirken, renkleri de silikleşerek algılanması güçleşmektedir. Fiziksel çevrenin algılanmasında önemli bir unsur olan ışık, maddi niteliği ile karanlık alanlarda mekânsal etki yaratmak, sınırları tanımlamak ve dönüştürmek için kullanılan üç boyutlu bir olgudur.

İnsanın gün ışığının yokluğu olarak tanımlanan gece saatlerinde çevresini algılaması, deneyimlemesi doğal ışık kaynakları ile sınırlıdır. Kentleşmenin artması, mekanların kullanım çeşitliliği, aydınlatma olanaklarının ve teknolojilerinin gelişimi ile birlikte yapay ışık kullanımını da yaygınlaşmıştır. Yapay aydınlatma, insan aktivitelerini karanlık gece saatlerine uzatarak nerede, ne zaman ve ne kadar süre ile aktivitelerini gerçekleştirebilecekleri konusunda daha fazla seçenek sunmakta ve gece ortamını dönüştürerek yaşamı biçimlendirmektedir.

Gün ışığı mevcut çevrede bulunan tüm imgelerin detaylı biçimde algılanmasını sağlarken görsel açıdan da zenginlik yaratmaktadır. Öğeleri benzer hale getirerek kalabalık etkileri azaltan ışığın olmadığı ortamlarda ise aydınlatılmış öğeler ile karanlık alanlar arasındaki ilişki gece peyzajını oluşturmaktadır. Gece peyzajı; doğal ve yapay aydınlatmayı içeren ışığın renk, yoğunluk, parlaklık özellikleri kullanılarak aydınlık, gölge, karanlık etkileşimi sonucu oluşan ve bir anlamda da tasarlanan mekanlar bütündür.

İlk sabit/kalıcı elektrik aydınlatması 1835 yılında gerçekleştirilmiştir (Matulka and Wood, 2013). Endüstri devrimi sonrasında yapay aydınlatma gelişim göstermiş; gece etkinliklerinin artması ile ortaya çıkan yeni kullanımlar doğrultusunda yapay aydınlatma ve ışığın farklı kullanımları da çeşitlenmiştir. Eğlence sektörünün gelişimi ile de aydınlatma özellikle kentsel alanlar için daha farklı alternatiflere olanak sağlamıştır.

Gece peyzajında doğal ışık kaynakları yanında aydınlatma tasarımın en önemli unsurlarından biridir. İnsanların ışığın az olduğu ya da olmadığı gece saatlerinde de güvenli, sağlıklı ve işlevsel olarak kamusal alanları kullanımında aydınlatma temel bir unsurdur. Farklı uygulama, düzenleme ve etkin bir aydınlatma tasarımı ile alanın gece görünümünü tanımlanarak kullanım olanakları arttırılabilmektedir. Sosyal ve kültürel etkinlikler kapsamında kullanım olanakları gelişen alan ise bölgenin ekonomik olarak tanıtımına ve gelişimine katkı sağlayacaktır. Gerek işlevsel gerek estetik kaygılar ile gerçekleştirilen aydınlatma gece peyzajının en önemli bileşenidir.

Bu çalışmada farklı peyzaj alanlarında gerek görünebilirlik gerek mekânsal algıyı şekillendirmek amacı ile yapılan gece düzenlemeleri irdelenerek "gece peyzajı" olgusu ortaya konmuştur. Gece peyzajı kapsamında gerçekleştirilen aydınlatma yöntem ve teknikleri ile bireylerin konfor koşulları arttırılırken gece canlıları üzerindeki olumsuz etkileri de bilinmektedir. Bu doğrultuda farklı disiplinlerde yapılan aydınlatma ve gece peyzajına yönelik araştırmalar değerlendirilmiş, gece düzenlemelerinde tasarımı şekillendiren aydınlatma unsurları ve kullanım biçimleri irdelenerek, çevreye ve barındırdığı tüm yaşam formlarına saygılı aydınlatma tasarımlara ilişkin öneriler geliştirilmiştir. Yan sıra

uluslararası literatürde farklı yönleri ile ele alınan gece peyzajı konusunda Türkçe literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmanın ana materyalini gece peyzajı konusunda yayınlanmış olan araştırma, bilimsel rapor, ilgili literatür verileri oluşturmaktadır. Araştırmada izlenen yöntem üç aşamalıdır. İlk aşamada kuramsal çerçeve ve konu ile ilgili teorik veriler doğrultusunda her türlü literatür verisi derlenerek bulgular analiz edilmiş "gece peyzajı" olgusu kavramsal olarak tanımlanacak, farklı disiplinler tarafından gerçekleştirilen araştırmalar kapsamında irdelenmiştir. İkinci aşamada gece peyzajının tanımı yapılarak farklı özelliklere sahip peyzaj alanlarında gece peyzajını oluşturan etmenler irdelenerek, tasarımı biçimlendiren aydınlatma unsurları ve kullanım biçimleri ortaya konmuş; gece peyzajında aydınlatma biçim ve yöntemleri ile katkıları, olası sorun ve olanaklar tartışılmıştır. Son aşamada ise tüm bulgular sentezlenerek gece peyzajı olgusu tartışılmış, işlevsel ve estetik anlamda farklı ölçeklerde gerçekleştirilebilecek tasarımlara ilişkin önerilere yer verilmiştir.

3. Gece Peyzajı

Doğa ve insan eli ile biçim bulan, birçok işlevin bir diğeri ile hiyerarşik bir düzende bütünleştiği peyzaj alanlarının gece kullanımına yönelik doğal ve yapay aydınlatmanın bir arada kullanıldığı düzenlemeler gece peyzajını oluşturmakta bu anlamda da özellikle yapay aydınlatma önemli olmaktadır.

Aydınlatma nesnelere, mekanlara, alanlara küçük ya da büyük farklı bölgelere görülebilmesi etkili algılar oluşturulması ve daha rahat kullanılabilmesi için ışık uygulanmasıdır. Burada aydınlatma; yeterinde ışık sağlayarak karanlıktan kurtulmanın ya da çevreyi dekore etmenin ötesinde farklı tekniklerin kullanılmasını gerektiren bir uygulama olmaktadır. Bu anlamda bilimsel veriler doğrultusunda, insanların görsel algı ve gereksinimlerine göre aydınlatma gerçekleştirilmektedir. Aydınlatma doğal ya da yapay olabileceği gibi her ikisinden de yararlanılarak gerçekleştirilen bütünleşik aydınlatma şeklinde de uygulanabilmekte; böylece farklı mekânsal tanım ve algılar oluşturulabilmektedir. Bunun dışında aydınlatma işlevsel ya da dekoratif olmasına bağlı olarak farklı uygulama yöntem ve teknikleri ile de çevreye doğrudan ya da dolaylı katkı sağlamaktadır.

Yaşam çevrelerinin gece kullanımları için en doğru ve uygun aydınlatma ile amaç bireylere çevrelerini net algılayabilecekleri rahat ve güvenli kullanabilecekleri bir atmosfer

yaratmak olmalıdır. Bu olgu da ancak değişik seviyelerde farklı altyapılar gerektiren aydınlatma yöntem ve teknikleri ile sağlanabilmektedir. Aydınlatmada gerçekleştirilirken görsel kirlilikten ve çok fazla aydınlatma sonucu oluşabilecek; rahatsız edici uygulamalardan kaçınılmalıdır.

Gece peyzajı tasarımı anıtlar ve binalar gibi tek yapı ölçeğinden, kentsel kamusal mekanlara, kent ölçeğine (siluetine) ve bölgelere göre doğal - yapay, aydınlık - karanlık unsurların etkileşimi ile ortaya çıkan çok boyutlu bir olgudur. Bu noktada gece peyzajı ve peyzajın aydınlatması kavramları birbiri ile yakın anlamlarda kullanılsa da gece peyzajı tasarım, planlama, mühendislik, güvenlik, ekoloji gibi farklı unsurların bir arada ele alınmasını gerekli kılarken peyzaj aydınlatılmasında yasal zorunluluklar, gereksinim, güvenlik ve estetik değerler kapsamında gerçekleştirilen entegre bir çalışma gerektirmektedir. Peyzajın aydınlatılmasında faydacı bir yaklaşım ön planda iken gece peyzajı doğal ve yapay aydınlatma ile hem doğal hem de kültürel peyzaj alanlarını kapsamaktadır. Moyer'e (2022) göre gerek estetik gerek işlevsel amaçlar ile ele alınan ve insanların alan hakkındaki algılarını değiştirmek için farklı aydınlatma yöntemlerinin bir arada kullanılması ile elde edilen gece peyzajı alanın gün ışığında görülen gündüz imajından farklı bir kimlik ve görünüş ortaya koymaktadır.

Aydınlatma uygulamalarında ışık nokta ve dağınık ışık olarak iki kategoride değerlendirilmektedir. Tek bir kaynaktan gelen ışık nokta ışık olup oluşturduğu gölge sert ve yoğundur. Farklı kaynaklardan gelen ışık ise dağınık ışık olup oluşturduğu gölge dağınık ve yumuşaktır. Bayram'a (2009) göre ışığın ve ışığa bağlı olarak oluşturulan gölgenin manipüle edilmesi (yönlendirilmesi) ve belli bir amaç için kullanılması ya da kontrol edilmesi ise "aydınlatma" olarak tanımlanmaktadır.

Işık elektromanyetik spektrumun insan gözü tarafından algılanabilen kısmı içindeki elektromanyetik radyasyondur (ışımadır). Işık da diğer elektromanyetik ışınımlar gibi foton adı verilen paketlerden oluşmaktadır. Görünür ışık genellikle 400-700 nanometre aralığında ya da kızıl ötesi ve morötesi arasında 4.00x100-7 ile 700x10-7m dalga boyları olarak tanımlanmaktadır. Işık dalga boyuna göre göze farklı renklerde gözükmektedir. Güneş ışığı tüm renklerin bileşiminden oluşmaktadır. Temel ışık renkleri kırmızı, yeşil ve mavi olup diğer renkler bu üç rengin karışımı ile elde edilmektedir. Üç rengin birlikte var oluşu beyaz rengi oluştururken hiçbir ışığın olmaması durumunda ise siyah renk oluşmaktadır (Anonim, 2024a).

Işık-gölge etkileşimi ile içinde devinilen çevre, alan, mekan ya da herhangi bir yapı/binanın gerçekte ne ve nasıl olduğu, çevre ve diğer bileşenler ile ilişkileri, kitle

özellikleri ve detayları tanımlanabilmektedir. Aydınlatmanın yöntemi, kullanılan teknik ve estetik boyutunun yanı sıra psikolojik ve bireysel algı boyutunu da belirlemektedir. Renklerin ışığa bağlı olarak ortaya çıkması ve algılanması nedeni ile ışığın miktarı ve rengi de aydınlatmada ve oluşan etkide/algıda önemli olmaktadır.

Gün ışığının olmadığı saatlerde belirli bir ölçüde gerçekleştirilen aydınlatma ile güvenli ve algılanabilir çevre ve mekan hissi yaratılması amaçlanırken gece kısıtlı alanlarda gün ışığı koşullarının da sağlanması mümkün olabilmektedir. Bu anlamda, bir nesneyi ışıkta görme eylemi ile onu ışığa maruz bırakma eylemi arasındaki temel fark aydınlatma tasarımı ve gereksinimler doğrultusunda ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda gece peyzajı kapsamında gerçekleştirilen aydınlatma uygulamalarının hedefleri altı kategoride değerlendirilmektedir. Bunlar:

- Güvenlik

  Dış mekanlarda kullanılan aydınlatmanın amacı çevredeki çeşitli unsurlar arasındaki ilişkinin bir örüntü oluşturularak tanımlanmasını sağlamaktadır. Sınırların belirlenmesi, yatay ve dikey öğelerin tanımlanması, ortamın netliği gibi gerekli konfor koşullarının sağlanmasıdır (Moyer 2022).
- Yön bulma / yönlenme

  Erişim olanakları için görsel / algısal konfor koşullarının sağlanması
- Kısıtlama ve kontrol

  Can güvenliğine yönelik olarak dikkat çekme ve uyarı amaçlı kullanımı
- Süreli kullanım olanakları

  Rekreasyonel alanlar, kültürel aktiviteler ve eğlence merkezlerinin kullanımı sürelerinin ve olanaklarının arttırılması
- Vurgu yaratma ve odak oluşturma

  Işığın farklı aydınlık düzeyleri ve renleri ile görsel uyarıcı olarak kullanımı ve gölge, yarı gölge alanlar yaratılarak mekan algısı yaratılması,
- Estetik amaçlı kullanımlar

  Alanda bulunan yatay ve dikey öğeler ile oluşan kompozisyonlar ve bu ögelerin algılanmasında ön plana çıkan unsurlar ile bu unsurlar arasındaki uyumun sağlanmasıdır.

Gece farklı optik ve mekanik tekniklerin bir arada kullanılması ile gerçekleştirilen aydınlatma ile insanların duyularını, algılarını yönlendirilmek mümkün olmaktadır. Belli amaçlar doğrultusunda tasarlanan, farklı işlevlerin gerçekleştirildiği, birbirleriyle hiyerarşik bir düzende bütünleşen farklı peyzaj alanlarında gece düzenlemeleri alanların kullanımlarına

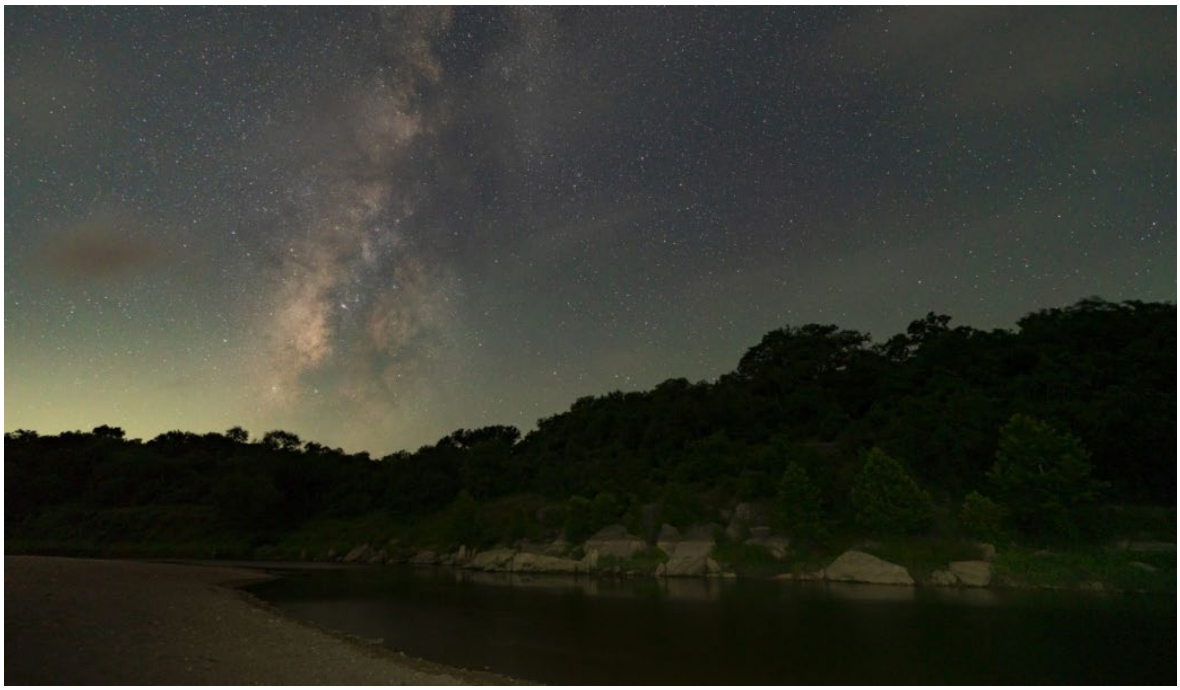
yönelik gereklilikler doğrultusunda biçimlenmektedir. Bu alanlarda aydınlatma yalnız işlevsel olarak mekanı görünür kılmak amacı ile değil, aynı zamanda kullanıcıların fiziksel ve psikolojik olarak rahat hareket edebilecekleri mekanlar yaratmak amacı ile de gerçekleştirilmektedir. Bu doğrultuda özellikle kentsel mekanlarda görünürlüğü ve mekana ilişkin algıyı yönlendirmek amacı ile kullanılan aydınlatmalar, uzun süre işlevini sürdürecek biçimde tasarlanabileceği gibi özel amaçlar doğrultusunda belli bir alana özel ya da bir yerde/bölgede geçici olarak da kurgulanabilecek, dinamik bir yapıda uygulanabilmektedir.

Gece ışık ile sağlanan aydınlatma ancak ışık düzeyinin ve türünün mümkün kıldığı sınırlarda gerçekleşirken karanlık, görüntüyü tanımlayarak ortaya çıkarmaktadır. Işık altında görsel olarak nesnelerin tüm özellikleri algılanırken karanlıkta; renk, form, derinlik ve gölge algısı kaybolmakta ve diğer duyular ile algılanabilecek koku ve ses gibi duyusal algılar ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda gece peyzajı yalnızca ışığın varlığı ya da yokluğu ile değil aynı zamanda bulunduğu konum, kullanım biçimi, aydınlatma tekniği, yoğunluğu gibi faktörlerden kaynaklanan farklı özellikleri ile de tanımlanmaktadır.

Gece aydınlatma sağlayan ay ışığı, gökyüzünün az, çok bulutlu ya da bulutsuz olması ile farklı aydınlatma düzeyinin yanı sıra farklı görsel etkiler de oluşmaktadır. Doğal ışığın yanı sıra yapay ışık mekânı ortaya çıkarma, vurgulama, gizleme, erişimi yönlendirme, kısıtlama engelleme gibi amaçlar ile kullanılmaktadır. Bu bakımdan aydınlatma bir taraftan işlevsel diğer taraftan dekoratif bir tasarım unsurudur. Gece peyzajını oluşturan aydınlatma ögeleri arasında yerleşim alanları, sokaklar ve caddelerde gerçekleştirilen genel aydınlatma, işlevsel aydınlatma olarak tanımlanmaktadır. Peyzajın aydınlatılması olarak genel bir yaklaşım ile gerçekleştirilen bu uygulamalar doğrultusunda farklı ölçek ve stildeki nesneleri vurgulayan, ışık ve gölge kompozisyonu oluşturarak peyzajın olumlu yönlerini ortaya çıkaran ve olumsuz yönlerini gizleyen gece peyzajı tasarımı birbirinden farklılıklar göstermektedir.

3.1. Doğal alanlar ve gece peyzajı

Doğal alanlarda gece peyzajı gök cisimleri, yeryüzünün manyetik alanı ile Güneş'ten gelen yüklü parçacıkların etkileşimi sonucu ortaya çıkan doğal ışımalar (aurora) sonucunda izlenen ışık, gölge ve yansıma ile oluşmaktadır (Anonim, 2025a). Gökyüzünde oluşan bu ışınımların yanı sıra ay ve yıldızların kısıtlı ışığı altında oluşan derin gölgeler ve büyük boyutlu karanlık yüzeylerin etkisi ile vurgulanan, belirginleşen gece görüntüsü doğal alanlarda gece peyzajını oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Milton Reimers Ranch Park ve Reimers Gözlemevi alanı, USA (Anonim 2024b).

Gecenin getirdiği karanlık, artan nem oranı, ısının düşmesi tüm organizmaları etkilemekte; insanların da davranışları ve psikolojileri değişmektedir (Gaston ve ark., 2015). Tüm yaşayan organizmalar gece karanlığına doğrudan reaksiyon vermektedir. Hayvanlar ise gece saatlerinde daha aktif olurken farklı duyuları ve gece görüş yetenekleri ile bu duruma adapte olmakta; bitki ve alglerin de gece davranışları ve biyolojik aktiviteleri değişmektedir.

Doğal alanlarda gece ay ve yıldızların ışığı canlıların doğal yaşam döngüleri kapsamında gerekli olan aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Geceleri yapay ışığın kullanılması insan faaliyetleri için kolaylık sağlarken, insanlar dışındaki tüm canlılar ve ekosistemler için genellikle istenmeyen bir durum olup, doğal alanlarda ve özellikle doğa koruma alanlarındaki aydınlatma kaçınılması gereken bir uygulamadır. Gece ışığın yokluğunda yön bulan ve gelişen canlılar için yapay ışık doğal olarak bulunması gereken aydınlık/karanlık dengesini değiştirilerek biyolojik ritimlerin günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık döngülerinin bozulmasına neden olmaktadır (Grubisic ve ark., 2018). Bu bağlamda tüm doğal ve özellikle doğa koruma alanlarında yapay ışık kirlilik etmenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Doğal alanlarda gece peyzajı da doğal aydınlatmanın sağladığı oranda olmalı; doğal döngülerin denge içinde gerçekleşebilmesi ve habitatların sürdürülebilirliği için yapay aydınlatma kesinlikle uygulanmamalıdır.

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) ve Uluslararası Karanlık Gökyüzü Derneği (DarkSky) tarafından da doğal alanlar ortam aydınlatması yapılmaması gereken alanlar (LZ0) olarak belirlenmiştir (DarkSky, 2023). Özellikle korunması gereken doğal peyzaj

alanlarında, astronomik gözlemevleri ve yakın çevrelerinde gerçekleştirilecek peyzaj düzenlemelerinde aydınlatmanın sınırlı ölçüde, güvenlik gereksinimleri dışında son derece kısıtlı ve sadece zorunlu turizm kullanımına yönelik olarak gerçekleştirilmesi ve sürekli aydınlatma yapılmaması gerekmektedir. Herhangi bir yapay aydınlatmanın yapılmadığı bu alanlarda kısıtlanan görme duyusu nedeni ile peyzajın işitsel, dokunsal duyular ile algılanması yolu ile ve farklı bir gece peyzajı deneyimi sağlanmaktadır.

3.2. Kırsal alanlar ve gece peyzajı

Kentsel alanlar dışında kalan, yerleşimin ekonomik olarak sürekliliğini sağlayan tarımsal ve hayvansal üretim faaliyetlerinin devam ettiği alanlar kırsal alanlardır. Kırsal alanlarda meydanlar ve sokaklarda, yapıların girişlerinde erişim kolaylığı sağlamak ve güvenlik amacı ile yapılan doğrudan aydınlatmanın yanı sıra iç mekanlardan yansıyan, genel olarak düşük parlaklık seviyelerine ve kullanım bakımından da daha kısa zaman aralığına sahip dolaylı aydınlatmalar söz konusudur. Kırsal alanlarda gece peyzajını şekillendiren de alanın doğal topografik yapısı, karanlık alanlar ile yapılanmış alanlarda kullanılan doğrudan ve yansıyan aydınlatmaların birbirleri ile olan ilişkileri kırsal gece peyzajını tanımlamaktadır (Şekil 2).

Kırsal alanlarda karanlık gece saatlerinde yapılan aydınlatma ile mevcut flora, fauna ve doğal denge olumsuz yönde etkilenmektedir. Tarımsal ekosistemler, büyük ölçüde doğal süreçlere bağlı, türlerin ve doğal yaşam alanlarının bir arada olduğu sistemlerdir. Gece ortamındaki yapay ışığın ve ısının bitkilerin aktif büyümesine, yaprak oluşumu ve tohum üretiminin gerçekleştiği döngüye etki ettiği bilinmektedir (Škvareninová ve ark., 2017). Benzeri şekilde yapay ışık bit, parazit, böcek ve omurgasız davranışlarını doğrudan etkileyerek ve türler arasındaki karmaşık etkileşim ağlarını değiştiren bir yapıya sahiptir (Grubisic ve ark., 2018). Bu durum kimi güve ve geceleri aktif tozlayıcılar olarak bitkilerle etkileşime giren canlı yaşamın doğal döngülerinin bozulmasına neden olmaktadır (Knop ve ark., 2017). Bu bağlamda gece peyzajı kapsamında özellikle kırsal ortamlarda ışığın yanı sıra karanlığın da dikkate alınması habitatların sürdürülebilirliği ve doğal dengenin korunması için bir zorunluluktur.



Şekil 2. Cinque terre bölgesi balıkçı köyleri, İtalya (Anonim 2024c, 2024d).

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu ve Uluslararası Karanlık Gökyüzü Derneği tarafından yapılan sınıflandırmalara göre kırsal yerleşimler LZ1 - düşük ortam aydınlatma seviyelerine sahip alanlar olarak tanımlanmaktadır (DarkSky, 2023). Kırsal peyzajlarda yapılan aydınlatma ile bölgede güvenlik ve/veya konfor koşullarını arttırılmasının yanı sıra özel aydınlatma yöntemleri ile bölgenin turizm açısından çekiciliği ve kullanıcı memnuniyeti artırılabilmektedir.

3.3. Kentsel alanlar ve gece peyzajı

Kent; doğal ve kültürel bileşenlerin karşılıklı etkileşim içinde bir arada bulunduğu ekosistemlerdir. Lynch (1960) kenti pek çok insanın zamanın değişen sosyo-politik, sosyo-

kültürel ve sosyo-ekonomik değerleri doğrultusunda değişen ve gelişen bir mekanizma olarak tanımlamaktadır.

Kentsel alanlarda gece peyzajı alanın doğal topografik yapısı doğrultusunda gelişmiş ulaşım akslarının, açık alanların, yapıların ve binaların aydınlatmalarının yanı sıra iç mekan aydınlatmalarının yansımaları ve birbirleri ile olan ilişkileri sonucunda oluşmaktadır. Dinamik bir yapıya sahip olan kentsel alanlarda gece görüntüsü kentin görsel ve algısal siluetini oluşturan işlevsel ve estetik amaçlar doğrultusunda yapılan çok yönlü aydınlatma uygulamaları ile gerçekleştirilmektedir. İşlevsel aydınlatma genel bir yaklaşım ile ele alınırken kent imgesini oluşturan bölgelerde, yollarda, "landmark"larda, düğüm ve nirengi noktalarında alanı vurgulamak, kullanım koşullarını iyileştirmek ve görsel etkiyi artırmak amacı ile estetik aydınlatma uygulamaları da gerçekleştirilmektedir. Gerek genel kullanımda yönlendirme ve bilgilendirme amaçlı olsun gerekse mekanların özelleştirilmesi amacı ile yapılan aydınlatmalar olsun kentsel mekanlarda gün ışığında fazla dikkat çekmeyen yapılar farklı ışık kullanımları, tabelalar ve ekranlar ile karanlık saatlerde ön plana çıkmakta, gece saatlerinde kentsel siluetin biçimlenmesinde belirleyici olması yanında estetik değer taşımayan kimi niteliksiz yapılar da aydınlatma ile nitelik kazanabilmektedir (Şekil 3).

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu ve Uluslararası Karanlık Gökyüzü Derneği tarafından yapılan sınıflandırmalara göre kentsel alanlarda orta (LZ2), orta derecede yüksek (LZ3) ve yüksek ortam (LZ4) aydınlatması kullanılmaktadır (DarkSky, 2023). Buna göre yüksek yoğunluklu veya karma kullanımlı konut bölgeleri için, kurumsal alanlar, okullar, dini merkezler, hastaneler, oteller/moteller, rekreasyon ve oyun alanları, karma kullanımlı alanlar, hafif ticari iş bölgelerinde güvenlik ve konfor koşulları doğrultusunda orta seviyeli, sürekli olmayan aydınlatma yapılması önerilmektedir. LZ3 orta yüksek ve LZ4 yüksek ortam aydınlatması olarak tanımlanan bölgeler ise kent merkezleri, yüksek gece aktivitesine sahip eğlence bölgeleri, yoğun kullanımlı rekreasyon ve oyun alanları, alışveriş merkezleri, benzin istasyonları, nakliye ve demiryolu sahaları, ticari-karma kullanım, imalat bölgeleri ve ağır sanayi olarak tanımlanan bu alanların aydınlatılmasında orta yüksek ve yüksek ışık seviyelerinin kullanımı söz konusudur.



Şekil 3. Brooklyn köprüsü ve New York silueti gün ışığı ve gece görünüşü (Anonim 2024e, 2024f).

3.4. Kültürel miras alanları ve gece peyzajı

Kültürel, tarihi ve mimari açıdan değere sahip miras alanları, yapı grupları ya da tek yapılar bulundukları alan ve mekanlar ile özdeşleşen ve içinde yer aldıkları çevrenin kimlik oluşumunda belirleyici yapılanmalardır. Süreç içinde oluşan kültürel ve tarihsel aktarımlar ile toplumsal hafızada yer eden bu mekanlar doğal çekim merkezleridir. Bu alanların gün ışığında olduğu gibi gece saatlerinde de algılanabilmelerine ve kullanımlarına olanak sağlayacak teknikler ile aydınlatılarak görünürlükleri ve görsel etkilerinin arttırılması ve

dolayısı ile sosyal, kültürel ve ticari açıdan alanın / bölgenin çekim merkezi olması sağlanmalıdır.

Somut ve soyut değerlerin bulunduğu kültürel miras alanları bulundukları konum ve ışığın ustaca kullanıldığı aydınlatma yöntemleri ile sağlanacak farklı ambians ve etkiler ile gece peyzajına katkı sağlayacaktır. Kültürel miras alanlarının ve taşınmaz kültür varlıklarının bulunduğu ortamlar da gece peyzajına farklı katkılar sağlamaktadır. Kırsal bir alanda yer alan kültürel miras ögelerinin programlanmış kısıtlı gece kullanımlarında güvenlik öncelikli ve kullanım programı özelinde geçici aydınlatma yapılırken kentsel alanlarda yer alan yapı ya da kalıntıların gece kullanımlarında güvenliğin yanı sıra kullanım olanaklarının çeşitliliği, sürekliliği ve estetik yaklaşımlar da göz önünde bulundurulmalıdır.

Kentsel bir alanda yer alan kültürel miras alanları ve taşınmaz kültür varlıklarının gece kullanımları kapsamında yapılan aydınlatma ile yapıların biçim, doku ve detaylarının okunabilir olmaları sağlanırken algının yönlendirilmesi de söz konusu olabilmektedir (Şekil 4). Aydınlatma ile kent siluetinde yer alan ve gerek fiziksel gerek simgesel değeri ile silueti biçimlendiren tarihi yapıların aydınlatılmasında yapının varlığı, karakteristik özellikleri vurgunun hangi noktalarda yapıldığı, kullanılan ışık yoğunluğu ve niteliği, farklı ışık renkleri ve parlaklık seviyeleri ile farklı uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Aydınlatma ile yapının sınırları ve/veya kimliği doğrudan etkilenerek izleyicilerin yapı ile ilgili görsel ve algısal bir imaj edinebilmelerine olanak sağlanmaktadır (Gaston ve ark., 2015 ve Moyer, 2022).

Kentin siluetinde nirengi noktası, hedef yapı olarak ön plana çıkan kültürel miras alanı ve/veya yapının gece peyzajı düzenlemeleri, yapının taşıdığı anlam, tarihi önem ve tasarım bütünlüğü tahrip edilmeden aydınlatma sağlanmalıdır. Aydınlatma tasarımı sonunda tarihi yapıların gerek bulunduğu çevre gerek yapısal bütünlüğü içinde yatay-düşey, dolu-boş ilişkileri göz önünde bulundurularak çevresi ile bütüncül olarak gerçekleştirilmelidir. Yapı ve/veya alanın her detayının görünürlüğüne yönelik aşırı aydınlatma yaklaşımları/uygulamaları görsel niteliği düşüren ve kullanıcıların hem fiziksel hem de psikolojik konforunu olumsuz yönde etkileyen durumlar olarak kaçınılması gereken yaklaşımlardır. Bu bağlamda tarihi yapıların/alanların aydınlatılmasının çevresi ile kurduğu etkileşimin dikkate alınarak gerçekleştirilmesi, ışık-gölge dengesi, ışık yoğunluğu, rengi, kalitesi, parıltı miktarı ile görsel konfor koşullarını rahatsız etmeyecek düzeyde olması gerekmektedir.



Şekil 4. Saint Peter's Bazilikası ve Sant'Angelo Köprüsü gün ışığı ve gece görünüşü (Anonim 2024g, 2024h).

Kültürel mirasa konu olan yapı ve alanlarda yapının çekiciliğinin arttırılmasına, vurgu yaratılmasına yönelik olarak yapılan aydınlatma çalışmalarında kullanılan armatürler tarihi yapıya/alana yerleştirilen çağdaş ekler olarak gün ışığında görülebilmektedir. Bu uygulamaların tarihi dokuya en az müdahale ile gerek çağdaş eklerin konumlandırılması gerekse ışık ve ısı kaynaklı tahribata imkan vermeyecek şekilde ele alınması; dolayısı ile bu tip uygulamaların dikkat çekmeyecek biçimde, mümkünse yapıdan bağımsız ve peyzaj düzenlemeleri ile birlikte ele alınması gerekmektedir.

3.5. Endüstriyel alanlar ve gece peyzajı

Sanayi tesislerinin, maden ocaklarının, ağır sanayi ve imalat bölgelerinin bulunduğu alanlar endüstriyel peyzaj alanları olarak tanımlanmaktadır. Bu alanlarda gün ışığının kısıtlı olduğu ya da olmadığı saatlerde de üretim, nakliye gibi makine ve insan gücüne dayalı faaliyetlerin devam etmesi nedeni ile aydınlatma ilkeleri güvenlik ve konfor koşullarının yanı sıra yasal zorunluluklar ile de belirlenmiştir (Anonim, 2019). Endüstriyel alanlarda alana giriş noktaları, yükleme alanları, lojistik, depolama, araç yolları ve otopark alanlarının gün ışığında olduğu gibi gece düzenlemelerinde de açık, net görüş olanağı sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Bu doğrultuda yüksek verimliliğe sahip, yoğun ve yaygın ışık etkisi ile gölgeli alanlar oluşturulmadan, atmosfer koşullarına dayanıklı bir aydınlatma yapılması beklenen endüstriyel alanlarda yoğun, doğrudan, parlak ışık kullanılmalıdır (Şekil 5).



Şekil 5. Endüstriyel tesis gece görünüşü (Anonim, 2024ı).

İnsan gözü karanlıktan aydınlığa hızlı bir şekilde adapte olabilirken aydınlıktan karanlığa geçişte bu süreç daha uzun olmaktadır. Bu kapsamda parlak ışığın yoğun kullanıldığı endüstriyel alanlarda aydınlık - karanlık alanlar arasında geçiş bölgelerinin tasarlanması, bu iki alan arasında geçiş yapan kullanıcıların güvenliğinin ve görsel konforunun sağlanması açısından önemli ve zorunludur. Bu anlamda parlak ışığın yoğun kullanıldığı bölgenin çeperinde yumuşak ışığa ve daha düşük parlaklık seviyesine sahip alanların hiyerarşik bir yapıda düzenlenmesi gerekmektedir.

DarkSky (2023) tarafından yüksek ortam (LZ4) aydınlatma bölgesi olarak kabul edilen bu alanlarda karanlık saatlerde gökyüzünde bulunan doğal ışık kaynaklarının varlığı, algılanabilirliği mümkün olmamaktadır. Üretim faaliyetlerinin niteliğinin yanında güvenlik

sağlamaya yönelik olarak kullanılan yoğun, parlak ışık kullanımı, dağınık ışık hüzmesi, kamaşma ve aşırı aydınlatma yapılması nedenleri ile endüstriyel alanlar ışık kirliliğinin en yüksek olduğu alanlar olarak kabul edilmektedir. Bu nedenler ile endüstriyel alanlarda minimalist bir yaklaşım ile işleve yönelik bir aydınlatma sağlanmalıdır.

4. Gece Peyzajı ve Aydınlatma Teknikleri

Işık insanlara fiziksel çevreyi gösteren, ortaya çıkaran ve vurgulayan özelliklerinin yanı sıra yoğunluğu, parlaklığı ve rengi ile görüşü azaltan, göz konforunu etkileyen bir yapıya da sahiptir. Gece peyzajı kapsamında aydınlatma tasarımı genel aydınlatma ile bir arada ele alınan ve nesne üzerinde vurgu oluşturmak, belirgin kontrastlar sağlamak, hacim kazandırmak gibi amaçlar ile de gerçekleştirilebilmektedir. Gerek görsel - estetik amaçlı gerekse işlevsel açıdan etkili bir gece peyzajı tasarımı topografik yapı, mevcut binalar, bitki varlığının biçimi ve dağılımları ile aydınlatma sisteminde kullanılan ışık parlaklığı, sıcaklığı, rengi ve gölge/yarı gölge alanların düzenlenmesi ile sağlanmaktadır (Gaston ve ark., 2015). Parlaklık hiyerarşisinin olmadığı, benzer ışık seviyelerinin kullanıldığı aydınlatma, gece peyzajının algısal bütünlüğüne etki ederek tekdüze, monoton bir görsel kompozisyon oluşumuna neden olmaktadır. Yanı sıra yoğunluğu yüksek, renkli ışık kullanımları ve ışık – gölge dengesinin gözetilmediği aydınlatma uygulamaları da görsel konfor koşulları açısından olumsuz sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu bağlamda gölge/yarı gölge alanların yaratılmasında aydınlatma hiyerarşik bir yapıda kurgulanmalı, çevredeki mevcut aydınlatma sonucu gelen ışık düzeyleri de göz önünde bulundurulmalıdır (Moyer, 2022). Gündüz ve gece görünümleri bakımından tutarlı bir gece peyzajı doğal – yapay, aydınlık – karanlık, sıcak – soğuk, hareketli – dingin, ışık – gölge gibi ışığın yoğunluğu, dalga boyu, rengi ve aydınlatma süresi gibi konularda işlevsel ve dekoratif uygulamaları bütünleştiren bir yaklaşım izlenmelidir. Bu kapsamda ele alınan aydınlatma uygulamaları genel (işlevsel) aydınlatma, dolgu ve vurgu aydınlatmaları olarak üç kategoride irdelenmektedir. Buna göre;

- **<u>Genel Aydınlatma (İşlevsel)</u>**

  Nesnelerin boyut, şekil, renk ve ayrıntıları ile rahat algılanabileceği bir aydınlık derecesine sahip, tekdüze ışık ile gerçekleştirilen aydınlatma biçimdir. Mekanın görsel olarak hızlı algılanmasına yönelik olan genel aydınlatmada kullanılan ışık düzeyi, mekan kullanım özelliklerine bağlı olarak uluslararası temel ışık seviyelerine göre

belirlenmektedir[1]. Genel aydınlatma farklı ölçeklerdeki alt alanlar arasındaki ilişkiyi bir örüntü oluşturularak ortaya koymaktadır (Gaston vd., 2015). Ay ve yıldızlardan yansıyan doğal ışığın yanı sıra, sokak aydınlatmaları, reklam panolarında kullanılan aydınlatmalar, güvenlik nedeni ile yapılan uyarı / kontrol aydınlatmaları, ulaşım araçları ve geceleri konutlardan yansıyan ışık açık alanlarda genel aydınlatmayı sağlayan diğer bileşenlerdir. Genel (işlevsel) aydınlatma ışığın az olduğu ya da karanlık koşullarda da görsel konforun ve güvenliğin sağlanması amacı ile kullanılmaktadır.

- **Dolgu Aydınlatması**

Dolgu aydınlatmasında karanlık, loş ya da aydınlık bir mekandan daha aydınlık bir alana geçiş sağlanırken bu iki mekan arası ışık ile tanımlanmaktadır. Benzer karaktere sahip alanlarda, hareketin birleştiği, yayıldığı, bir sembol / simge olarak kabul edilen nirengi noktalarında ışığın miktarı ve parlaklığı kullanılarak mekan etkisi yaratılmakta, görsel olarak alanı tekrar tanımlamak, dikkat çekmek ya da odak noktaları oluşturmak için dolgu aydınlatmasından yararlanılmaktadır. Bu doğrultuda dolgu ışığı genel aydınlatma nedeni ile nesnelerin oluşturduğu gölgeli alanların en düşük seviyeye indirilmesi, nesnelerin boyut, form ve doku özelliklerinin ortaya çıkartılmasında hem işlevsel hem de estetik amaçlar ile kullanılmaktadır.

- **Vurgu Aydınlatması (Accent lighting)**

Binalarda, simgesel ve anıtsal yapılarda, nirengi noktalarında ışığın yönü, rengi ve parlaklığından yararlanılarak formun, dokunun ve / veya detayın ön plana çıkartılmasına yönelik olarak yapılan aydınlatmalardır. Vurgu aydınlatması genel aydınlatmadan çok daha parlak ve/veya renkli olacak şekilde gerçekleştirilmelidir. Aydınlatma vurguları nesneler, mimari detaylar veya bağımsız yüzeylerde genel aydınlatmaya oranla daha az kullanıldığında etkili olmaktadır. Estetik amaçlar ile de kullanılmaktadır.

Bir alanda genel (işlevsel), dolgu ve vurgu aydınlatmalarının bir arada kullanılması ve aydınlık dereceleri düzenlenerek mekan hem olumlu hem de olumsuz yönde değiştirilebilmektedir. Gerek işlevsel gerek estetik açıdan farklı ışık yoğunluğu veya parlaklık düzeyleri ile tasarımlarda birbirinden farklı uygulama yöntemleri bir arada kullanılabilmektedir. Bu anlamda dış mekanlarda aydınlatma yapılırken genel aydınlatma amacı ile sokak aydınlatmaları ve projektörler (floodlight), dolgu ve vurgu

[1] Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından yayınlanan ve aydınlatma ile ilgili standartları içeren farklı belgeler için https://cie.co.at/publications/ - (CIE) CEN/TS 17165 Light and lighting - Lighting system design process

aydınlatmalarında ise spotlight, downlight ve özellikle yapılarda farklı renk ve esnek uygulama seçeneklerine sahip LED ışıklar kullanılmaktadır.

4.1. Sokak aydınlatmaları

Araçların, yayaların ve bisikletlilerin bulunduğu ana, toplayıcı ve tali yollar için sağlanan aydınlatma biçimidir. Genel olarak kamu tarafından güvenliğin sağlanması amacı ile gerçekleştirilen aydınlatma kentin gece peyzajının tanımlanmasında önemli bir bileşendir. Sokak aydınlatmasının birincil amacı yaya ve araç trafiğine yönelik olarak gerekli / yeterli görünürlüğü ve güvenli erişimi sağlamaktır.

Ana, toplayıcı ve tali yolları hiyerarşik yapısı, kullanım yoğunluğu doğrultusunda güvenlik sağlamak amacı ile parlak ve güçlü ışıklar kullanılırken kullanım yoğunluğu az olan sokakların daha yumuşak ve hafif ışıklandırma kullanılarak aydınlatılması ile belli bir hiyerarşi sağlanmalıdır. Cadde ve sokaklarda belirli bir yüksekliğe monte edilerek ışığın eşit dağılımını sağlayan iki yönlü armatürler ile parlak, yoğun ve dağınık ışık elde edilirken, daha düşük kotlarda direkler, babalar, dekoratif nesneler, gömme armatürler ile sağlanan yumuşak ışık ile gündüz ve gece farklı görsel etkilere sahip mekanlar yaratılabilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Sokak aydınlatması (Prodromos Nikiforidis - Bernard Cuomo 2009) (Anonim, 2024i, 2024j).

4.2. Projektör (Floodlight)

Projektör olarak da bilinen, belirli bir alana odaklanmış yoğun bir ışık demeti üreten elektrikli cihazların kullanımı ile gerçekleştirilen bir aydınlatma yöntemidir. Yüksek

yoğunluklu, geniş huzmeli (açılı) ve yönsüz bir ışık sağlaması nedeni ile genel aydınlatma olanağı sunmaktadır (Şekil 7). Ancak, yüksek parıltıya sahip projektörün ışığı yönsüz olduğu için aydınlatmanın yapıldığı alanda yavaşça solan yumuşak, şeffaf gölgeler oluşturmaktadır.



Şekil 7. Geniş alanların aydınlatılmasında kullanılan Floodlight (Projektör) (Anonim, 2024k).

Güçlü ve parlak bir ışık huzmesi yayan projektörler alanı ortaya çıkarmak, dikkat çekmek gibi amaçlar doğrultusunda tekil olarak da kullanılmaktadır. Karayolu, otoyol tünelleri ve alt geçitler, açık hava spor alanları, canlı performanslar için sahne düzenlemeleri, üretim tesisleri, otopark, garaj alanları ve güvenlik kontrolü gerektiren alanlarda bu tür aydınlatma ögeleri kullanılmaktadır.

4.3. Spot Aydınlatma (Spot lighting)

Bir mekanda hem genel hem de yönlendirilme yapılabilen armatürler ile vurgu aydınlatma yapılmasına imkan veren farklı form, boyut ve uygulama şekillerine sahip cihazlar ile yapılan aydınlatma yöntemidir. Genel aydınlatma olarak kullanıldığında daha fazla alanın hafif ve yumuşak biçimde aydınlatılmasına olanak sağlarken yönlendirme yapılarak farklı açılar ile kullanılabilen armatürler farklı renk ve yoğunluğa sahip ışıklar ile noktasal olarak da kullanılmaktadır. Spot ışıkları yoğun ancak dar huzmelidir. Canlı performanslar, mekan içinde odak oluşturulmak istenen alanlar, vurgulanmak, ön plana çıkartılmak istenen detaylarda ve görsel estetiği arttırmak amacı ile tercih edilmektedir. Farklı ışık rengi ve tipleri olan spotlightların uygulama yöntemleri de çeşitlilik göstermektedir.

- **Yukarıya aydınlatma (uplighting)**

Armatürlerin zemine ya da alt kotlara yerleştirilerek yukarı doğru belirli bir açı ile ışığın yönlendirildiği aydınlatma yöntemidir. Genellikle geniş yüzeylere karşı kullanılan bu teknik ile kullanılan armatür, ışık türü ve konumuna göre dramatik bir etki ya da yumuşak bir parıltı elde etmek mümkündür (Şekil 8).



Şekil 8. Yukarıya aydınlatma (Anonim, 2024l).

Yukarı aydınlatma ile yapı ve sınır elemanları yüzeylerinde ilginç gölgeler oluşturmak ve siluetleme tekniği ile birlikte kullanımı ile de dramatik etkiler yaratılabilmektedir. Bu teknik aynı zamanda ağaç gövdelerini ve kanopilerini vurgulamak amacı ile de kullanılmaktadır.

- **Ayna yöntemi (mirroring)**

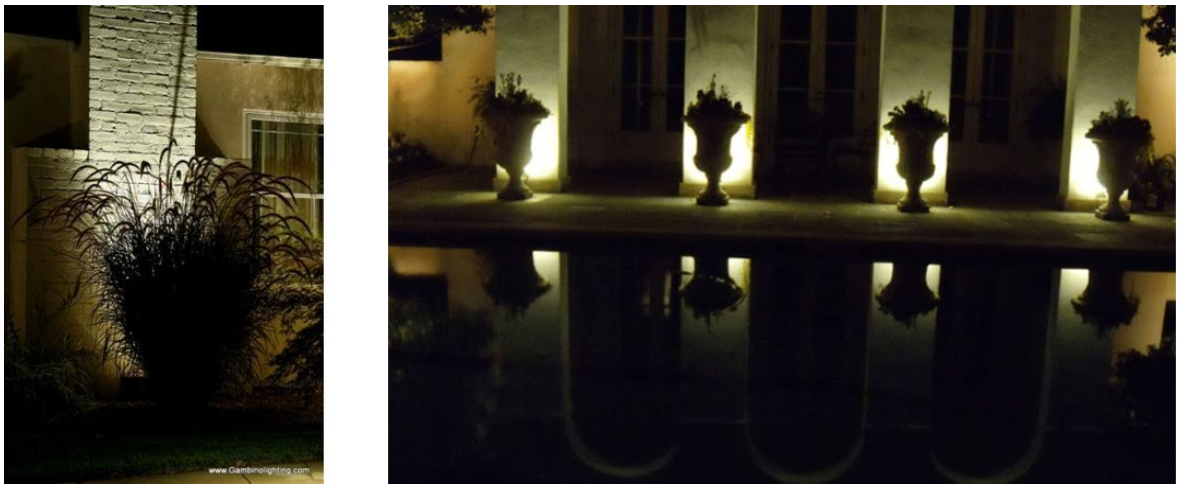
Alanda belirlenen nesnelerin mevcut karanlık ve hareketsiz durgun su yüzeyi üzerinde yansımasının oluşturulması amacı ile yapılan aydınlatma yöntemidir (Şekil 9). Suyun yansıtıcı özelliğinin kullanıldığı bu teknikte su ile suya yakın nesne arasına yerleştirilen ışığın etkileşimi ile oluşan parlama ve yansıma etkileri kullanılmaktadır. Ayna yönteminde mevcut su üzerinde oluşturulan görsel yansıma ile mekanın algılanmasında derinlik hissi ve aynı zamanda da dramatik bir etki yaratılabilmektedir.



Şekil 9. Ayna yöntemi ile aydınlatma (Moyer, 2022)

- **Siluet oluşturma (silhouetting)**

Bir nesnenin arkasındaki alanın ya da yüzeyin aydınlatılması ile nesnenin hatlarının ön planda vurgulanması şeklinde uygulanmaktadır (Moyer, 2022) (Şekil 10). Bu teknik ile aydınlatmada aydınlık ve karanlık yüzeylerde görsel olarak derinlik hissi de yaratılabilmektedir.



Şekil 10. Siluet oluşturma tekniği örnekleri (Anonim, 2024m, 2024n)

- **Işık halkası (halo effect)**

Bir nesnenin çevresinde onu bulunduğu yüzeyden ileri itecek şekilde yapılan gizli aydınlatma yöntemidir (Şekil 11). Bu yöntemde ışık hüzmesi dikkati çevrelenmiş alana çekerek nesneyi bulunduğu yüzeyden yüksekte gibi algılatarak ön plana çıkartmaktadır. Farklı renk ve sıcaklıklarda ışık kullanımı ile hiyerarşik bir yapının oluşturulmasında da kullanılan halo etkisinde amaç tanımlanmış olan alanın vurgulanmasıdır.



Şekil 11. Işık halkası yöntemi ile aydınlatma (Anonim, 2024o).

- **Gölgeleme (shadowing)**

  Genel olarak yayılan bir ışık hüzmesi ile elde edilen bu tip bir aydınlatmanın esası üç boyutlu bir nesnenin parlak bir yüzey üzerinde hareket eden siyah bir kesite dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır (Moyer, 2022). Aydınlatılan nesnenin alanın geneli içindeki görsel etkisini artırmak, dramatik etki yaratmak amacı ile kullanılan gölgeleme tekniğinde ışığın konumuna bağlı olarak nesne gölgesinin duvar ya da zemine düşürülmesi ile elde edilmektedir (Şekil 12). Burada yansıma-yansıtma yolu ile farklı etki ve ambiyanslara sahip estetik ve artistik görsel niteliği de olan ışık ve aydınlatma oluşumu sağlanmaktadır.



Şekil 12. Gölgeleme aydınlatması (Anonim, 2024ö).

- **Ay ışığı efekti (moonlighting)**

  Aydınlatmada özellikle ağaçlara yerleştirilen ışık kaynakları ile elde edilen aydınlatma yöntemi ay ışığı etkisi olarak tanımlanmaktadır. Yukarıdan, özellikle bitkilerin üzerinden ya da içinden verilen ışık ile zeminde yaratılan gölgeleme ile farklı bir hacim tanımı ve mekan etkisi sağlanmaktadır. Farklı ışık rengi ve sıcaklıkları ile kullanılabilecek bu yöntemde görsel olarak ön plana çıkan etki doğal ay ışığını taklit eden ışık rengi ve sıcaklığı kullanılarak elde edilmektedir (Şekil 13). Estetik ve kimlik değeri olan bir aydınlatma biçimidir.



Şekil 13.1 Ay ışığı etkili aydınlatma (Anoni, 2024p).

- **Yıkama (Washing)**

  Işığın yüzeye çok sığ bir açı ile yönlendirilerek yüzeyin yapısını, dokusunu vurgulamak, parlak bir arka plan oluşturmak amacı ile kullanılan aydınlatma tekniğidir. Bu etkiyi elde etmek için geniş huzmeli ışık tercih edilmelidir. Genellikle binaların, kayaların, istinat duvarlarının ve büyük nesnelerin aydınlatılmasında kullanılmaktadır. Böylece gece saatlerinde belli dokuların ve biçimlerin detayda algılanması sağlanırken ışık-gölge etkileri ile de artistik görünümlere olanak sağlamaktadır.

4.4. Downlight

Genellikle üst örtü elemanlarına ve tavana ankastre ya da çıkıntı yapacak şekilde yerleştirilerek ışığı aşağı doğru yoğunlaştıran armatürler ile gerçekleştirilen aydınlatma tekniğidir. Alanın görsel kalitesini arttırmak amacı ile kullanılan downlight aydınlatmaların ışığı yoğun ve dar bir açıya sahiptir (Şekil 14). Daha sıradan ve işleve yönelik bir aydınlatma biçimidir.



Şekil 14. Downlight uygulaması (Anonim, 2024r).

4.5. LED (Light Emitting Diode - Işık Yayan Diyot)

Görünür ışık, kızılötesi (infrared, IR) ya da morötesi (ultraviole, UV) üretiminde kullanılan LED farklı formlarda kılıflanabilen ve farklı dalga boylarında ışık üretimine olanak sağlayan yapısı ile çok geniş kullanım alanına sahiptir. Şerit, çubuk ve panel olarak üretilen LED aydınlatmalar küçük boyut, hızlı tepkime, uzun erimli kullanım, düşük enerji tüketimi ve dayanıklı olması nedeni ile özellikle dış mekan aydınlatmalarında tercih edilmektedir.

Farklı kullanım olanaklarına sahip LED aydınlatmalar özellikle yapıların dış hatlarının tanımlanmasında, vurgulanmasında ya da hızlı renk geçişlerine imkan veren yapısı ile bina cephelerinde dekoratif desenler oluşturulmasında kullanılmaktadır (Şekil 15). Ancak dikkatli kullanılması gereken bir aydınlatma yöntemi olup, yoğun kullanıldığında görüntü kirliliğine neden olabilmektedir.

LED teknolojisi aydınlatma uygulamaları dışında araba farları, yol aydınlatmaları, reklam tabelaları yanı sıra dekoratif amaçlı aydınlatma tasarımlarında kimi zaman şebekeden bağımsız konumlarda, güneş enerjisi ile bütünleşmiş çözümler ile de kullanılmaktadır.



Şekil 15. A: Empire State Binası (New York), B: The Bank of America Plaza (Dallas), C: Eyfel Kulesi (Paris) (Anonim, 2024s, 2024t, 2024u).

Reklam, tanıtım, bilgilendirme amacı ile yerleştirilen, içeriklerinin kısa mesafeden izlemesi mümkün olmayan, ışık ve renk parlaklığı oldukça yüksek LED ekranlar kullanılmaktadır. Bu ekranlar bulunduğu alanın aydınlık seviyesini etkileyen, görsellerin değiştiği kısa sürelerde insan gözünün kamaşmasına neden olan hızlı akan, değişen parlaklık seviyelerinde ve renklerde ışık üreten dinamik yapıya sahip dolaylı aydınlatma kaynaklarıdır (Şekil 16). Reklam aydınlatması ticari atmosfer yaratmada oldukça yardımcı olsa da yüksek oranda ve dağınık ışık hüzmesi yayılımı nedeni ile ışık kirliliği yaratabilmekte; aynı zamanda görsel karmaşaya da neden olabilmektedir.



Şekil 16. Tanıtım ve reklam panoları ile aydınlatılmış Shibuya kent merkezi, Tokyo (Anonim, 2024v).

Doğal ve kültürel birçok unsurun bir arada bulunduğu alanlarda farklı aydınlatma yöntemlerinin kullanımı ile genel ve özel aydınlatma uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Aydınlatma amacı ile kullanılan elemanlar farklı malzeme, tür ve forma sahip üç boyutlu nesneler olarak alanda görsel algıyı etkileyen unsurlar arasında yer almaktadır. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda şebekeden bağımsız aydınlatma imkanlarının ve özellikle LED uygulamaların çeşitlenmesi ile renkli, desenli, etkileşimli tasarımları mümkün kılmaktadır. Ahşap, metal, beton, polyester, cam gibi farklı malzemeler ve farklı tasarımlarda üretilen direkler, sınır elemanları, asma ve gömme ekipmanların yanı sıra hem esnek hem de küçük boyutlu LED'ler ile doğal taşların ve kütüklerin çevre ile uyumlu aydınlatma ekipmanları olarak tasarlanması mümkün olmaktadır (Şekil 17).



Şekil 17. Güneş enerjili ve / veya şebeke bağlantısı gerekmeyen dekoratif LED armatür örnekleri (Anonim, 2024y1, 2024y2, 2024y3, 2024y5).

Gece peyzajı kapsamında hem işlevsel hem de dekoratif olarak gerçekleştirilen aydınlatmaların birbiri ile kesişen hem de birbirini tamamlayan bir yapıdadır. Işığın az olduğu ya da olmadığı saatlerde farklı mekanlarda, farklı kullanım biçimlerine olanak sağlayan aydınlatma peyzaj tasarımının da ayrılmaz bir bileşenidir. Aydınlatma tasarımlarında kullanılan ekipmanlar gün ışığında algılanan, üç boyutlu donatı elemanlarıdır. Bu bağlamda aydınlatmanın yönü, ışığın rengi, açısı ve renksel geriverim özelliklerinin yanı sıra armatürün formu, boyutu, kurulum olanakları bakımından alan/yapı ile uyumlu olması gerek etkin enerji kullanımı gerekse uygulama-bakım maliyeti açısından ekonomik olması tasarımda göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli etmenlerdir.

5. Sonuç ve Öneriler

Peyzajın insan vizyonuna giren her şey olduğu kabulü ile gece peyzajında mutlaka bir çeşitlilik olması gerekmektedir. Bu kapsamda habitat bütünlüğünün korunmasının temel hedef olduğu doğal alanlarda aydınlatma ve doğal yol ile sağlanmalı ve kimi önemli noktalarda güvenlik amaçlı olanlar dışında yapay aydınlatma gerçekleştirilmemelidir. Ancak kentsel alanlarda aydınlatma işlevsel anlamda bir zorunluluk iken diğer yandan da kent kimliği ve tanımında önemli olmaktadır. Kentler renkler ile yaşam bulmakta; kendi tarihi, kültürü, doğal bileşenleri doğrultusunda karakterini yansıtan renklere sahip olmaktadır. Gün boyunca kentin sahip olduğu renkler ve izlen değeri gün batımı ile birlikte kimliğini kaybolmakta ancak aydınlatma ile kent imgesi ve kimlik yeniden yorumlanmaktadır. Kentin genel aydınlatmaları olan cadde, sokak, alan aydınlatmaları bu imgenin arka planını oluştururken; dolgu, vurgu, noktasal, bina, köprü aydınlatmaları ve farklı teknikler ile aydınlatılan yapılar ön planı oluşturmaktadır. Yanı sıra bu bütünün içinde yer alan ve dinamik bir yapıda olan trafik sinyalizasyon, ilan ve reklam panoları ile dekoratif amaçlı aydınlatma da farklı etkiler yaratmaktadır.

Aydınlatma genellikle güvenlik, rekreasyon, kültürel, sosyal ve ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliği için ışığın az olduğu ya da olmadığı gece saatlerinde gereksinim duyulan, fiziksel çevrenin algılanmasında, vurgulanmasında, görsel ve estetik niteliğin arttırılmasında önemlidir. Bireylere zamansal ve mekansal kullanımlar bakımından farklı imkanlar da sunan aydınlatma, özellikle yapılı çevrelerde aktiviteleri kolaylaştırmak, çeşitlendirmek, estetik ve güvenliği sağlamak amacı ile gerçekleştirilmektedir. Aydınlatma, ışığın az olduğu ya da olmadığı karanlık saatlerde güvenlik amacı yanı sıra insanların gerçekleştirdikleri aktiviteler için daha konforlu bir ortam sağlayarak kentsel - kamusal alan kullanımlarını da arttırmakta; alanın sosyo-ekonomik olarak gelişmesine, bilinirliliğinin artmasına ve dolayısı ile turizm açısından da cazibe alanı olarak kabul edilmesine olanak sağlamaktadır.

Gece peyzajı herhangi bir alanın coğrafi yapısı, konumu, kullanım çeşitlilikleri ile ele alınan, kurgulanması uzun zamana yayılan, döneme ve atmosfer koşullarına bağlı olarak farklılıklar gösteren dinamik bir yapıya sahiptir. Alanın gün ışığındaki görüntüsü üzerinden nirengi noktaları, vurgu alanları belirlenerek, kullanılacak özel aydınlatma efektleri ile mevcut çevrenin sahip olduğu doğal ve kültürel değerler, mimari özellikler ve siluet bileşenleri farklı aydınlatma yoğunluk, parlaklık seviyeleri doğrultusunda ele alınması gereken gece peyzajı, özellikle yerleşim alanlarında ekonominin yanı sıra alanın marka oluşumuna katkı sağlayan, kent imge ve silüetinde belirleyici olmaktadır.

Aydınlatma ile derinlik yaratmak, belli ögelere ve noktalara vurgu yapmak, yönlendirme, dikkat çekme, görsel süreklilik sağlama, anlamlandırma ve farklı psikolojik etkiler oluşturmak mümkün olmaktadır. Bir tür elektromanyetik dalga olan ışığın ve dolayısı ile bunu sağlayan aydınlatmanın boşlukta, havada, su ve diğer maddelerde hızı ve algısı farklı olmaktadır. Güneş, ay, yıldızlar tarafından üretilen ışık ateş, lambalar, lazerler gibi pek çok farklı kaynaktan da üretilebilmekte; görme yeteneği ise ışığın dalga boyu, yoğunluğu ve rengi ile etkileşimi sonucu oluşurken farklı algılar da oluşturmaktadır.

Gece peyzajında aydınlatma beli bir dengede olmalı; gece aktiviteleri için kullanışlı, uygun, güvenli, karmaşa yaratmayacak biçimde gerekli aydınlatma sağlanmalıdır. İşlevsel aydınlatmanın yanı sıra vurgulanmak istenen bina, yapısal öge, bitkisel materyal, zemin ve yüzey aydınlatmaları aydınlatılacak kent-kır bileşeninin kimlik ve niteliğine göre farklı yöntemler ile sağlanmalıdır. Ancak bütün bu farklı aydınlatma yaklaşımları bütüncül düşünülmeli; görsel kirlilik ve karmaşadan kaçınılmalıdır. Doğru ve nitelikli tasarlanmış gece aydınlatması kentin kullanım biçimini ve mekânsal niteliğini artırmakta; kentsel kamusal alanların etkin kullanımının yanı sıra kent estetiğine katkı sağlamaktadır. Etkili bir gece aydınlatması ise aydınlatma tasarımında uzmanlık gerektirmektedir. Bu kapsamda görsel karmaşa ve buna bağlı olarak rahatsızlık verici uygulamalardan ve kirlilikten kaçınılmalı; özellikle vurgulu aydınlatmalar sadece taşınmaz kültür varlıkları ve "landmark" niteliğindeki yapılar için sağlanmalıdır. Sanat amaçlı aydınlatma ve ışık uygulamaları da mekana özel tasarlanmalı; tüm kenti festival alanına dönüştüren uygulamalardan kaçınılmalıdır.

Gece peyzajı tasarımında ışık, gölge ve karanlık arasındaki ilişkinin yanı sıra alanın konumu, mevcut çevre, güvenlik gereksinimleri, kullanım olanakları ve estetik yaklaşımlar doğrultusunda ele alınması gereken, tüm değerleri, bileşenleri, mekanları ve insan faaliyetlerini bir arada ele alan çok boyutlu bir olgudur. Gece peyzajına konu olan alan özelinde doğa ve insanın etkileşimi doğrultusunda biçim bulan peyzajın sahip olduğu potansiyeli ve sorunları bütüncül bir bakış açısı ile değerlendirilerek gerek ekolojik gerek kentsel yaşamın gereklilikleri doğrultusunda aydınlatma stratejileri geliştirilmelidir.

Yapay ışığın gece canlıları üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak, flora ve faunanın korunması, çevreye olan olumsuz etkilerinin en aza indirgenmesi amacı ile ışığın renginin, dağılımının ve yoğunluğunun kademeli olarak değiştiği aydınlatma katmanları tasarlanmalıdır. Özellikle kırsal yerleşmelerde ışık karanlık döngüleri de dikkate alınarak aydınlatmanın sürekli olmaması ve insan faaliyetleri azaldıkça ışığın azaltılması ya da kullanılmamasına yönelik uygulamalar gerçekleştirilmelidir.

Gece peyzajının en önemli bileşeni olan yapay ışık aynı zamanda bir kirlilik unsuru olarak da kabul edilmelidir. Teknolojik gelişmeler gece peyzajında aydınlatmaya yönelik potansiyel ve fırsatları arttırırken aynı zamanda çevreye duyarlı ve sürdürülebilir tasarımların gerçekleştirilebilmesini de mümkün kılmaktadır. Yapılan uygulamalarda ışık kirliliğine neden olmayacak düzenlemelere yönelmek, sadece ışığın rengi, şiddeti ve parlaklığı ile değil aynı zamanda aydınlatma armatürlerinin de ışık geçişini ve gökyüzündeki parlamayı en aza indirecek nitelikte seçilmesini gerekli kılmaktadır. Yapılan aydınlatma düzenlemeleri ile farklı görsel hiyerarşik düzenlerin oluşturulması, algılanabilir arka plan ve ön planda yer alan dokuların oluşturduğu detayların tanımlanması mümkündür. Tüm düzenlemelerde ışığın nesnelerin sahip olduğu görsel niteliği tahrip edebileceği göz önünde bulundurularak gün ışığında algılanan görüntüsünü bozmayacak nitelikte gerçekleştirilmesine özen gösterilmelidir.

Ortaçağın mum ve lamba aydınlatma yöntemlerinden ışık aydınlatma temelli teknolojinin etkin kullanıldığı güncel aydınlatma biçimlerine erişilen bir süreçte çevre etiği ve ışık kirliliği sorgulanmalıdır. Bu kapsamda gerek peyzaj bütünlüğüne gerek habitatlara aydınlatmanın verdiği zararlar değerlendirilerek ışık / aydınlatma kullanımı sağlanmalıdır. Aydınlatmanın bulunduğu ortama yaydığı ışınım, ısı ve aydınlatmanın türüne bağlı olacak radyasyon söz konusu olabilmektedir. Bu kapsamda insan ve toplum sağlığı açısından doğru uygulamaların gerçekleştirilmesi yaşamsal öneme sahip olup duyarlı tasarım yaklaşımı gerektirmektedir.

Bugün artık aydınlatma ve ışık kirliliği de çevresel ve ekolojik bir sorundur. Akıllı kent, akıllı yerleşme gibi olguların tartışıldığı bir süreçte gerekli olmadığı zaman çalışmayan ve daha işlevsel ve enerji etkin "akıllı aydınlatma" çözümleri gerçekleştirilmelidir. Yanı sıra gün ışığını yansıtan, fosforlu döşeme ve yüzey kaplamalarının kullanımı, gece ışıyan, ışık sağlayan betonarme yapı gerecinin kullanımı ile ekosisteme zarar vermeyen aydınlatma yöntemleri tercih edilmelidir. "Glowing nature Project" yaklaşımında da olduğu gibi ışık yansıtan algler, farklı doğal oluşumların katkıları ile sağlanacak gece aydınlatmaları doğaya verilecek zararlanmayı en alt seviyeye taşıyacak doğal aydınlatma seçenekleri sunarken farklı ortamların oluşumuna da katkı sağlayacaktır. Çevreye duyarlı ve sürdürülebilir bir yaklaşım olarak biyo aydınlatma yöntemleri olan ışık yayan algler, fosforlu ağaçlar, karanlıkta parlayan betonarme/beton kullanımları, akıllı aydınlatma armatürleri ve yöntemleri en doğru gece aydınlatması olacaktır.

Akıllı kent teknolojileri doğrultusunda kentsel kamusal alanların ve kentlerin aydınlatılmasının sağlanması kaçınılmazdır. Bu kapsamda artık bugün tartışılması gereken

enerji etkin, sürdürülebilir ve eşitlikçi aydınlatma yaklaşımlarıdır. “Bright lights, big city” bakış açısı terk edilmeli; doğa kent ortamında yeniden kazanılmalı ve her anlamda bütüncül tasarımlar doğrultusunda yerleşmelerin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

Gece genellikle gizem, karanlık, tehlike, şeytan, kabus, kötülük gibi olgular ile özdeşleşmiştir. Çünkü psikolojik olarak gece tümel karanlığı ile içinde bilinmeyeni ve korkuyu barındırmaktadır. Gece vakitleri insanlar için tekinsizlik, güvensizlik ve tehlike duyguları yaratmaktadır. Suçlar, potansiyel tehlikeler, hayvanlar karanlıkta gizlenmektedir. Gece yarısının ise çoğu kültürde ve insan bilincinde farklı bir önemi vardır. Yanı sıra maji, büyü, sihir gibi olgular ile spiritüel çalışmaların gece daha etkili olduğuna, kimi mitolojik ve folklorik yaratıkların da gece dolaştığına inanılmaktadır.

İslam dininde ise kültürel ve sosyal anlamda gecenin batı kültüründen farklı bir değeri ve önemi bulunmaktadır. İslam kültürlerinde gecenin gücüne inanılmakta ve uyku ile dinlenmenin yanı sıra ibadetin de insan yaşamında etkili ve kalıcı izler bıraktığı vurgulanmaktadır. Kimileri için de gece dinlenme, huzur, sakinlik, hayal gücünün etkin olduğu zaman dilimidir. Aslında gece ile ilgili herkesin hissettiği çok farklıdır.

Gece peyzajı hem sadece doğal aydınlatmanın bulunduğu hem de yapay aydınlatmanın gerçekleştirildiği tümel çevreyi kapsamaktadır. Dolayısı ile içinde tüm bu gece tanımlarını da barındırmaktadır. Gece peyzajının alt bileşenleri olan farklı amaçlar için uygulanan aydınlatma yöntem ve tekniklerinin her biri çevreye farklı katkılar sağlamaktadır. Kentlerde mekan algısı, kent imgesi ve bellek oluşumu önemlidir. Özellikle gece bu algıyı yaratmak aydınlatmanın etkin ve doğru kullanımı ile mümkündür. Gece yaşayan mekanlar oluştururken aynı zamanda çevreye ve barındırdığı tüm yaşam formlarına saygılı aydınlatma yöntemleri ile hem yaşam kalitesi artırılacak hem de bireylerin gereksinimlerini karşılayan sağlıklı çevre oluşumu sağlanacaktır.

Kaynaklar

Anonim (2019). Endüstriyel Tesislerde Aydınlatma Vap Uygulamları, Ocak 2019, İzmir, https://www.emo.org.tr/ekler/8d6e1a67e0e0d5b_ek.pdf, Erişim Tarihi 9 Mart 2024

Anonim (2025a). *Kutup ışıkları.* https://tr.wikipedia.org/wiki/Kutup_%C4%B1%C5%9F%C4%B1klar%C4%B1, Erişim Tarihi: 25.02.2025

Anonim (2024a). *Işık*. https://tr.wikipedia.org/wiki/I%C5%9F%C4%B1k, Erişim Tarihi 9.03. 2024

Anonim, (2024b). https://darksky.org/places/milton-reimers-ranch-park-dark-sky-park/. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024c). https://www.pikist.com/free-photo-sowjy/tr. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024d). https://www.pikist.com/free-photo-sftnj/tr. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024e). https://www.pikist.com/free-photo-sncgz/tr. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024f). https://www.pikist.com/free-photo-sohbl/tr. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024g). https://www.pikist.com/free-photo-xbeuy/tr. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024h). https://www.pikist.com/free-photo-svgkb/tr. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024ı). https://www.pikist.com/free-photo-vkwen/tr. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024i). https://www.archdaily.com/381281/redevelopment-of-the-new-coast-of-thessaloniki-prodromos-nikiforidis-bernard-cuomo/51aa9bcab3fc4b3b0e00002b-redevelopment-of-the-new-coast-of-thessaloniki-prodromos-nikiforidis-bernard-cuomo-image. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024j). https://www.bega-us.com/categories/exterior/in-grade/130030/77066 Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024k). https://www.gmrenlights.com/images/proiettori-testata.jpg. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024l). https://californiaoutdoorlighting.com/gallery/. Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024m). http://gambinolighting.com/2012/03/18/silhouette-landscape-lighting/

Anonim, (2024n). https://www.visionlights.com/lighting-ideas/. Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024o). https://quatrodesign.com.au/projects/city-of-newcastle/. Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024ö). https://www.majesticoutdoorlighting.com/outdoor-lighting/led-landscape-lighting/. Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024p). https://californiaoutdoorlighting.com/gallery/. Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024r). https://www.gardenoflight.co.uk/surface-mounted-downlights/13508-led-outdoor-surface-mounted-ceiling-light-dark-grey-ip54-8421776090316.html. Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024s). https://www.pikist.com/free-photo-velxs/tr. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024t). https://shomei-tanteidan.org/en/wlj/dallas-bank-america-plaza-2/. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024u). https://www.pikist.com/free-photo-xetlf/tr. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024v). https://www.pikist.com/free-photo-suxrb/tr. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024y1). https://essenzediluce.com/en/products/outdoor-speaker-menhir-sound. Erişim Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024y2). https://www.amazon.ae/Jorunb-Solar-Garden-Lights-Powered/dp/B09ZP2KLZM. Son Erişi Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024y3). https://www.glow.co.uk/solar-petra-rock-up-lights-2-pack.html. Son Erişi Tarihi:12.07.2024

Anonim, (2024y4). http://www.aydinlatmadekor.com/2015/06/duncan-meerdingden-kutuk-aydnlatma.html. Erişim Tarihi:12.07.2024

Bayram, F. (2009). Işık ve Aydınlatma: Işığın Televizyon ve Sinemada İşlevsel Kullanımı Üzerine Bir Değerlendirme. *Erciyes İletişim Dergisi*, *1*(2), 122-131.

DarkSky International, (2023). *Lighting zones* (Uluslararası Karanlık Gökyüzü Derneği – Darksky / IDA), https://darksky.org/resources/guides-and-how-tos/lighting-zones/, Son Erişim Tarihi 9 Mart 2024

Gaston, K. J., Gaston, S., Bennie, J., & Hopkins, J. (2015). Benefits and costs of artificial nighttime lighting of the environment. *Environmental Reviews*, *23*(1), 14-23. DOI: 10.1139/er-2014-0041

Grubisic, M., van Grunsven, R. H., Kyba, C. C., Manfrin, A., & Hölker, F. (2018). Insect declines and agroecosystems: does light pollution matter?. *Annals of applied biology*, *173*(2), 180-189. DOI: 10.1111/aab.12440

Knop, E., Zoller, L., Ryser, R., Gerpe, C., Hörler, M., & Fontaine, C. (2017). Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature*, *548*(7666), 206-209. DOI: 10.1038/nature23288

Lynch, K. (1960). Kent İmgesi (*The image of the city).* (Çev) İrem Başaran. İş Bankası Kültür Yayınları: İstanbul 2010.

Matulka & Wood 2013 *History of the Light Bulb***.** https://www.energy.gov/articles/history-light-bulb, Erişim Tarihi 9 Mart 2024

Moyer, J. L. (2022). *The art of landscape lighting: a designer's companion*. Routledge Press.

Škvareninová, J., Tuhárska, M., Škvarenina, J., Babálová, D., Slobodníková, L., Slobodník, B., Středová, H., & Minďaš, J. (2017). Effects Of Light Pollution On Tree Phenology In The Urban Environment. *Moravian geographical reports*, *25*(4), 282-290. DOI: 10.1515/mgr-2017-0024

Tandoğan, E., ve Erdoğan, E. (2023). "Yaşamın Mekansal İzdüşümleri ve Hafıza Mekanları: Erzurum Tabyaları Örneği", *6. International Palandoken Scientific Studies Congress 24-25 June 2023, s.757-772*, Erzurum / Turkey.

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
Ormancılık Dergisi
(DÜOD)

D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 21, Sayı 1, s. 718-738
Kategori: Araştırma Makalesi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
DOI: 10.58816/duzceod.1624476

Rize Kent Kullanıcıları Açısından Çay Bahçelerinin Turizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Bir Çay Rotası Önerisi

Evaluation of the Tourism Potential of Tea Gardens from the Perspective of Rize City Users: A Tea Route Proposal

Gülcay ERCAN OĞUZTÜRK[1], Filiz YÜKSEK[2]

Özet

Bu çalışma, Rize kent merkezindeki çay bahçeleri ve çayla ilgili alanların turizm potansiyelini değerlendirmeyi ve bu alanlar arasında bir turizm rotası oluşturmayı amaçlamaktadır. Çay bahçelerinin kentsel kültürel mirasın korunması ve canlandırılmasındaki önemi ile kent kullanıcılarının rekreasyon ve dinlenme ihtiyaçlarını karşılama potansiyeli incelenmiştir. Bu bağlamda, kent kullanıcılarının bu alanlara yönelik algıları, kullanım alışkanlıkları ve beklentileri anket yöntemiyle belirlenmiştir.

Araştırma, çay bahçeleri ve ilgili alanların fiziksel ve işlevsel bağlantılarını güçlendirerek bir rota önerisi geliştirmektedir. Elde edilen bulgular, planlanan bu rotanın etkin bir şekilde kullanılabilmesi için stratejik öneriler sunmaktadır. Çalışma, hem kent planlamacılarına hem de turizm yöneticilerine, çay bahçelerini ve ilgili alanları turizme kazandırmak ve kent yaşam kalitesini artırmak için yol gösterici bilgiler sağlamaktadır. Bu bağlamda, önerilen rota, alanların birbiriyle entegrasyonunu ve turistik cazibesini artırmaya yönelik somut adımları içermektedir. Sonuç olarak, çay bahçelerine dayalı turizm yaklaşımı, Rize'nin kültürel kimliğini güçlendirirken yerel ekonominin sürdürülebilir gelişimine önemli ölçüde katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Rize, Kırsal Turizm, Çay turizmi, Çay rotası

Abstract

This study aims to evaluate the tourism potential of tea gardens and tea-related areas in the city center of Rize and to establish a tourism route connecting these areas. The study examines the importance of tea gardens in preserving and revitalizing urban cultural heritage, as well as their potential to meet the recreational and leisure needs of urban users. In this context, the perceptions, usage habits, and expectations of urban users regarding these areas were identified through surveys.

The research develops a route proposal by strengthening the physical and functional connections of tea gardens and related areas. The findings provide strategic recommendations for the effective utilization of the proposed route. The study offers guiding insights for urban planners and tourism managers to integrate tea gardens and related areas into tourism and enhance the quality of urban life. In this regard, the proposed route includes concrete steps to enhance the integration and tourist appeal of these areas. In conclusion, the tourism approach based on tea gardens significantly contributes to the sustainable development of the local economy while strengthening Rize's cultural identity.

Keywords: Rize, Rural tourism, Tea tourism, Tea route

Geliş Tarihi: 22.01.2025, Düzeltme Tarihi: 14.05.2025, Kabul Tarihi: 30.06.2025
Adres: [1]Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
[2] Orman Genel Müdürlüğü, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Rize Orman İşletme Müdürlüğü
E-mail: gulcay.ercanoguzturk@erdogan.edu.tr

1. Giriş

Tarım alanları, insanlığın yerleşik hayata geçişinde ve kentlerin gelişiminde kilit bir rol oynamıştır. Günümüzde ise sürdürülebilir kentlerin temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Mougeot, 2006; Ackerman ve ark., 2014; Specht ve ark., 2014; Deelstra ve Girardet, 2000; Güneroğlu ve Bekar, 2016; Yenigül, 2016; Karaşah, 2019). Artan dünya nüfusu, tarım arazilerinin genişlemesine neden olmuş; bu alanlar küresel kara yüzeyinin önemli bir kısmını kaplamaya başlamıştır (OKP, 2014). Bu bağlamda, kentsel alanlarda tarım arazilerinin etkin kullanımı; kent ve kırsal arasındaki bağları güçlendirerek sürdürülebilir kent yapılarının oluşumuna katkı sağlamaktadır (Wilson, 2009; Newman ve Jennings, 2012; Orsini ve ark., 2013; Sodiq ve ark., 2019; Friedman, 2020; Li, 2021).

Turizm alanında ise yerel yiyecekler ve mutfak kültürleri, turistler için önemli bir çekim unsuru haline gelmiştir. Ziyaretçiler, destinasyonun doğal ve tarihi güzelliklerinin yanı sıra, o bölgenin kültürünü yansıtan yerel tatları deneyimlemek ve bu tatların arkasındaki hikâyeleri öğrenmek istemektedir (Li, 2007; Kızılırmak ve ark., 2014; Nebioğlu, 2016; Şengül ve Türkay, 2016; Çapar ve Yenipınar, 2016; Aydoğdu ve Duman, 2017; İskender, 2020; Nergiz ve Karaca, 2021). Bu çerçevede, Türk çay kültürü gibi sosyokültürel değerler; hem yerel hem de uluslararası düzeyde turistik ürün olarak pazarlanabilir ve destinasyon cazibesini artırabilir.

Dünya genelinde çay turizmi, alternatif turizm türleri arasında giderek daha fazla öne çıkmaktadır. Özellikle Çin, Hindistan, Sri Lanka ve Güney Kore gibi ülkelerde yaygın olarak uygulanan çay turizmi, önemli bir turizm potansiyeli barındırmaktadır (Jolliffe ve Aslam, 2009; Garbini, 2012; Cheng ve ark., 2012; Eröz ve Bozok, 2018). Türkiye'de ise Doğu Karadeniz Bölgesi, özellikle Rize ve Trabzon illeri, çay turizmi açısından güçlü bir potansiyele sahiptir. Bölgenin uygun altyapısı, iklimi ve doğal koşulları; çay turizminin geliştirilmesi için sağlam bir temel sunmaktadır (Var, 1992; Güneroğlu ve Acar, 2016; Eröz ve Bozok, 2018; Çorbacı ve ark., 2022).

Sürdürülebilir turizm anlayışı çerçevesinde, çevresel, ekonomik ve sosyal faktörler dikkate alınarak çay turizminin Rize üzerindeki etkileri ve potansiyeli analiz edilmiştir. Çay bahçelerinin turizme kazandırılması, hem bölge ekonomisine katkı sağlamakta hem de turizm çeşitliliğini artıracak stratejik bir adım olarak değerlendirilmektedir (Karakayacı, 2010; Pezikoğlu, 2012; Gökalp, 2013; Çeken ve ark., 2012; Üzümcü ve ark., 2015; Ongun ve ark., 2015; Ercan Oğuztürk ve ark., 2023). Bu kapsamda, çay bahçelerinin turistik rotalara dahil edilmesi, yalnızca kentsel yaşam kalitesini artırmakla kalmayıp, yerel halk ile ziyaretçiler arasındaki sosyal bağları da güçlendirme potansiyeline sahiptir.

Bu çalışma, Rize kent merkezinde yer alan çay bahçeleri ile çayla ilgili turizm potansiyeli taşıyan alanların değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Çay bahçelerinin kentsel kimlik ve kültürel miras bağlamındaki önemi vurgulanarak, bu alanların turizm rotalarına entegre edilmesi ve turizme kazandırılması ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, çay bahçeleri ve çayla ilgili alanlar arasında bir rota önerilmiş; kent kullanıcılarının bu alanlara yönelik algı, kullanım alışkanlıkları ve beklentileri anket yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, çay bahçelerinin turizme entegrasyonu konusunda stratejik öneriler geliştirilmiş ve bu önerilerin bölge planlamacıları ile turizm yöneticilerine rehberlik etmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu araştırmanın temel materyalini, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin engebeli topoğrafik yapısına sahip Rize ilinin kent merkezinde yer alan çay bahçeleri ve çayla ilgili alanlar oluşturmaktadır (Şekil 1). Bu alanlar, kentin tarihi ve kültürel dokusunu yansıtırken, aynı zamanda kentsel yaşamla güçlü bir etkileşim potansiyeline sahiptir. Çalışma, bu alanların fiziksel, sosyal ve kültürel bağlamdaki mevcut durumlarını analiz ederek, turizm potansiyellerini ortaya koymayı hedeflemektedir.

Araştırma alanı, kentsel kültürel mirasın korunması ve canlandırılmasına yönelik stratejik önem taşımaktadır. Bununla birlikte, bu alanların kent kullanıcıları tarafından nasıl algılandığı, ne şekilde kullanıldığı ve hangi ihtiyaçları karşıladığı üzerine yapılan değerlendirmeler, çalışmanın önemli bileşenlerini oluşturmaktadır.

Araştırmanın yardımcı materyalleri arasında; çalışma alanına ait imar planları, haritalar, hava fotoğrafları ve alan envanterini destekleyen bilimsel araştırmalar bulunmaktadır. Bu materyaller, çay bahçelerinin ve ilgili alanların mekânsal özelliklerinin yanı sıra, potansiyellerinin ve sorunlarının belirlenmesinde temel bir kaynak teşkil etmektedir.



Şekil 1. Çalışma alan haritası (1. Çay çarşısı, 2.Rize Demokrasi meydanı, 3.Memiş Ağa parkı, 4.Çaykur binası ve satış ofisi, 5. Ziraat Botanik park).

2.2. Yöntem

Bu çalışma, Rize kent merkezindeki çay bahçeleri ve çayla ilişkili kentsel alanların turizme kazandırılmasına yönelik çok yönlü bir yaklaşım benimsemiştir. Kullanılan yöntemler iki temel grupta toplanmıştır: (1) saha çalışmaları ve (2) anket analizleri. Bu yöntemler, çayla ilgili alanların mevcut durumunu belirlemek, turizm potansiyelini değerlendirmek ve kent kullanıcılarının bu alanlara yönelik algı ve beklentilerini analiz etmek amacıyla yapılandırılmıştır.

2.2.1. Saha Çalışması

Çalışmanın ilk aşamasında, çayla ilgili kentsel alanların fiziksel özelliklerini, mevcut kullanım durumlarını ve çevresel bağlamlarını analiz etmek üzere kapsamlı bir saha çalışması gerçekleştirilmiştir. Saha çalışması sırasında aşağıdaki teknikler kullanılmıştır:

- **Gözlem:** Çay bahçelerinin ve ilgili alanların fiziksel durumu, kullanıcı yoğunluğu ve çevresel özellikleri doğrudan gözlemlenmiştir.
- **Fotoğraflama:** Alanların güncel durumu ve mekânsal özellikleri görsel olarak belgelemek amacıyla fotoğraflar çekilmiştir.
- **Yerinde Değerlendirme:** Seçilen alanların kent dokusu içindeki konumu, erişilebilirliği, sosyal etkileşim düzeyi ve turizm açısından taşıdığı potansiyel yerinde incelenmiştir.

Saha çalışması, Rize şehir merkezinde çayla ilgili beş özgün alanı kapsamaktadır. Bu alanlar, hem kentsel yoğunluğun yüksek olduğu hem de çay kültürüyle doğrudan ilişkili bölgeler olması nedeniyle seçilmiştir. Seçim kriterleri arasında alanların kamuya açık olması, kentsel yaşantı ile etkileşim düzeyinin yüksekliği ve çay teması ile sembolik bağlantısının bulunması yer almaktadır. Değerlendirilen alanlar şunlardır:

1. **Çay Çarşısı:** Çay temalı yapısı ve simgesel mimarisiyle, ziyaretçi etkileşiminin en yoğun olduğu çay odaklı ticari merkezlerden biridir.
2. **Rize Demokrasi Meydanı:** Kentin sosyal merkezlerinden biri olup, çevresinde yer alan kafe ve çay figürlü kent mobilyaları günlük yaşantının odak noktasıdır.
3. **Memiş Ağa Parkı:** Hem dinlenme alanı olarak kullanılması hem de çay içme pratiğiyle bütünleşik yapısı nedeniyle örneklem içinde yer almıştır.
4. **Çaykur Genel Müdürlüğü ve Satış Ofisi:** Çaykur'a ait resmi satış ve tanıtım noktasıdır. Alanda çay çeşitleri doğrudan halka sunulmakta, yerli ve yabancı ziyaretçilere yönelik hediyelik ürünler satılmaktadır.
5. **Ziraat Botanik Bahçesi:** Çeşitli bitki türleriyle birlikte çay bitkisinin de tanıtıldığı, eğitim ve turizm açısından potansiyel taşıyan bir doğal alandır.

Bu saha çalışması, hem çayla bütünleşik kent mekânlarının analizine hem de bu alanların turistik işlevlerinin belirlenmesine olanak tanımıştır. Elde edilen nitel veriler, çay bahçeleri ve bağlantılı alanların turizmle ilişkilendirilmesi açısından stratejik bir temel sunmuştur.

2.2.2. Anket Çalışması

Bu çalışmanın önemli bir aşamasını, kent kullanıcılarının çay bahçelerine yönelik algılarını, kullanım alışkanlıklarını ve beklentilerini anlamak amacıyla gerçekleştirilen anket çalışmaları oluşturmaktadır. Örneklem büyüklüğü, Özdamar'ın (2003) formülü ve $\alpha = 0.10$ için Örneklem Büyüklükleri Tablosu (Yazıcıoğlu ve Erdoğan 2004) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Verilerin toplanmasında, $\alpha = 0.10$, $p = 0.5$ ve $q = 0.5$ değerlerine göre belirlenen örneklem büyüklüğü temel alınmıştır.

$$n = \frac{N.P.Q.Z_a^2}{(N-1).d^2}$$

Rize merkezinde yürütülen çalışma için N (Evren Büyüklüğü), Rize merkez nüfusu olan 147.996 (Rize ili 2023 nüfusu, URL-1 2024) alınmıştır. d=0.10 (örneklem hatası) için örneklem büyüklüğü 96 kişi olarak hesaplanmış, ancak 121 kişiye anket uygulanmıştır. Anketler, 2024 yılı içinde altı ay boyunca uygulanmış ve katılımcılar rastgele örnekleme

yöntemiyle seçilmiştir. Çevrimiçi ve yüz yüze yöntemler bir arada kullanılarak daha geniş bir kitleye ulaşılmıştır.

Anket çalışmaları, bireylerin ilgi, tercih ve beklentilerini anlamada etkili bir yöntem olarak tercih edilmiştir (Centellegher vd. 2016). Ayrıca, bu yöntemle çay bahçelerinin potansiyel turizm değeri hakkında stratejik bilgiler elde edilmesi amaçlanmıştır (Alordiah ve Ossai 2023).

2.2.3. Anket Formunun Yapısı

Anket formu üç bölümden oluşturulmuş ve 3'lü Likert ölçeği (3-Evet, 2-Kararsızım, 1-Hayır) kullanılmıştır:

- Demografik Özellikler: Katılımcıların cinsiyet, yaş, medeni durumu, eğitim seviyesi, meslek ve gelir düzeyi gibi temel özelliklerini belirlemeye yönelik sorular.
- Çay Rotası Algısı ve İstek Düzeyi: Çay bahçelerinin yürüyüş rotası olarak düzenlenmesine yönelik bilgi seviyeleri, bu rotayı kullanma istekleri ve aktivitelerine katılma eğilimlerini ölçen sorular.
- Kullanıcı Tercihleri ve Beklentileri: Çay rotasında planlanacak etkinliklere katılım düzeyi ve tercih sıralamalarını belirlemeye yönelik sorular.

2.2.4. Anketlerin Uygulama süreci

- Örneklem Seçimi: Anketler, rastgele örneklem yöntemiyle farklı yaş grupları ve demografik özelliklere sahip katılımcılarla gerçekleştirilmiştir.
- Veri Toplama: Anketler, çevrimiçi ve yüz yüze yöntemlerle uygulanarak kullanıcıların çay bahçelerine yönelik algılarını ve turizm beklentilerini ölçmeyi hedeflemiştir.

2.2.5. Veri Analizi

Elde edilen veriler, istatistiksel ve betimsel yöntemlerle analiz edilmiştir:

- Çapraz Tablolar ve İstatistiksel Testler: Demografik özellikler ile çay rotasına yönelik bilgi, istek ve etkinliklere katılım düzeyi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Pearson Ki-Kare ve Fisher'in Exact testi, anlamlı farklılıkları değerlendirmek için kullanılmıştır.
- Frekans ve Yüzdelik Analiz: Kullanıcı eğilimlerini ve beklentilerini tanımlamak için frekans verileri analiz edilmiş ve yüzdelik oranlarla ifade edilmiştir.

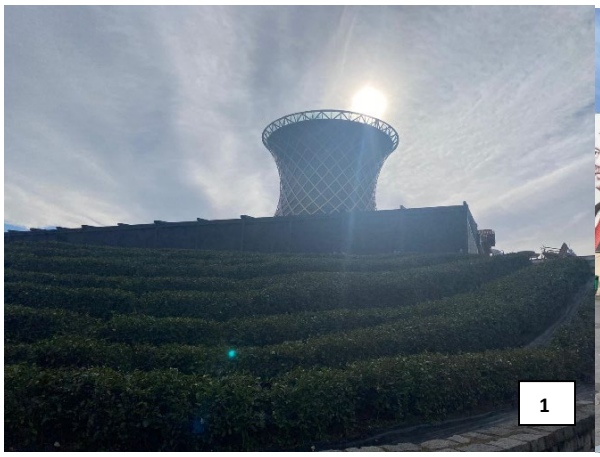
3. Bulgular

Bulgular mevcut durum ve kullanıcıların bu alanlar hakkındaki bilgi düzeyleri olmak üzere iki başlık olarak açıklanmıştır. Anket sonuçları, kent kullanıcılarının bu alanlara yönelik ilgi düzeylerini, kullanım alışkanlıklarını ve beklentilerini ortaya koymuştur. Ayrıca, bu alanlar arasında oluşturulabilecek rotaların kullanım durumları ve tercih edilen aktiviteler hakkında bilgi sağlanmıştır.

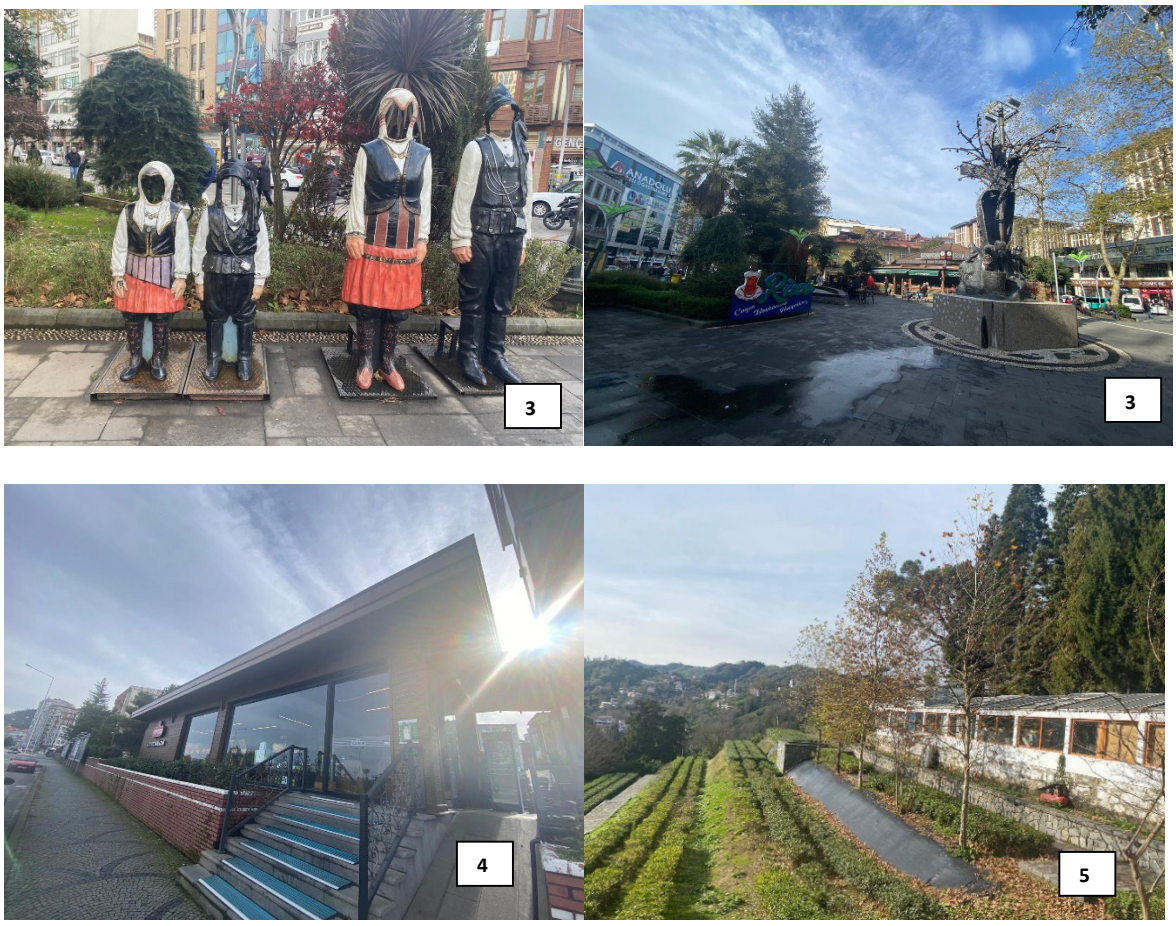
3.1. Mevcut Durum

Rize şehir merkezinde çayla ilgili çeşitli alanlar tespit edilmiştir. Bu alanlar, turistlerin gezip görebileceği, çay tadımı yapabileceği, çayın üretim aşamalarını izleyebileceği ve hediyelik eşya satın alabileceği olanaklar sunmaktadır (Şekil 2).









Şekil 2. Rize şehir merkezindeki çayla ilgili alanlar 1. Çay çarşısı, 2.Rize Demokrasi meydanı, 3.Memiş Ağa parkı, 4.Çaykur binası ve satış ofisi, 5. Ziraat Botanik parkından görüntüler.

3.2. Anket Bulguları

Ankete katılan potansiyel kullanıcıların demografik özellikleri, kullanıcı eğilimlerinin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Çizelge 1'de ankete katılan kent sakinlerinin demografik özellikleri verilmektedir. Tablo değerleri incelendiğinde ankete katılanların % 47 sinin erkek ve %62'sinin ise bekar olduğu görülmektedir. Büyük bir çoğunluğu lisans ve ön lisans mezunu (% 64) olan potansiyel kullanıcıların çok az bir kısmı lisansüstü eğitime (%12) sahiptir. Çoğunlukla ücretli çalışan (%43) ve öğrenci (%42) olan katılımcıların az bir kısmı çalışmadığını (%9) ifade etmiştir. Genellikle 10.000 TL altında bir gelire sahip olduklarını (%46) ifade eden potansiyel kullanıcıların %37'lik kısmının ise 20.000 TL üstünde bir gelire sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Ankete katılan potansiyel kullanıcıların demografik özellikleri.

Cinsiyet	n	%	Medeni Durum	n	%	Eğitim Durumu	n	%
Kadın	64	53	Evli	46	38	Temel Eğitim ve Okur Yazar	30	25
Erkek	57	47	Bekar	75	62	Lisans ve Ön Lisans	77	64
Toplam	121	100	Toplam	121	100	Lisans Üstü	14	12
						Toplam	121	100
Yaş			Meslek			Aylık Gelir		
16-25	60	50	Ücretli Çalışan	52	43			
26-35	19	16	Öğrenci	51	42	10.000 ve Altı	56	46
36-45	25	21	Çalışmayan	11	9	10.000-20.000	20	17
46 ve Üzeri	17	14	Diğer	7	6	20.000 ve Üzeri	45	37
Toplam	121	100	Toplam	121	100	Toplam	121	100

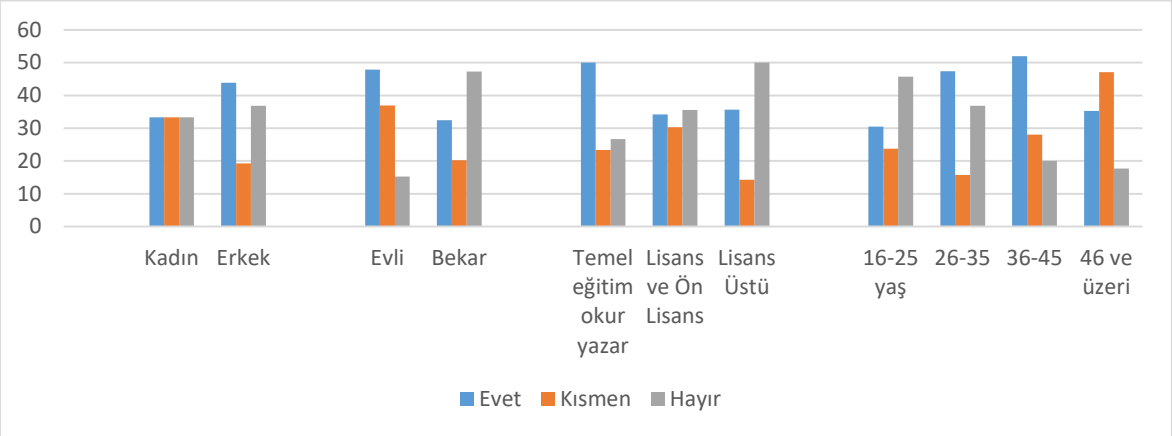
Katılımcıların demografik özeliklerinin ankete verdikleri cevaplar üzerinde etkili olup olmadığı Khi kare testi ile değerlendirilmiştir.

Çizelge 2'deki değerler incelendiğinde turizm amaçlı rota bilgisi konusunda katılımcıların mahalle konumu (χ 2=5,927; p=0,053)ve medeni durumu χ 2=13,056; p=0,001)hariç demografik özellikleri üzerinde anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmüştür. Şekillerde turizm amaçlı rota bilgisinin cinsiyet, medeni durum, yaş grubu, çalışma durumu ve gelir düzeyine göre sayıları ve yüzdelik oranları verilmiştir.

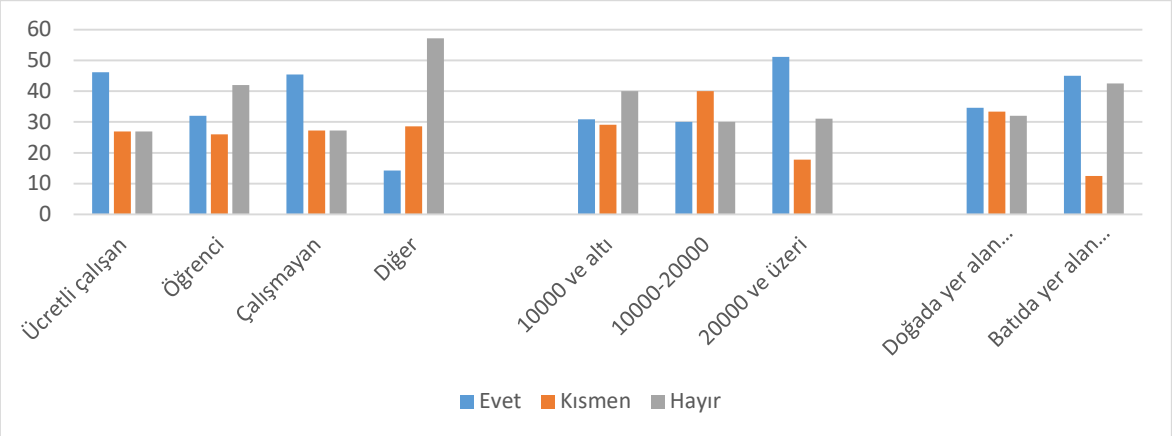
Çizelge 2. Ankete katılanların demografik özellikleri ile ankete verdikleri cevaplar arasındaki ilişkiler (pearson chi-square, fisher's exact test).

Değişkenler	Turizm Amaçlı Rotası Bilgisi		Turizm Amaçlı Çay Rotası İsteği		Çay Rotası Aktivitelerine Katılma İsteği	
	χ	p	χ	p	χ	p
Cinsiyet	3,181	0,204	3,062	0,211	10,191	0,006
Yaş	11,349	0,078	5,258	0,478	14,418	0,014
Medeni Durum	13,056	0,001	3,736	0,140	6,969	0,029
Eğitim Durumu	4,227	0,376	1,857	0,761	3,943	0,398
Meslek	5,480	0,485	3,258	0,750	3,141	0,794
Aylık Gelir	6,588	0,159	2,944	0,585	1,501	0,850
Mahalle Konumu	5,927	0,053	4,447	0,124	6,423	0,043

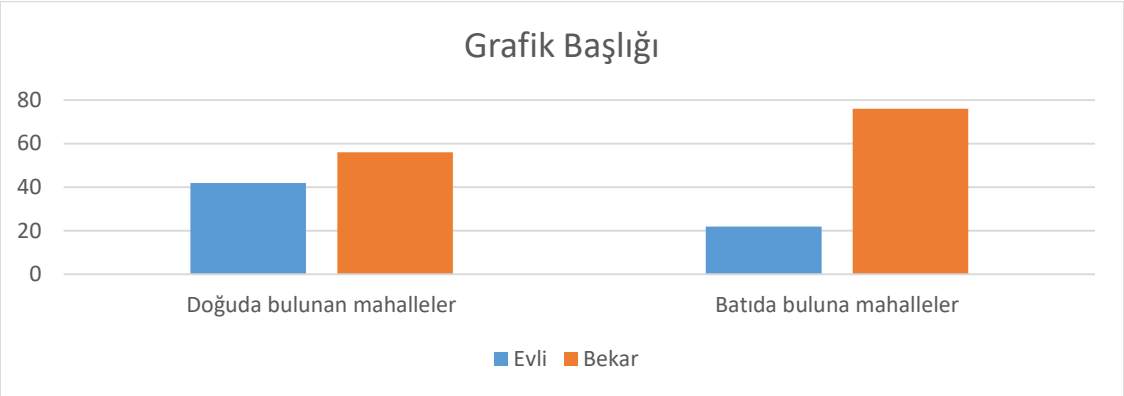
Grafik değerlerine baktığımızda erkeklerin (%36,84) kadınlara (%33,33) göre, bekarların (%47,3) evlilere (%15,22) göre batıda yaşayan (% 42) mahalle sakinlerinin doğuda yaşayan (%32,05) mahalle sakinlerine göre çay rotası konusunda bilgi sahibi olmadığı görülmüştür. Yaş arttıkça rota bilgisi artarken, eğitim seviyesi artarken rota bilgisi azalmıştır (Şekil 3). Ücretli çalışan (%46,15) ve çalışmayan (%45,45) kesimin rota bilgisinin öğrenci (%32) ve diğer kesime (% 14,29) göre daha fazla rota bilgisinin olduğu tespit edilirken gelir seviyesi artışı ile rota bilgisinin arttığı görülmüştür. Batıda bulunan mahallelerin (%45) doğuda bulunan (%34,62) mahalle sakinlerine göre daha fazla rota bilgisine sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4). Batıda bulunan mahalle sakinlerine bakıldığında bekar olma oranının yüksek oluşunun bu durumu etkilediği düşünülmektedir (Şekil 5).



Şekil 3. Rota bilgisinin cinsiyet, medeni durum, eğitim durumu ve yaş grubuna göre değişimi.

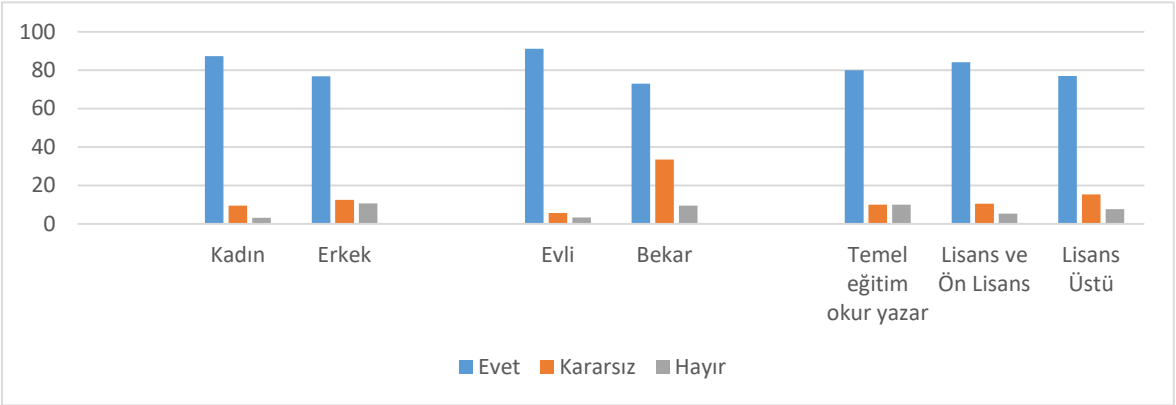


Şekil 4. Rota bilgisinin çalışma durumu, gelir düzeyi ve mahalle konumuna göre değişimi.

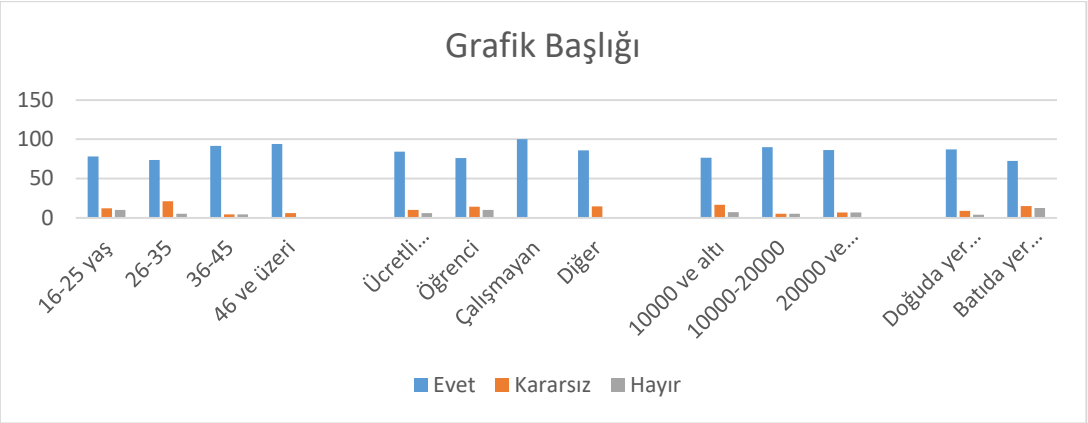


Şekil 5. Ankete katılan kent sakinlerinin yaşadıkları mahalleye göre medeni durumu.

Yapılan Khi kare analizinde bireylerin turizm amaçlı çay rotası isteği farklı demografik özelliklere (cinsiyet, yaş, medeni durum eğitim durumu, meslek, aylık gelir ve mahalle) göre istatistiki anlamda farklılık göstermemiştir (Şekil 6) Ancak kadın katılımcılar (%87,30) erkeklere göre (%76,77), evli grup (%91,12) bekar gruba (%73,03) göre, lisans ve ön lisans mezunları (%84,21) diğer eğitim seviyelerine göre (%85,71) , 35 yaş üstü gruplar (%91,67 ve %94,12) daha genç gruplara göre (%77,97), çalışmayan grup (%100) öğrencilere (%76) göre ve gelir düzeyi 10.000-20.000 TL olan kişilerin (%90) 10,000 TL'den düşük gelirlilere göre daha fazla turizm amaçlı çay rotası isteği görülmüştür (Şekil 7)

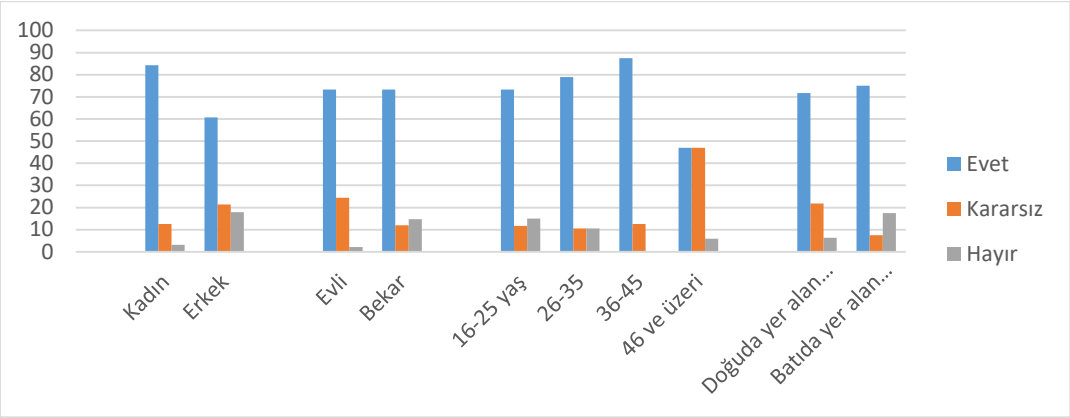


Şekil 6. Çay rotası isteğinin, cinsiyet, medeni durum ve eğitim durumuna göre değişimi.

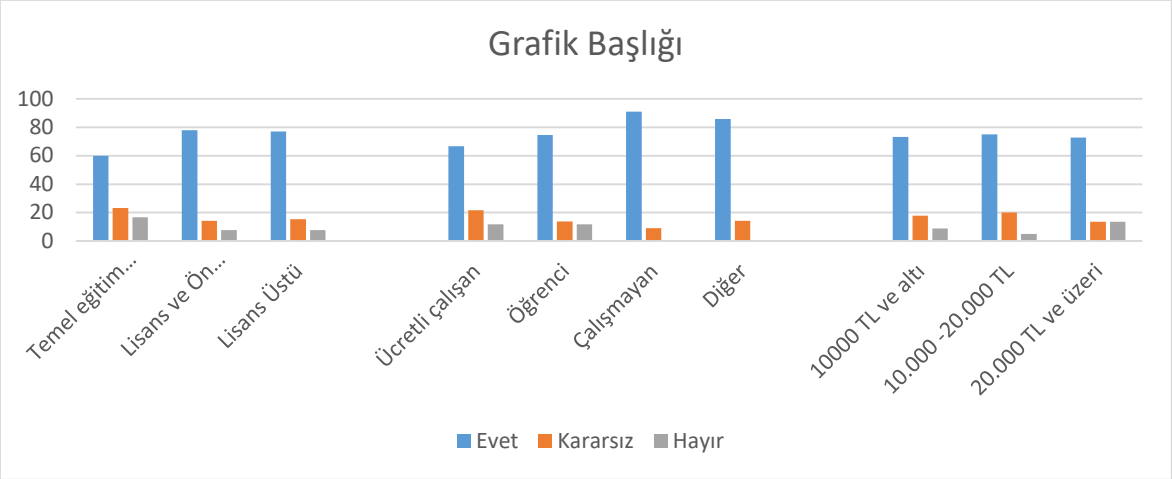


Şekil 7. Çay rotası isteğinin yaş, çalışma durumu, gelir düzeyi ve mahalle konumuna göre değişimi.

Çay rotası aktivitelerine katılma isteği bakımından ise cinsiyet (p=0,006), yaş (p=0,014), medeni durum (p=0,029) ve mahalle konumuna (p=0,043) göre katılımcılar istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterirken; eğitim, meslek ve aylık gelir düzeylerine göre çay rotası aktivitelerine katılma istekleri bakımından anlamlı farklılıklar göstermemiştir. Demografik özelliklerin çay rotasına katılma isteklerini gösteren veriler sunulmuştur. Ankete katılan kadın katılımcılar (%84,38) erkek katılımcılara (%60,71) göre çay rotası aktivitelerine daha fazla katılmak isterken, aktivitelere katılmak istemeyen erkek oranı kadın oranının yaklaşık 6 katı bulunmuştur. Çay rotası etkinliklerine katılmak istemeyen bekar kullanıcılar ise evli kullanıcıların yaklaşık yedi katıdır. Kentin doğu-batı yönünde bulunan mahalleleri kıyasladığımızda ise doğuda bulunan mahallelerde yaşayan kent halkının batıda bulunan mahallelerde yaşayanlara göre rota aktivitelerine katılma konusunda daha istekli oldukları belirlenmiştir. Şekil 8'e baktığımızda doğudaki mahallelerde yaşayan bekar kent sakinleri oranının batıda yaşayan bekar kent sakininden daha az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca doğuda bulunan mahallere göre batıda bulunan mahallerde genç nüfus oranı daha fazladır. Medeni durum ve yaşın aktivitelere katılma isteğini etkilediği düşünülürse; mahalle konumunun kent kullanıcılarının çay aktivitelerine katılma isteklerinin etkilemesi beklenen bu durum olmaktadır. Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak çay rotası güzergahlarının ve aktivitelerinin belirlenmesi, rotanın aktif bir şekilde kullanılmasına katkı sağlayabilir. Eğitim durumunun, mesleklerin ve aylık gelirin çay rotası etkinliklerine katılma isteğini etkilemediği görülmüştür. Ancak çalışmayan kesimin (%90,91) ve öğrencilerin (%74,51) ücretli çalışan gruba göre rota etkinliklerine katılma konusunda oldukça hevesli oldukları görülmektedir. Gelir düzeyine bakıldığında ise gruplandırılan her gelir düzeyinin çay aktivitelerine katılma isteği benzer bulunmuştur (şekil 9).Benzer durum gelir düzeyi aktiviteye katılma isteğini yönlendirmemektedir.



Şekil 8. Çay rotası aktivitelerine katılma isteğinin cinsiyet, medeni durum, yaş ve mahalle konumuna göre değişimi.



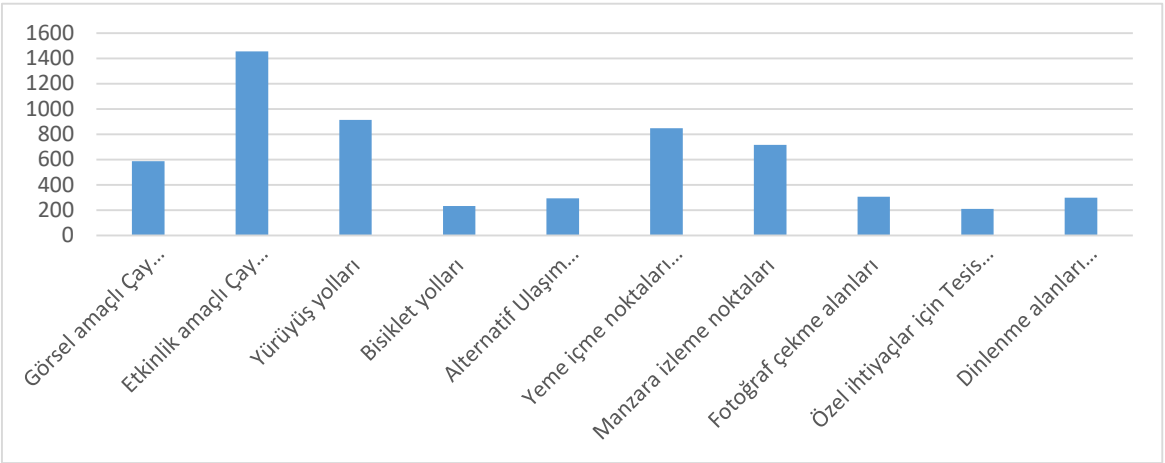
Şekil 9. Çay rotası aktivitelerine katılma isteğinin eğitim seviyesi, çalışma durumu ve gelir durumuna göre değişimi.

Kullanıcılara çay rotasında bulunmasını istedikleri etkinlik alanlarını ve yapılarını sıralamaları istendiğinde yaptıkları tercih sıralaması Çizelge 3'de verilmektedir. Etkinlik amaçlı çay bahçeleri (çay toplama vb.) en fazla tercih edilen alanlar olurken, bunu görsel amaçlı çay bahçeleri, yürüyüş yolları, manzara izleme noktaları, bisiklet yolları, alternatif ulaşım imkânları, yeme içme noktaları, fotoğraf çekme alanları, dinlenme alanları ve son olarak özel ihtiyaçlar için tesis edilecek yapılar izlemiştir (Şekil 10). Dolayısıyla rota boyunca çay toplama etkinliklerinin yapıldığı çay bahçelerinin bulunmasının rotanın aktif kullanımına önemli ölçüde hizmet edeceği düşünülmektedir. Ayrıca rotada görsel amaçlı çay bahçelerinin bulunmasının ikinci sıradaki bir tercih olması da çay rotası kavramının potansiyel kullanıcı tarafından benimsendiğinin bir göstergesi de olabilir. Özel ihtiyaç ve dinlenme alanlarının en son sırada tercih edilmesi potansiyel kullanıcıların rotayı fiziksel aktiviteler için yoğun bir şekilde kullanmak istediğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 3. Çay rotasında yer alması istenen etkinliklerin sıralaması.

Tercih sırası	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Puan
Etkinlik Amaçlı Çay Bahçeleri (Çay Toplama vb.)	48	30	21	16	20	18	22	22	20	20	
	480	270	168	112	120	90	88	66	40	20	1454
Görsel Amaçlı Çay Bahçeleri,	11	24	10	8	5	5	8	5	7	8	
	110	216	80	56	30	25	32	15	14	8	586
Manzara İzleme Noktaları (Teras vb.)	12	12	24	12	11	11	11	8	7	8	
	120	108	192	84	66	55	44	24	14	8	715
Yürüyüş Yolları,	12	13	23	24	14	17	18	14	14	13	
	120	117	184	168	84	85	72	42	28	13	913
Dinlenme Alanları	3	2	3	5	20	4	4	6	7	4	
	30	18	24	35	120	20	16	18	14	4	299
Bisiklet	1	1	2	8	4	15	5	4	3	4	
	10	9	16	56	24	75	20	12	6	4	232
Özel İhtiyaçlar (WC, Çeşme vb.	2	3	2	4	1	4	16	5	6	2	
	20	27	16	28	6	20	64	15	12	2	210
Alternatif Ulaşım	2	4	6	4	9	6	3	15	7	6	
	20	36	48	28	54	30	12	45	14	6	293
Fotoğraf Çekinme Alanları,	4	7	1	8	5	4	5	10	15	9	
	40	63	8	56	30	20	20	30	30	9	306
Yeme, İçme Noktaları (Restoran, Kafe vb.)	17	11	14	17	16	20	12	15	17	25	
	170	99	112	119	96	100	48	45	34	25	848

(Etkinlikler tercih edilme sırasına göre numaralandırılmıştır. Her etkinlik tercih edilme sayısı ve tercih sırasının tam tersi sayılar ile çarpılarak puanlar oluşturulmuştur. En çok tercih edilen etkinlik 1.sırada, puanı 10 ile çapılmıştır)



Şekil 10. Katılımcıların bulunmasını istedikleri etkinliklerin tercih sırasına göre puan değişimi.

4. Tartışma

Bu çalışmada, Rize kent merkezindeki çay bahçelerinin turizm potansiyelini değerlendirme ve sürdürülebilir bir turizm rotası oluşturma üzerine odaklanılmıştır. Çalışma bulguları, hem literatürdeki mevcut bilgilerle uyumlu hem de yeni yaklaşımlar öneren sonuçlar sunmaktadır.

Literatürde, kentsel tarım alanlarının ve kırsal-şehir ilişkilerinin sürdürülebilir kentleşme üzerindeki olumlu etkileri sıklıkla vurgulanmaktadır (Mougeot, 1999; Wilson, 2009; Ackerman ve ark., 2014). Çay bahçelerinin hem rekreasyonel alanlar hem de turistik değerler olarak değerlendirilmesi, bu bağlamda kent ve kırsal alanlar arasında bütünlük oluşturulmasına katkı sağlayabilir. Rize'deki çay bahçeleri, sadece tarımsal üretim alanları değil, aynı zamanda kültürel mirasın bir parçasıdır ve bu alanların turizme kazandırılması, hem yerel halkın yaşam kalitesini artırabilir hem de bölgesel kalkınmayı destekleyebilir (Newman ve Jennings, 2012; Orsini ve ark., 2013).

Çalışmanın bulguları, çay bahçelerinin turistik çekicilik açısından güçlü bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Literatürde, yerel gıda ve mutfak kültürünün, destinasyonların çekiciliğini artıran önemli unsurlar olduğu belirtilmektedir (Li, 2007; Nebioğlu, 2016; Baran ve Batman, 2022; Yaman ve Seçkin, 2022; Gazelci ve Aksoy, 2024). Türk çay kültürü, bu bağlamda hem ulusal hem de uluslararası düzeyde tanıtılabilecek güçlü bir kültürel değer sunmaktadır (Kızılırmak ve ark., 2014). Çalışmamızda önerilen çay rotası, Çin, Hindistan, Sri Lanka ve Güney Kore gibi ülkelerde uygulanan başarılı çay turizmi örnekleriyle paralellik göstermektedir (Cheng ve ark., 2012; Eröz ve Bozok, 2018). Bu ülkelerde çay turizmi, hem yerel halkın gelir düzeyini artırmış hem de turistler için alternatif bir deneyim sunarak turizmi çeşitlendirmiştir. Rize'deki çay bahçelerinin benzer bir yaklaşımla geliştirilmesi, bölgesel turizm gelirlerini artırabilir ve ekonomik kalkınmaya katkıda bulunabilir.

Ayrıca, çalışmada kullanılan saha çalışması ve anket analizleri, çay bahçelerinin fiziksel ve sosyal bağlamda değerlendirilmesi açısından literatürdeki yöntemlerle uyumludur (Centellegher ve ark., 2016; Alordiah ve Ossai, 2023). Ankete katılan kullanıcıların çay rotasına yönelik olumlu algıları, bu alanların turizme kazandırılmasının sosyal kabul görme olasılığını artırmaktadır. Literatürde, turizm alanlarının sosyal ve kültürel bağlamda benimsenmesinin, sürdürülebilir turizmin başarısında önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir (Friedman, 2020; Sodiq ve ark., 2019).

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, literatürde yer alan sürdürülebilir turizm yaklaşımlarını destekler niteliktedir. Örneğin, Var (1992), Subaşılar (2007), Rahgozar (2019) ve Karakayacı (2010) tarafından vurgulanan turizm çeşitliliğinin artırılmasının, destinasyonların cazibesini artıracağı fikri, bu çalışmada önerilen çay rotasının temel hedeflerinden biridir. Bununla birlikte, önerilen çay rotasının doğrudan ve dolaylı ekonomik etkileri, literatürdeki diğer sürdürülebilir turizm modelleriyle karşılaştırılabilir (Çeken ve ark., 2012; Ongun ve ark., 2015).

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, Rize kent merkezindeki çay bahçeleri ve çayla ilgili alanların turizm potansiyelini vurgulayarak, bu alanların sürdürülebilir turizm perspektifinden değerlendirilmesi için somut bir yaklaşım sunmaktadır. Elde edilen bulgular, çay bahçelerinin yalnızca rekreasyonel alanlar değil, aynı zamanda turistik değerler ve bölgesel ekonomik kalkınma unsurları olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kent sakinleri ve turistlerin beklentilerini anlamak amacıyla gerçekleştirilen saha çalışmaları ve anketler, önerilen çay rotası fikrinin hem halk hem de turistler tarafından olumlu karşılandığını göstermiştir. Özellikle çay kesimi ve tadımı gibi etkinliklere olanak sağlayan çay bahçeleri, görsel açıdan cazip noktalar, manzara seyir alanları, yürüyüş yolları ve dinlenme bölgeleri gibi unsurların rotada yer alması yönünde yoğun talep olduğu belirlenmiştir.

Bu bağlamda, Çay Çarşısı'ndan başlayarak Ziraat Botanik Parkı'na uzanan ve çayın farklı halleriyle tanışma fırsatı sunan bir çay rotası önerilmiştir. Bu rota, ziyaretçilere hem kültürel hem de doğal zenginlikleri keşfetme imkânı sunarken, mekânlarda, donatılarda ve bitkilerde çayın izlerini görme, üretim sürecini öğrenme ve çay tadımı yapma gibi deneyimleri bir araya getirmektedir (Şekil 11). Rotanın içeriğinde yerel restoranlar, bilgilendirme panoları, yürüyüş yolları, satış noktaları ve dinlenme alanları gibi unsurlar yer almakta, bu sayede turistlerin bölgeye dair zengin bir deneyim yaşaması hedeflenmektedir. Ayrıca, atıl durumdaki çay bahçelerinin restore edilerek rotaya dahil edilmesiyle hem sürdürülebilir turizm desteklenecek hem de bölgesel ekonomik kalkınmaya katkı sağlanacaktır. İlk etapta günübirlik ziyaretlere uygun olarak tasarlanan rota, ilerleyen süreçte daha uzun rotalarla genişletilerek ziyaretçilere alternatif deneyimler sunabilir. Ayrıca, rota üzerinde alternatif ulaşım seçeneklerinin geliştirilmesi önerilmekte olup, bu yaklaşım bölgedeki turizm potansiyelini daha da artırabilir.



Şekil 11. Önerilen çay rotası (1. Çay çarşısı, 2.Rize Demokrasi meydanı, 3.Memiş Ağa parkı, 4.Çaykur binası ve satış ofisi, 5. Ziraat Botanik park).

Bu öneriler hayata geçirildiğinde, Rize hem yerel halkın hem de turistlerin beklentilerini karşılayan bir turizm merkezi haline gelebilecektir. Sonuç olarak, bu çalışma, çay bahçelerinin turizme entegrasyonunun sadece ekonomik değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da stratejik bir fırsat sunduğunu ortaya koymaktadır. Literatürdeki önceki çalışmalarla paralellikler kurarak, önerilen çay rotasının Rize'nin kent kimliğini ve turistik cazibesini artıracak önemli bir adım olacağı sonucuna varılmıştır. Gelecekteki çalışmalar, önerilen rotanın uygulanabilirliğini ve uzun vadeli etkilerini daha kapsamlı bir şekilde inceleyebilir**.**

Kaynaklar

Ackerman, K., Conard, M., Culligan, P., Plunz, R., Sutto, M. P., & Whittinghill, L. (2014). Sustainable Food Systems For Future Cities: The Potential Of Urban Agriculture. *The Economic And Social Review, 45*(2), 189-206.

Alordiah, C. O., & Ossai, J. N. (2023). Enhancing Questionnaire Design: Theoretical Perspectives On Capturing Attitudes And Beliefs İn Social Studies Research. *International Journal Of Innovative Science And Research Technology*, *8*(10), 603-614.

Aydoğdu, A., ve Duman, S. (2017). Destinasyon Çekicilik Unsuru Olarak Gastronomi Turizmi: Kastamonu Örneği. *Turar Turizm Ve Araştırma Dergisi*, *6*(1), 4-23.

Baran, Z., ve Batman, O. (2022). Destinasyon Pazarlamasında Mutfak Kültürünün Rolü: Sakarya Örneği. *Journal Of Tourism & Gastronomy Studies,* 10(1), 456-475.

Cheng, S., Xu, H., & Li, W. (2012). Tea Culture Tourism: A New Approach For Rural Development İn China. *Tourism Planning & Development*, *9*(1), 25-37.

Centellegher, S., Nadai, M., Caraviello, M., Leonardi, C., Vescovi, M., Ramadian, Y., Oliver, N., Pianesi, F., Pentland, A., Antonelli, F., & Lepri, B. (2016). The Mobile Territorial Lab: A Multilayered And Dynamic View On Parents' Daily Lives. *Epj Data Science*, *5*(1),1-19.

Çapar, G., ve Yenipınar, U. (2016). Somut Olmayan Kültürel Miras Kaynağı Olarak Yöresel Yiyeceklerin Turizm Endüstrisinde Kullanılması. *Journal Of Tourism & Gastronomy Studies, 4*(Special Issue 1), 100-115.

Çay Sektörü Raporu. (2019). Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı. Https://Www.Ticaret.Gov.Tr/Seyrusefer/Raporlar/Cay-Sektoru-Raporu. Erişim Tarihi: 26.03.2023.

Çeken, H., Dalgın, T., ve Çakır, N. (2012). Bir Alternatif Turizm Türü Olarak Kırsal Turizmin Gelişimini Etkileyen Faktörler ve Kırsal Turizmin Etkileri. *International Journal Of Social And Economic Sciences, 2*(2),11-16.

Çorbacı, Ö. L., Oğuztürk, T., Oğuztürk, G. E., Üçok, M., ve Aydın, F. (2022). Doğal Ve Kültürel Peyzaj Değerinin Turizm Potansiyeline Etkisi: Rize Ziraat/Botanik Çay Bahçesi Örneği. *Journal Of Humanities And Tourism Research, 12*(1), 56-67.

Ercan Oğuztürk, G., Sipahi, M., Çorbacı, Ö. L., ve Oğuztürk, (2023). T. Çay Bitkisinin Kentsel Yeşil Alanlarda Kullanımı: Rize İli Ziraat Botanik Parkı Çay Bahçesi Uygulaması. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *4*(2), 208-218.

Deelstra, T., & Girardet, H. (2000). *Urban Agriculture and Sustainable Cities*. In N. İçinde; Bakker, M. Dubbeling, S. Gundel, U. Sabel-Koshella, ve H. de Zeeuw (Eds.) Growing

Cities, Growing Food: Urban Agriculture on the Policy Agenda (ss. 43-66). Feldafing: ZEL.

Doğan, E., ve Nemutlu, G. S. (2018). Sürdürülebilir Kalkınmada Kent Tarımının Rolü: İstanbul Örneği. *Planlama*, *28*(3), 271-283.

Eröz, S. S., ve Bozok, D. (2018). Çay Turizmi Ve Rize İli Potansiyeli. *Third Sector Social Economic Review, 53*(3), 1159.

Friedman, A. (2020). Fundamentals Of Sustainable Urban Design. *Springer Nature.*

Garbini, C. (2012). Tea Tourism İn China. *International Journal Of Tourism Research, 14*(5), 456-468.

Gazelci, S. C., ve Aksoy, M. (2024). Türkiye'de Oluşturulan Teorik Gastronomi Rotalarının Bibliyometrik Analizi. *Seyahat Ve Otel İşletmeciliği Dergisi, 21*(1), 149-167.

Gökalp, D. D. (2013). Kırsal Peyzaj Planlamada Agroturizm Ve Agriturizm. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, (1), 25-29.

Güneroğlu, A., ve Bekar, I. (2016). Tarım Alanlarının Sürdürülebilir Kentlerdeki Rolü. *Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Yayınları, 1*(1), 12-24.

Güneroğlu, N., ve Acar, C. (2016). Rize'de Çay Tarımının Kent Kimliğine Etkisi. *Coğrafya* Dergisi, (34), 59-68.

İskender, E. (2020). Doğu Karadeniz Bölgesinde Çay Turizminin Potansiyeli ve Geliştirilmesi Üzerine Bir İnceleme. *Turizm Akademik Dergisi, 7*(2), 223-237.

Jolliffe, L., & Aslam, M. S. (2009). *Tea And Tourism: Tourists*, Traditions, And Transformations. Channel View Publications.

Karakayacı, Z. (2010). Tarım Arazilerinin Dışı Kullanımının Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Değerlendirilmesi. *Ziraat Mühendisliği,* (355), 48-53.

Karaşah, B. (2019). Kırsal Turizm Kapsamında Çay Turizminin Değerlendirilmesi "Artvin Örneği" Assessment Of Tea Tourısm Wıthın The Context Of Rural Tourısm "Case Of Artvın". *The Journal*, *12*(68).

Kızılırmak, İ., Albayrak, A., ve Küçükali, S. (2014). Yöresel Mutfağın Kırsal Turizm İşletmelerinde Uygulanması: Uzungöl Örneği. *International Journal Of Social And Economic Sciences*, *4*(1), 75-83.

Li, A. (2021). The Value Of Multi-Functional Urban Agriculture İn Creating Sustainable Cities (Doctoral Dissertation). Newcastle University.

Mougeot, L. J. A. (1999). *Urban Agriculture: Definition, Presence, Potentials And Risks*. In Growing Cities, Growing Food: Urban Agriculture On The Policy Agenda, (ss. 1-42). Feldafing: Deutsche Stiftung Für İnternationale Entwicklung.

Mougeot, L. J. (2006). *Growing Better Cities: Urban Agriculture For Sustainable Development*. Idrc.

Nebioğlu, O. (2016*). Yerel Gastronomik Ürünlerin Turizmde Kullanılmasını Etkileyen Faktörler.* Doktora Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.

Nergiz, H. G., ve Karaca, E. (2021). Turizmde Çekicilik Unsuru Olarak Dağıstan Mutfağı: Güneyköy Örneği. *Troyacademy*, *6*(2), 712-732.

Newman, P., & Jennings, I. (2012). *Sürdürülebilir Ekosistemler Olarak Şehirler: İlkeler Ve Uygulamalar.* Island Press.

Ongun, U., Gövdere, B., ve Kaygısız, A. D. (2015). Isparta İli Kırsal Alanlarında Yapılabilecek Kırsal Turizm Türlerinin Kırsal Kalkınmaya Etkisi. *International Journal Of Social And Economic Sciences, 5*(1), 122-131.

Okp (Ortaklık ve Kalkınma Platformu). (2014). Dünya Tarım Arazileri Raporu. Https://Www.Okp.Org/Dunya-Tarim-Arazileri-Raporu. Erişim Tarihi: 25.03.2023.

Orsini, F., Kahane, R., Nono-Womdim, R. & Gianquinto, G. (2013). Urban Agriculture İn The Developing World: A Review. *Agronomy For Sustainable Development*, *33*(4), 695-720.

Pezikoğlu, F. (2012). Sürdürülebilir Tarım ve Kırsal Kalkınma Kavramı İçinde Tarım-Turizm-Kırsal Alan İlişkisi Ve Sonuçları. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, (1), 83-92.

Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü.(2024). Türkiye Nüfus Verisi. https://www.nufusu.com/ılce/merkez_rize-nufusu. Erişim Tarihi:26.11.2024.

Rahgozar, M. (2019). İranlı Turistlerin Destinasyon Seçimini Etkileyen Faktörler: Van İlinde Bir Araştırma.Yüksek Lisans Tezi. Arel Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Sodiq, A., Baloch, A. A., Khan, S. A., Sezer, N., Mahmoud, S., Jama, M. & Abdelaal, A. (2019). Towards Modern Sustainable Cities: Review Of Sustainability Principles And Trends. *Journal Of Cleaner Production*, (227), 972-1001.

Specht, K., Siebert, R., Hartmann, I., Freisinger, U. B., Sawicka, M., Werner, A., ... & Dierich, A. (2014). Urban Agriculture Of The Future: An Overview Of Sustainability Aspects Of Food Production İn And On Buildings. *Agriculture And Human Values,* (31), 33-51.

Subaşılar, B. (2007). Turizm Tanıtımında Kültür Turizminin Yeri İstanbul Üzerine Bir Uygulama. Doktora Tezi. Marmara Universitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Şengül, S., ve Türkay, O. (2016). Yöresel Mutfak Unsurlarinin Turizm Destinasyonu Seçimindeki Rolü Mudurnu Örneği. *Uluslararası Yönetim Iktisat Ve Işletme Dergisi*, *12*(29), 63-87.

Üzümcü, T. P., Çelik, A., Otar, S., ve Hacıalioğlu, A. (2015). Kırsal Alanların Sürdürülebilir Kırsal Turizm Amaçlı Kullanılması Kocaeli-Kandıra Örneği. *International Journal Of Social And Economic Sciences, 5*(2), 92-102.

Var, T. (1992). *Turizm Ekonomisi*. Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Wilson, G. A. (2009). The Spatial Ity Of Multifunctional Agriculture: A Human Geography Perspective. *Geoforum, 40*(2), 269-280.

Yaman, Z. Ö., ve Seçkin, G. E.(2022). *Destinasyon Tercihinde Gastronomi Turizminin Rolü Üzerine Kavramsal Bir Inceleme.* Gastronomi Alanında Tematik Araştırmalar II, 82.

Yenigül, S. B. (2016). Büyükşehirlerde Tarımsal Alanların Korunmasında Kentsel Tarım Ve Yerel Yönetimlerin Rolü. *Megaron, 11*(2), 291-299.

Yu, H., & Song, M. (2017). Urban Agriculture For Sustainable Cities: Using Wastes And Idle Land And Water Bodies As Resources. *Environment And Urbanization, 29*(2), 365-380.

Düzce University Faculty of Forestry
Journal of Forestry
(DUJOF)

Journal of Forestry Volume 21, Number 1, pp. 739-764
Category: Research Article

https://dergipark.org.tr/tr/pub/duzceod
ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871
Düzce University Faculty of Forestry
DOI: 10.58816/duzceod.1423005

Transformation of Post Industrial Areas Into Public Open and Green Spaces; Ankara Maltepe Gasworks Example

Post Endüstriyel Alanlarının Kamusal Açık Yeşil Alanlara Dönüştürülmesi; Ankara Maltepe Gazhanesi Örneği

Onur AKSOY[1], Merve DİLMAN GÖKKAYA[1], Gül SAYAN ATANUR[1]

Abstract

Transforming post-ındustrial areas into public spaces is a common practice in urban areas. Maltepe Gasworks in Ankara, Türkiye, was selected for this study. The research aims to develop a new landscape design that enhances the area's ecological, historical, and economic assets. In this context, the study consists of four stages. In the first stage, literature research was conducted. In the second stage, a SWOT analysis was carried out. Later, a new industrial landscape design proposal was developed for the region, taking into account ecological, historical and economic considerations. Finally, the current situation of the area and the new landscape design are compared. The SWOT analysis and neighborhood analysis used in the study revealed that the region lacks a historical identity and a green connection. With the new landscape design proposed for the area, a landscape design that takes into account ecological, historical identity and economic parameters has been developed. With the study, the area's historical identity, ecological and economic value have been allocated. In addition, the amount of green space is increased and the relationship between other green spaces is further strengthened with the proposed industrial landscape design.

Keywords: Industrial area, public open green space, historical identity, ecological restoration

Özet

Kentsel alanlarda post-endüstriyel alanların kamusal alanlara dönüştürülmesi yaygın bir uygulamadır. Çalışma alanı olarak Türkiye'nin başkenti Ankara'daki Maltepe Gazhanesi seçilmiştir. Araştırma, bölgenin ekolojik, tarihi ve ekonomik değerini geliştiren yeni bir peyzaj tasarımı geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda çalışma dört aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada literatür araştırması yapılmıştır. İkinci aşamada SWOT analizi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bölge için ekolojik, tarihi ve ekonomik hususları da göz önünde bulunduran yeni bir endüstriyel peyzaj tasarım önerisi geliştirilmiştir. Son olarak alanın mevcut durumu ile yeni peyzaj tasarımı karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan SWOT analizi ve yakın çevre analizleri ile bölgede tarihi bir kimliğin ve yeşil bağın olmadığı görülmüştür. Alan için önerilen yeni peyzaj tasarımı ile ekolojik, tarihi kimlik ve ekonomik parametrelerin dikkate alındığı bir peyzaj tasarımı geliştirilmiştir. Çalışma ile bölgenin tarihi kimliğinin, ekolojik ve ekonomik değerlerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Ayrıca önerilen bu endüstriyel peyzaj tasarımı ile yeşil alan miktarı arttırılırken, diğer yeşil alanlar arasındaki ilişki daha da güçlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel alan, kamusal yeşil alan, tarihsel kimlik, ekolojik restorasyon

Received: 20.01.2024, Revised: 04.10.2024, Accepted: 30.06.2025
Address: [1]Bursa Techinal University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture
E-mail: onur.aksoy@btu.edu.tr

1. Introduction

Rapid industrialization has significantly contributed to the economic development of many countries (Fan et al., 2017). Regions like North Rhine-Westphalia in Germany, Yorkshire in England, Nord-Pas-de-Calais in France, and Upper Silesia in southern Poland are considered the birthplaces of the Industrial Revolution. In Türkiye, industrialization began later than in Europe, starting with the Ottoman Empire in the late 19th century and continuing with the establishment of the Republic of Türkiye. In all these countries, industrial activities, especially coal mining, played a crucial role in shaping the post-industrial landscape and left lasting marks on the geography (Pytel et al., 2021). Rapid industrialization has led to the wastage of land and resources in urban areas, the degradation of the city's ecological landscape (Liu and Pan, 2014), and negatively impacted public health (Zeng et al., 2021). However, these once-problematic landscapes are now seen as opportunities. Their location, proximity to infrastructure, and unique forms make them ideal for redevelopment in urban areas (Loures, 2015). Creative interventions in these areas can increase the amount of public space in cities and improve public health and well-being.

The term "post-industrial" often refers to areas that remain after industrial use, including polluted landscapes and old factory buildings in historic parts of cities (Erdem Kaya, 2022). For example, the Çubuklu Silos, an important part of Istanbul's industrial heritage, is located between Paşabahçe and Kanlıca. Opened in the late 19th century to meet the city's growing energy needs, they have been used for storage by private oil companies since the 1930s. Over time, different silos were built to store various products like food, seeds, minerals, and chemicals. Even though they no longer serve their original purpose, these silos have architectural significance and are now preserved as heritage sites. In 2024, the Istanbul Metropolitan Municipality restored the Çubuklu Silos following universal conservation principles, bringing them back into use (İBB Atatürk Library, 2024). Another example is Bilgi's Santral Campus. Between 1938 and 1952, Turkey's first thermal power plant supplied electricity to Istanbul. Built in the Golden Horn, it reflects the First National Architectural Movement. In 2007, it was converted into a campus and now serves as a space preserving industrial heritage, hosting education, culture, and arts activities (Benli and Banaz, 2024).

Reusing outdated industrial areas that no longer meet contemporary needs is one of the best ways to revitalise vacant spaces affected by urban shrinkage (Smith, 2008; Loures, 2015; Pan and Song, 2017; Otsuka et al., 2021). These old industrial sites, which have lost

their production, transportation, and infrastructure functions, as well as brownfields in cities, have great development potential and hold significant historical and cultural values (Erdem Kaya, 2022). However, they often carry negative environmental burdens. Many successful examples of converting urban brownfields and historic industrial complexes into green spaces demonstrate both social benefits and environmental gains (De Sousa, 2014; Langhorst, 2014; Kristiánová et al., 2016). For instance, Gas Works Park in Seattle, Washington, US, designed by Richard Haag Associates, is a former industrial site transformed into a public park through remediation and reclamation. The park has not only cleaned up contaminated land but also serves the public (Way, 2013; Liu and Pan, 2014; Lee, 2019; Erdem Kaya, 2022). Converting old industrial areas and brownfields into green spaces can meet recreational needs, enhance aesthetic appeal, create healthy urban environments, increase property values, provide wildlife habitats, and make cities more resilient to climate change (Kristiánová et al., 2016). However, these benefits are only possible with proper landscape designs. For example, the Seka Paper Factory in Kocaeli, Türkiye, was a comprehensive industrial transformation project. Opened in 1934 and operating until 2005, the factory's land was transferred to the Kocaeli Metropolitan Municipality and turned into an open green area (Oğuz et al., 2010). Another example is the Hasanpaşa Gasworks, which supplied the city's lighting and fuel for 101 years from its establishment in 1892. Production ceased in 1993 due to outdated technology and environmental concerns. After a period of abandonment, public advocacy led to its preservation and extensive restoration. Reopened as Museum Gazhane on 9 July 2021, it now serves as a cultural hub in Istanbul, focusing on arts and culture in a modern "living space" concept (MG, 2022).

Post-industrial landscape design is an inclusive process that involving creative and technical considerations on contaminated sites. Remediation and design are two critical actions to redefine the post-industrial landscape (Erdem Kaya, 2022). Another important focus in industrial landscape design is historical identity. As public open green spaces, industrial landscapes allow the new to connect with history, enabling the rebirth of the past and creating a harmonious landscape with industrial heritage (Liu and Pan, 2014). For example, Westergasfabriek (WGF) is a former gas production factory located west of Amsterdam. The factory was shut down when natural gas resources were discovered in the Netherlands, making gas production unnecessary. Most of its buildings were demolished, and the rest were used as storehouses for years. In 1981, the factory was reconstructed as a recreational area due to increasing interest in reclaiming old industrial areas as historically

valuable urban spaces. The various shapes and sizes of the buildings in the area provide opportunities for different activities. The gas holder, for instance, is used for events such as house parties, pop concerts, and other performances (Bonink and Hitters, 2001; Loures and Burley, 2012). As a result, spatial design and planning projects for post-industrial spaces have gained visibility, especially when they include significant public open spaces or green areas (Langhorst, 2014).

This research focuses on transforming Maltepe Gasworks, located in the Maltepe district of Ankara, the capital city of Türkiye, into an ecologically, culturally, and economically open public space. Maltepe Gasworks was chosen as the study area because it was registered as an immovable cultural property by the Ankara Cultural and Natural Heritage Preservation Board on 19 March 1991. However, its status was downgraded and it was demolished in 2006. The research aims to create a new public space in ecological, cultural, and economic terms through the post-industrial landscape design of the Maltepe Gasworks area. Initially, a brief literature review was conducted. Then, a SWOT analysis was performed on the study area. Based on this analysis, a post-industrial landscape design and economic parameters were proposed. The proposed landscape design was then compared with the current situation. The methods and findings of this study, conducted at the old Maltepe Gasworks site, which has been demolished and is now used for various purposes without any upgrades, are unique. The research demonstrates that abandoned industrial areas, both in Türkiye and globally, can be transformed into public spaces that benefit society. This transformation can incorporate ecological, cultural, and economic functions, making it valuable for the community.

2. Literature review

The presence of derelict, underutilized**,** outdated, and often abandoned post-industrial structures in the landscape today is primarily the result of past and present human land use (Loures, 2015). Post-industrial landscapes, including old factories, ports, train stations, mines, and other unused, abandoned, and neglected places, are often associated with "visible places" (Sandberg, 2014). For example, Elmhurst Park in New York was once an industrial storage facility used to store gas. The factory was abandoned in the 1980s due to investments in new storage and distribution technologies. Construction of the $20 million park, led by former Mayor Michael Bloomberg, began in 2007. Elmhurst Park was opened on May 24, 2011, on the former site of the gas tanks (Mulvaney, 2017). During field analysis, it was found that the entire area was contaminated with lead. It was necessary to remove 18,000

tons of soil from the site. The renovation's first phase proposed planting 500 trees, adding 1,219 m³ of clean filling material, and installing rainwater management systems. The two phases of reconstruction focused on building the playground and recreational facilities of the park (De Sousa, 2014). Another example is the Thames Barrier Park on the River Thames in London, England, which was once a chemical industrial factory (Zhang et al., 2022). After many years of industrial use, the area was transformed into a green space. Before the factory site was converted, a 2-meter layer of crushed concrete was poured over the contaminated soil. The park now includes fountains, playgrounds, picnic areas, and more. However, the most striking feature is the 49-meter-long 'Green Dock', which was built to remind visitors of the old port area (Villella et al., 2006). The Rahmi Koç Industrial Museum, one of Türkiye first private-sector regeneration projects, features two historic buildings: the 18th-century Ottoman Navy anchor foundry (Lengerhane) and the Hasköy Dockyard. Restored in 1994, the museum showcases transport, industrial, and communication history. It is the first industrial museum in Istanbul and is dedicated to the history of transportation, industry and communication. It exhibits the first products of the Koç Group as well as various industrial artifacts from all over the world. In addition to its museum function, the complex also includes a restaurant, pub, museum store and seminar hall (Gunay and Dokmeci, 2012).

Land is often contaminated with potentially hazardous substances and materials during use for industry, commerce, and waste disposal. These can harm humans, ecological systems, the aquatic environment, structures, and sometimes other groups (Smith, 2008). However, these problems can be addressed with landscape designs. For example, the Olympic Sculpture Park in Seattle was once an industrial site that transferred and distributed petroleum products between 1900 and 1975 (Coates, 2009; Erdem Kaya, 2022). Rehabilitation began in 1988 for the area contaminated with gasoline, diesel oil, lubricating and heating oils, and petroleum-based solvents due to heavy industry use. Initially, approximately 65,000 tons of oil-contaminated soil were removed. The rehabilitation included adding a new soil layer, placing a reduced permeable layer within the clean fill layer, installing stormwater drainage lines, and implementing erosion control measures to stabilize the site (Huber, 2008; Erdem Kaya, 2022). Another example is Freshkills Park, an area in New York that used to be a landfill. The site was used as a landfill for 53 years and became the largest landfill in the world (Heesche et al., 2022). Garbage collection stopped in 2001 due to increasing public pressure regarding environmental, health, and aesthetic concerns. An international design competition and collective outreach process was initiated in 2001 to transform it into a park (Klenosky et al., 2017). Developed by James Corner Field

Operations in 2001, the New York Parks and Recreation Department took over the project in 2006. The project began in October 2008 and will continue gradually for at least 30 years. When completed, it will be the second-largest park in New York City after Pelham Bay Park in the Bronx. Ecological strategies were used to rehabilitate the area at Freshkills Park (Klenosky et al., 2017; Erdem Kaya, 2022; Heesche et al., 2022). Another example is the Emscher Park project, which rehabilitates an industrially polluted area. Green corridors on the north-south axis, connecting 17 cities, have been proposed by using the existing waterways and open green areas. The park, covering an area of approximately 300 km², connects regions with gardens, pedestrian paths, and bicycle paths (Loures and Burley, 2012). Various industrial landscapes have been created along the green corridor, including the Nord Landscape Park in Duisburg. In this area, biological cleaning processes were carried out using suitable plant species to eliminate water pollution. One of the most prominent features of the project is the integration of existing old industrial buildings with plant designs (Shaw, 2002; Stilgenbauer, 2005; Loures and Burley, 2012; Pytel et al., 2021).

The issue of environmental gentrification is rarely addressed in the post-industrial landscape ecological restoration literature, and when it is, it is seldom the main focus (Sandberg, 2014). Emscher Landschaftspark is a public green space north of Duisburg, Germany. Designed by Peter Latz in 1991, the park was previously used as farmland and later converted into a coal and steel production factory. The formerly polluted industrial area has been transformed into a public green space through landscape design. The planting improvement method was applied to the contaminated areas of the factory (Stilgenbauer, 2005; Hemmings and Kagel, 2010; Langhorst, 2014). This project is an example of effective post-industrial landscape practice, combining remediation approaches and spatial design with a strong emphasis on heritage value and the adaptive reuse of existing structures (Erdem Kaya, 2022). Hudson River Park in New York is another example of regenerating and developing coastal industrial districts using an open space model. The park is a key part of New York City's park system and the core area of the city's greenway system. As part of the city's green infrastructure, it connects many blocks and landmarks, integrating the urban open space on the west side of Manhattan Island into a cohesive green area (Carr, 2008). The park features various themed entertainment venues, including grass fields, water piers, airfields, small restaurants, pet parks, recreational sports facilities, and children's playgrounds (Zhang et al., 2022). It offers several programs for children and adults, many focusing on Hudson River ecology. The park's programs often relate to marine science and aim to educate the public about the estuary and its ecology (Hutcheson et al., 2018).

3. Material and Method

3.1. Study area

The study area constitutes the main material of the research. In this context, Maltepe Gasworks, located in Ankara, the capital of Türkiye, has been determined as the study area (Figure 1). Located in an urban area, Maltepe Gasworks covers 66,815 m^2. Built in 1929, it was one of the first industrial buildings in Ankara, designed to provide heating and lighting for the city's residential and industrial areas (Karayaman, 2014). The factory included various structures such as gasometers, power plants, water towers, gas furnace rooms, fuel tanks, warehouses, silos, and workshops, reflecting the architectural style of the time (Cihanger, 2012). From its opening until the 1960s, many other industrial buildings were developed around the factory, following the Jansen Urban Plan. The Maltepe region continued to grow industrially with factories, warehouses, and workers' residences until the 1960s. However, Maltepe Gasworks ceased operations because it became obsolete with the shift from air gas to natural gas. Additionally, pollution from nearby riverbeds and the raw materials used in the factory contributed to air and water pollution, leading to discussions about the factory's demolition in 1990 (Cihanger, 2012). However, the Union of Chambers of Turkish Engineers and Architects (UCTEA) Chamber of Architects in Ankara applied to the Ankara Cultural and Natural Heritage Preservation Board. They succeeded in registering some of the factory’s industrial structures as immovable cultural assets (Saner, 2012). Additionally, on March 19, 1991, decision number 1679, the 'guest house' located southeast of the site and facing Toros Street, was designated as an immovable cultural property that must be preserved. This decision marked the first official use of the term "industrial area" in Türkiye, although it is not included in the conservation legislation (Aslan, 2019).



Figure 1. The surroundings of the study area and its location in Türkiye (Original).

The building, which had been neglected for about 15 years, became a focal point once again due to expert opinions supporting its demolition. Engineering assessments and reports highlighted the building's poor physical condition and potential environmental hazards, which strengthened the case for its demolition. Most of the registered industrial structures had their status downgraded and were demolished on June 13, 2006 (Figure 2) (Cihanger, 2012). However, Article 9 of the "Regulation on the Detection and Registration of Immovable Cultural Properties and Sites to be Protected," published in the Official Gazette on March 13, 2012, number 28232, includes a provision stating that "Removal of registration records for immovable cultural properties that need to be protected shall be conducted according to the principles of this Regulation."



Figure 2. Images of Maltepe Gasworks before and during its demolition in 2006 (Chamber of Architects, 2023).

Following the annulment of their decision on the same day, the Ankara Metropolitan Municipality began demolition work on a 10,300 m² portion of the factory area, which was part of the Ankara Electricity and Gas Operations (EGO). This demolition removed coal gas production facilities, sulfur treatment facilities, coal storage areas, decovil lines, and crane structures. The chimneys of the BEDAŞ (Boğaziçi Electricity Distribution) power plant have not yet been demolished (Aslan, 2019). After demolishing the EGO General Directorate area, which included the Gasworks and its associated units, the 16402 block of 5 parcels was leased out. In this area, a clothing and electronic equipment market, Maltepe Bazaar, was built using single-story prefabricated units. This development was deemed unsuitable for the historical identity and character of the place. Later, Çankaya Municipality and İller Bankası constructed a shopping mall on the former site of Maltepe Bazaar (Aslan, 2019). The current amount of green space in the area is 3,700 m².

In summary, a registered cultural property was intentionally left in disrepair, eventually labeled as environmentally hazardous and in poor condition to facilitate its leasing. The Maltepe Gasworks area has been involved in numerous legal disputes throughout this process. Currently, the area includes the Başkent Electricity Distribution General Directorate, Maltepe Transformer Center, Maltepe Bazaar, EGO Mosque, EGO Sports Club, and technical services. The land is divided into four parcels: Parcel No. 29228/3 (31,139 m²) and Parcel No. 29228/4 (1,246 m²) belong to EGO, while the Ankara Metropolitan Municipality owns parcels totaling 10,247 m². Figure 3 shows the satellite image of Maltepe Gasworks before and after the demolition.



Figure 3. Satellite images of Maltepe Gasworks before it was demolished in 2002 and after it was demolished in 2022 (Original).

According to the calculations made in Google Earth Pro, the current status of the study area is 6,000 m^2 green area, 30,000 m^2 hard ground (generally used as a parking lot), 12,000 m^2 soil surface and the remaining areas are buildings. In the current state, approximately 27% of the area is permeable surface, and the remaining 63% is impermeable surface. The area currently contains *Ailanthus altissima, Aesculus hippocastanum, Robinia pseudoacacia* and *Acer* sp. species. When examined structurally, the impermeable flooring material is generally asphalt. Although the area can be entered from different points, these entrances are not clearly defined. In addition, security vulnerabilities resulting from inadequate lighting are noted in the field observations.

3.2. Method

The study consists of four phases. Firstly, literature research was conducted, and the current situation was revealed. In addition, at this phase, the natural data of the area, such as soil, hydrology, slope, green space use and elevation, and transportation status in its structural components, were examined in the survey (transportation and green areas), zoning plan, ArcGIS 10.7.1 (soil and hydrology), and Google Earth Pro (elevation and slope). Topography, soil structure, hydrology, and transportation in the area were examined as they will guide the landscape design. The area's history is important in reshaping the industrial heritage in landscape design. Open green areas were examined for green connectivity. Additionally, the vegetation status of the study area and its surroundings over the years were analyzed using NDVI. Secondly, within the scope of the literature data examined, a SWOT analysis was performed in the study area. In the third phase, a new industrial landscape

design proposal was developed for the study area, considering the area's natural and structural components and the SWOT analysis. This landscape design, made in the last stage, was discussed by comparing it with the current situation. The general flow diagram of the study is shown in Figure 4.

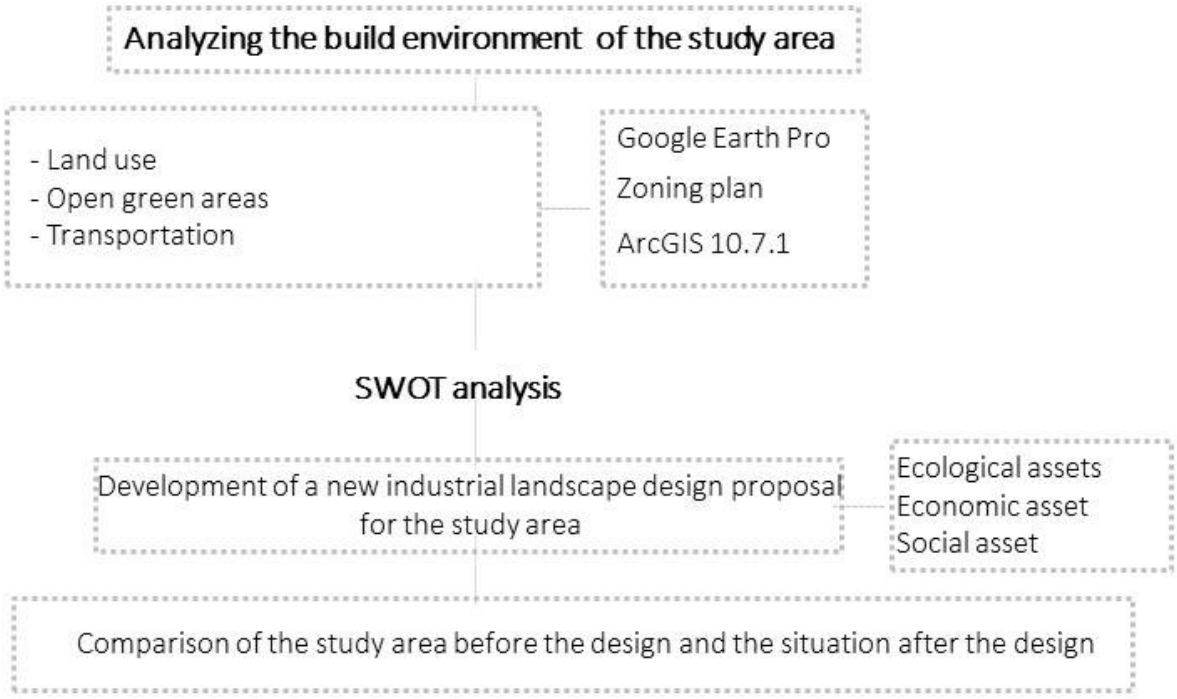


Figure 4. General flow diagram of the study (Original).

3.2.1. NDVI analysis

The green areas within the study area and its immediate surroundings were analyzed using NDVI for different years (Figure 5). Images from 26 July 1990 and 16 July 1998 were processed using data from the Landsat 5 satellite, applying Equation 1. The image from 21 June 2024 was processed using data from the Landsat 8 OLI satellite, applying Equation 2.

$$NDVI = \left(\frac{Bant4 - Bant\ 3}{Bant\ 4 + Bant3}\right) \quad (1)$$

$$NDVI = \left(\frac{Bant5 - Bant\ 4}{Bant\ 5 + Bant4}\right) \quad (2)$$

The NDVI analysis represents 0-0,1 water surface, 0,1-0,2 barren rocks, sand, or snow, 0,2-0,5 shrubs and grasslands or senescing crops 0,5≤ dense vegetation or tropical rainforest.

3.2.2. SWOT analysis in the study area

SWOT analysis is a method used to assess an organization's resources and environment by examining four key areas: Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (Namugenyi et al., 2019; Phadermrod et al., 2019). It has been in use since the 1960s due to its simplicity and ease of application (Phadermrod et al., 2019). Strengths refer to internal factors that help an organization succeed, while weaknesses are internal factors that hinder success. Opportunities are external factors that can aid an organization in achieving its goals, including positive environmental aspects and chances to address gaps or start new activities. On the other hand, threats are external challenges that could impede the organization's objectives (Benzaghta et al., 2021). In this study, SWOT analysis was applied to facilitate decision-making. It was conducted at Maltepe Gasworks, the focus area of the study, and the landscape design was developed based on the results. The SWOT analysis identified the strengths, weaknesses, opportunities, and threats relevant to the landscape design of Maltepe Gasworks. SWOT is chosen for this study due to its simplicity, flexibility, and ease of understanding. The primary goal of using SWOT was to provide clear guidance for future landscape design.

4. Results

The natural and structural data of the Maltepe Gasworks area were collected and analyzed through area surveys, zoning plans, ArcGIS 10.7.1, and Google Earth Pro. The elevation of the area ranges from 849 to 878 meters. The slope in the area varies from 0 to 19%. However, the addition of the gasworks' structural units has flattened the land. Approximately 3.5 km to the northwest of the site is the Ankara Stream, and the İmrahor Stream is located to the southeast. According to the Türkiye soil map, the soil beneath the structural materials in the area has been affected by settlement (TSA, 2023). This information is crucial for guiding future planting design proposals for the site.

In the study, NDVI analysis was conducted to identify green infrastructure deficiencies and develop landscape design recommendations that will strengthen ecological connections. When the NDVI analysis of the Maltepe Gasworks and its immediate surroundings (the study area) is reviewed, it shows an increase in vegetation over the years.

This trend can be attributed to the natural growth of vegetation and the addition of newly created open green spaces. According to the analysis between 1990 and 1998, there was no vegetation in the study area. By 2024, the area included Maltepe Bazaar, parking areas, and abandoned spaces, where some vegetation has developed due to the lack of active use. However, when examining the green infrastructure in the NDVI analysis, it is clear that Maltepe Gasworks lacks green connectivity. There is no connection to nearby green spaces such as Anıtkabir to the northwest, Youth Park to the north, Abdi İpekçi Park and Kurtuluş Park to the east, and Başkent Millet Bahçesi to the west (Figure 6). These surrounding open green areas highlight the potential for enhancing green connectivity through the proposed industrial landscape design for the former Gasworks site. In addition, while the connections between the parks are planned to be provided by green roads, the connections in the newly proposed landscape industrial landscape design can be supplied by green bridges to be proposed over Celal Bayar Boulevard.

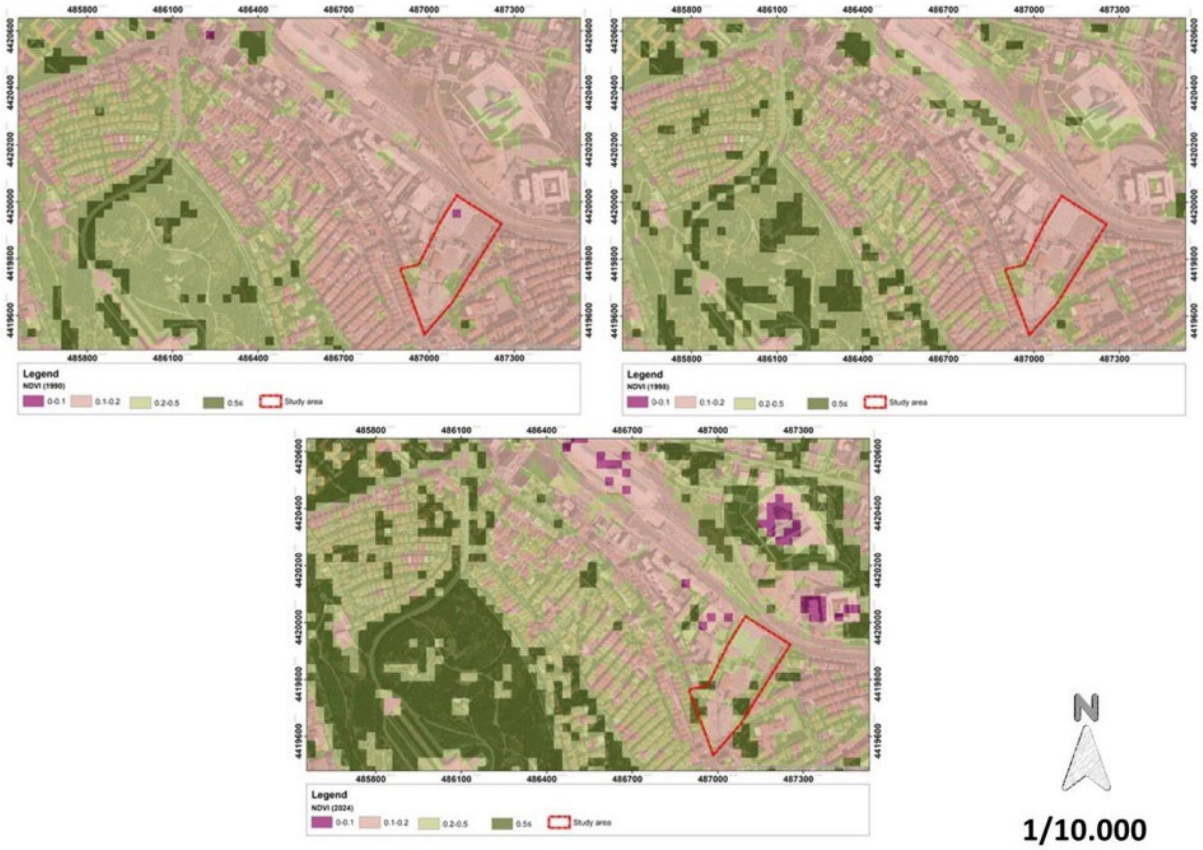


Figure 5. NDVI analysis in the study area and its surroundings for the years 1990, 1998 and 2024 (Original).

Regarding transportation, Tok Street runs along the west side of the area, Celal Bayar Boulevard is to the north, Gazi Mustafa Kemal Boulevard is to the south, and Toros Street

is to the east. Ankara Train Station is situated to the north of the area, and there are two bus stops nearby. Additionally, several minibus lines run along Celal Bayar Boulevard (Figure 6).

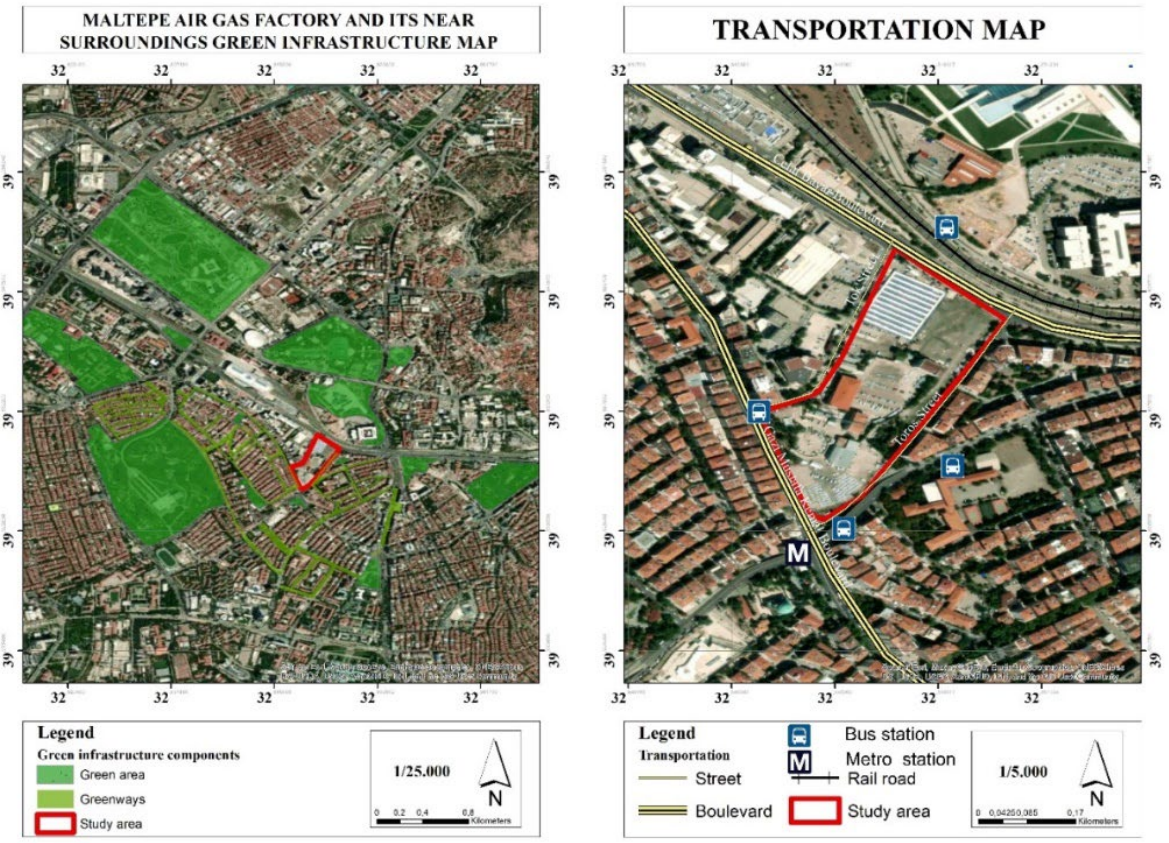


Figure 6. Green infrastructure map (left) and transportation map (right) showing the study area and its immediate surroundings (Original).

In addition to analyzing the green space and transportation, a visual analysis was conducted to show the historical changes in the area over time. This analysis provides an overview of how the Gasworks has evolved from its inception to the present day (Figure 7).



Figure 7. Visual analysis of the historical process of Gaswork from past to present (Original).

Considering the SWOT analysis and literature research, an industrial landscape design proposal was developed at the Maltepe Gasworks. The study area is in the center of

Ankara and easily accessible. The study area can be easily reached by many means of transportation such as metro, bus, train and minibus. In addition, the rent value of the study area located in Ankara's Eti Neighborth is also high. These are all strengths of the study area in general. While it is close to important transportation axes and has many open green areas in its immediate vicinity, it serves recreational functions and provides wildlife habitat. These features have been evaluated as opportunities in the field. Despite all the strengths and opportunities, the lack of green connections, the use of the area other than industrial historical heritage, and the fact that it is idle are among the weaknesses of the area. General threats in the region are; noise and air pollution caused by the lack of protection of industrial heritage, the current idle use of the area, and the presence of many transportation axes in the immediate vicinity. The detailed SWOT analysis of the study area is shown in Figure 8.

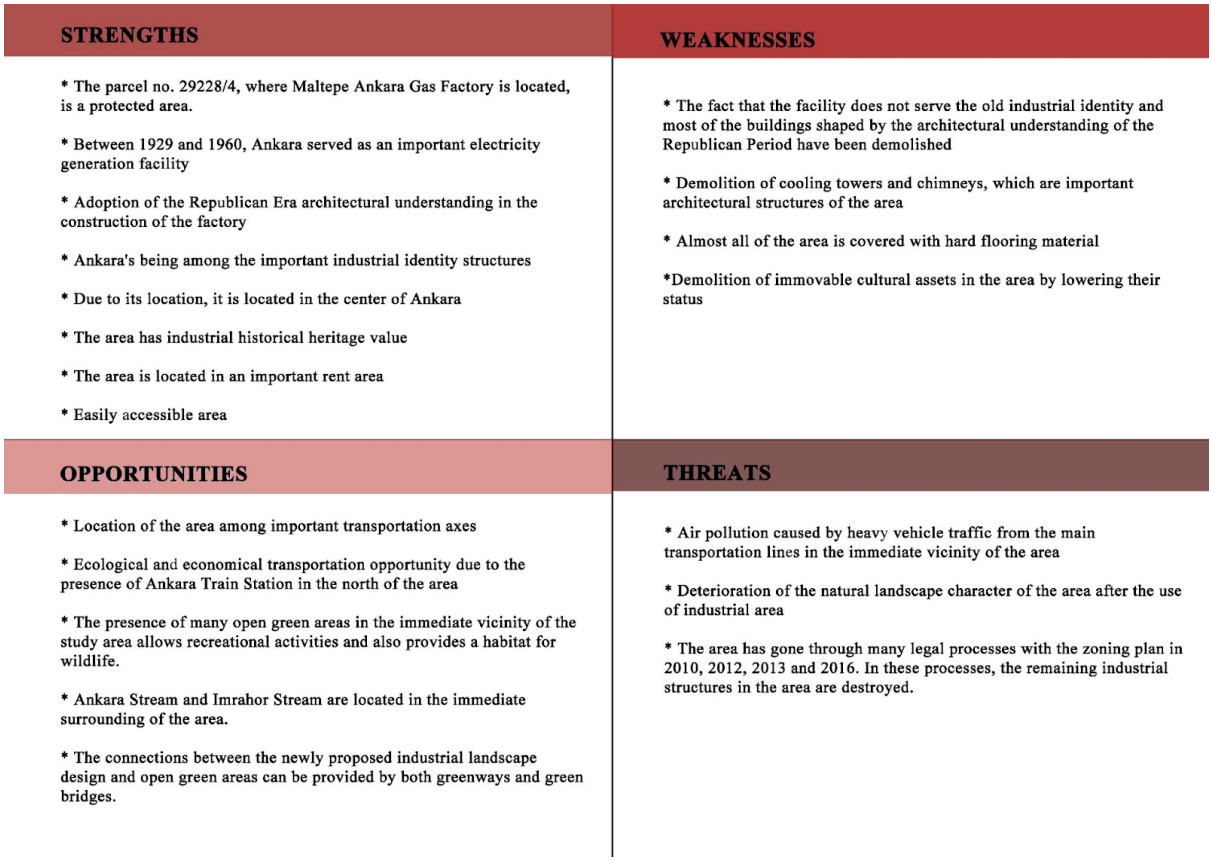


Figure 8. SWOT diagram in the study area (Original).

The SWOT analysis identified several issues in the study area: idle use of work area, traffic and noise pollution, a disconnect from urban identity, and underutilizing the site's industrial historical heritage. To address these problems, a new landscape design proposal was recommended. The new design aims to restore the area's historical identity while incorporating ecological and economic properties. This proposal, which is illustrated in

Figure 7, seeks to address the identified weaknesses and leverage the area's strengths and opportunities for a more cohesive and functional landscape.

A new landscape design was created based on SWOT analysis and field surveys. This design restores the area's historical identity and incorporates ecological and economic properties. The proposed landscape design, which addresses the issues identified in the SWOT analysis, is shown in Figure 9.

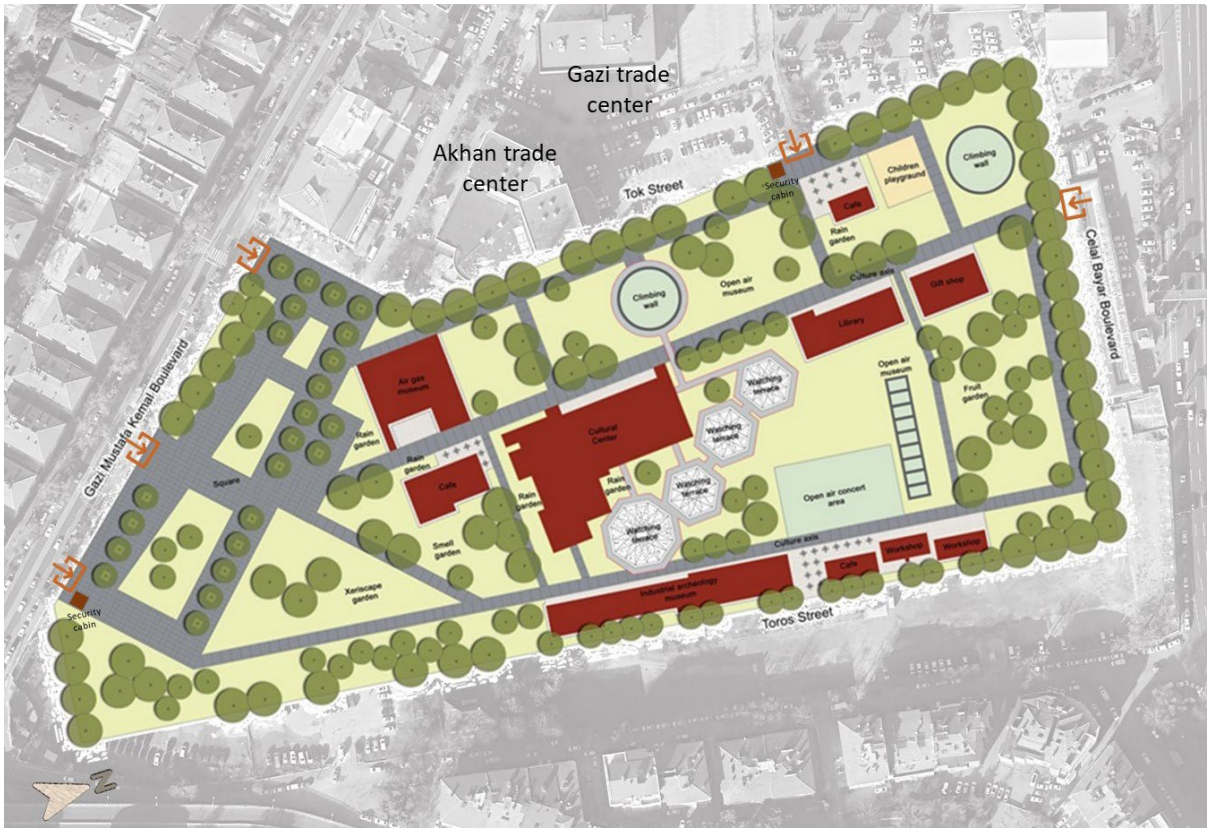


Figure 9. Landscape design of the Maltepe Ankara Gasworks (Original).

5. Discussion and conclusion

A new landscape design proposal has been developed based on the SWOT analysis and surveys conducted for the study area. Considering the current land use, if the area is designed as a green area, it will serve residential areas, high school and university users. There are five entry points to the designed site (Figure 9). These entrance points are located on Tok Street, Gazi Mustafa Kemal Boulevard, and Celal Bayar Boulevard. Two security units have been placed within the site to control entry and exit. No parking area has been proposed for the newly designed site. This is because the area has been used as a parking lot for many years, which has disrupted its ecological character. Additionally, parking needs are planned to be addressed in the nearby spaces at Gazi Trade Centre and Akhan Trade Centre,

located to the northwest of the site. The project area consists of as much green space as possible. The hard surfaces are entirely made of permeable materials and feature andesite stone, which is naturally sourced from Ankara. Vehicle access to the site is not permitted, except in emergencies. The entire area has been designed as a pedestrian zone. The project area includes 35,715 m² of green space and 18.613 m² of permeable surfaces. All the furniture materials in the area have been chosen from recycled materials. The existing Maltepe Market and later-added lightweight structures have been removed. The former gasworks structures on the site have been restored and repurposed in accordance with their original design.

In the industrial landscape design, the former power plant building has been repurposed as a Cultural Center, hosting concerts, festivals, and other cultural events. The design also incorporates the four cooling towers from the site's industrial past, which have been transformed into a viewing terrace. Positioned 15 meters above the ground, these cooling towers are arranged to allow visitors to navigate between them (Figure 10).



Figure 10. Water towers (left), which provide watching and walking opportunities on the upper elevations, use gasometers as climbing walls (right) (Original).

The Cultural Center provides entrances and exits to the watching terraces. The gas chimneys located in the past, located at different points of the area, are also exhibited in the open-air museum. The structures that used to serve as gasometers in the area were redesigned by giving them a similar function to the climbing wall in Duisburg Nord Park (Figure 11). While some of the lodgings used for factory workers and civil servants in the past were converted into workshops containing handicrafts and other arts, reflecting Ankara's old identity, some lodgings were converted into cafeterias that meet the food and beverage needs of the users of the park. The building, which was used as an administrative building in the first days of its establishment, has been converted into an industrial archaeology museum. In the industrial archaeology museum, Türkiye's historical industrial process, information and models of the established factories and industrial machines used in the factories will be

exhibited. Another power plant, which used to be located in the northwest of the area, has been converted into a gas museum. When examining Türkiye's historical industrial processes, one can observe that numerous old and industrial areas remain idle or repurposed without undergoing industrial transformation. However, in recent years, several notable transformations have taken place, converting former industrial sites into spaces serving recreational, cultural, and historical purposes. Examples include the Cendere Art Museum in Istanbul, Es Park in Eskişehir, Beykoz Shoe Factory in Istanbul, Cubuklu Silos in Istanbul, Museum Gashouse in Istanbul, Baruthane in Istanbul, and Izmir Historical Coal Gas Factory in Izmir. This museum exhibits the historical cycle from the first establishment of the Maltepe Gasworks to its destruction and other industrial elements used in the factory. Transportation between all these structures is provided by a road that has gained an identity as the 'cultural axis'. There is also a playground for children in the area.



Figure 11. Use of gasometers as climbing walls (right) (Original).

In the landscape design for Maltepe Gasworks, various ecological proposals were developed, keeping the area's historical identity in mind while focusing on environmental sustainability. Native plant species (Table 1) were chosen to minimize water consumption and maintenance costs, aligning with both ecological principles and the site's historical context. A smell garden and xeriscape applications are proposed for the northern part of the area. These features are intended to enhance the sensory experience of the space while reducing water usage.

Table 1. Natural plant species are used within the scope of the planting design proposed for the study area (TUBIVES, 2004).

Trees (Broad-leaved)	Trees (Coniferous)	Bush	Herbaceous plant-ivy
Acer campestre	*Juniperus foetidissima*	*Cornus mas*	*Cistus laurifolius*
Carpinus betulus	*Juniperus oxycedrus*	*Jasminum fruticans*	*Hedera helix*
Elaeagnus angustifolia	*Pinus nigra*	*Lonicera caprifolium*	*Iris orientalis*
Platanus orientalis		*Ligustrum vulgare*	*Mentha longifolia*
Populus alba		*Pyracantha coccinea*	*Muscari armeniacum*
Salix alba		*Rosa canina*	*Salvia tomentosa*
Ulmus glabra		*Viburnum opulus*	*Verbena officinalis*

Another significant ecological element included in the design is the rain garden. Rain gardens manage stormwater by capturing runoff, filtering pollutants, and allowing water to seep into the soil gradually. This process helps remove pathogens, nutrients, organic matter, and heavy metals from the runoff, while also creating natural habitats in previously industrialized areas (Uncapher and Erskine, 2012; Song, 2022). The rain gardens will be situated in locations where sulfur treatment plants and coal storage facilities once stood, as well as around the remaining buildings. Each rain garden will consist of three distinct zones: the innermost zone will feature water-loving plants, the middle zone will have plants that require moderate amounts of water, and the outermost zone will be planted with drought-resistant species. Additionally, the plants selected for these rain gardens have properties that allow them to absorb heavy metals. For instance, *Cistus ladanifer* and *Lavandula stoechas* can absorb chromium, manganese, and zinc; *Lobularia maritima* absorbs chromium; and *Urtica membranacea* retains cadmium, copper, lead, nickel, and zinc. Plants such as *Sorghum bicolor* and *Arabidopsis thaliana* can also absorb various heavy metals (Aksoy et al., 2023). The plant species chosen for the rain gardens are native to Ankara, ensuring their suitability for the local environment (TUBIVES, 2004).

Table 2. Plant species used in the rain gardens proposed for the Maltepe Gasworks area.

Achillea millefolium	*Populus nigra*	*Salix cinerea*
Betula nigra	*Ribes uva-crispa*	*Salix excelsa*
Cornus mas	*Rhus coriaria*	*Sorbus domestica*
Miscanthus sinensis	*Salix alba*	

Finally, the landscape design includes the addition of cafeterias and sales units where artworks created in workshops can be sold. These facilities aim to boost the area's economic revitalization. In these sales units, local products from Ankara will be featured. Special

events will be organized throughout the year to support the economic development of the area further. During these events, residents from rural areas around Ankara will have the opportunity to showcase and sell their local products. This initiative will help connect the area with its broader community and enhance its economic activity (Figure 12).



Figure 12. Proposed to the area is where residents living in rural areas of Ankara exhibit their local products in open green areas during certain months of the year (Original).

In the proposed industrial landscape design for the Maltepe Gasworks, the design proposals were developed with careful consideration of the area's historical and cultural identity, as well as ecological and economic properties. The final stage involved comparing the conditions of the area before and after implementing the landscape design. Before the design, the green space amounted to 3,700 m². After the redesign, the green space increased significantly to 35,715 m². The built-up area, which was approximately 12,500 m², was reduced to 7,182 m². The redesigned buildings now reflect the historical identity of the area. Ling et al. (2007) emphasized various functionalities—historical, ecological, social, economic, and aesthetic—when transforming post-industrial spaces. Pytel et al. (2021) outlined three main aspects of transforming these areas: preserving industrial cultural heritage, improving environmental conditions, and repurposing the land for economic activities. In the current state, the area's structural texture and usage have evolved without maintaining its industrial heritage. The involvement of multiple property stakeholders and the area’s changing status have further compromised its historical identity. The new

landscape design addresses all three aspects—heritage preservation, environmental enhancement, and economic repurposing—through thoughtful design proposals.

The area previously covered by structural flooring material was 50,615 m², which can contribute to the formation of urban heat islands, particularly because such surfaces are typically impermeable and lack green areas (Onishi et al., 2010). This area has been reduced to 15,113 m² in the proposed new landscape design. Additionally, the location of the area previously had no connection to other open green spaces. The new design has addressed this issue by establishing green connectivity, which is crucial for creating an effective open green space system (Walmsley, 2006).

During industrial use, land can become contaminated with hazardous substances that pose risks to people, ecosystems, and aquatic environments. Industrial site remediation involves identifying and assessing these hazards and repurposing the land for new uses (Smith, 2008). In the case of the Maltepe Gasworks, investigations revealed that proper remediation procedures were not followed during the demolition of the old buildings and parking structures. Workers did not use personal protective equipment, and no environmental safety measures were implemented (Konak, 2017). Asbestos, a highly carcinogenic material, was prevalent in buildings constructed before 1980 and is restricted or banned in many places, including Türkiye since 2010. Improper handling of asbestos can endanger both demolition workers and residents living nearby due to the spread of asbestos fibers (Müezzinoğlu, 2017). Although there is no asbestos contamination in the area today, the new design incorporates ecological practices such as rain gardens and the use of natural plants to protect human health and ensure safety.

In the case of Maltepe Gasworks, it is essential to make necessary adjustments in protection legislation to ensure effective and sustainable conservation of industrial heritage. First, the definitions of industrial heritage, industrial archaeology, and industrial landscape should be explicitly included in the legislation. Additionally, forming a group of experts to provide consultancy for the protection of legally protected building groups is crucial. Controlled implementation of industrial heritage protection, restoration, and re-functioning studies should be ensured. Re-functioning projects can be obtained through national or international competitions, based on the needs program determined by the Monumental Works Board or a scientific committee. Furthermore, the publication of industrial landscape design stages and results by the Ministry of Culture, municipalities, universities, and private individuals or institutions should be encouraged. These steps will contribute to the effective conservation and sustainable management of industrial heritage sites.

As a result, this study has developed an industrial landscape design proposal that not only addresses ecological, industrial historical identity, and economic considerations but also restores the area's role as a public space. The proposed design not only improves the previously disconnected green connections but also enhances both its functionality and integration within the urban environment, making it a more inviting and accessible public space.

References

Aksoy, O., Altaş, E., & Erken, K. (2023). Kentsel Alanlardaki Taşkın Duyarlılığına Karşı Ekolojik Peyzaj Tasarım Önerilerinin Geliştirilmesi: Antalya, Kemer Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 9*(1), 152-167.

Aslan, H. (2019). 'Determınation Of Industrıal Heritage And Protection-Sustenance Methods: Sample Of Ankara Maltepe Electricity And Gas Factory'. Master's thesis, Gazi University, Ankara.

Benzaghta, M. A., Elwalda, A., Mousa, M. M., Erkan, I., & Rahman, M. (2021). SWOT analysis applications: An integrative literature review. *Journal of Global Business Insights*, 6(1), 55-73. https://www.doi.org/ 10.5038/2640-6489.6.1.1148

Benli, A. C., & Banaz, H. T. (2024). Tarihi Kent Yapılarının Eğitim Yapısına Dönüşümü: Kadir Has, Bilgi, Mardin Artuklu ve Toros Üniversitesi Mimarlık Fakülteleri. *Kent Akademisi, 17*(4), 1361-1398.

Bonink, C., & Hitters, E. (2001). *Creative industries as milieux of innovation: the Westergasfabriek, Amsterdam. In Cultural attractions and European tourism* (pp. 227-240). Wallingford UK: Cabi Publishing.

Carr, E. (2008). The Hudson River Waterfront. SiteLINES: *A Journal of Place*, 3(2), 8-11. https://www.jstor.org/stable/24889304

Chamber of Architects. (2023). Access address http://mimarlarodasiankara.org/havagazi/Access Date: 27.11.2023.

Cihanger, D. (2012). Endüstri Mirasının Değeri ve Korunma Sorunu: Maltepe Havagazı Fabrikası'nın İzleri Silinirken. *Plannıng, 52*(1-2), 29-39.

Coates, R. B. (2009). Space shaping art: experiencing the SAM Sculpture Park in Seattle. *The Senses and Society, 4*(1), 99-105. https://doi.org/10.2752/174589309X388582

De Sousa, C. (2014). The greening of urban post-industrial landscapes: past practices and emerging trends. *Local Environment*, 19(10), 1049-1067. https://doi.org/10.1080/13549839.2014.886560

Erdem Kaya, M. (2022). From remediation to landscape design: design tactics and landscape typologies derived from post-industrial experiences. *Landscape Research*, 1-23. https://doi.org/10.1080/01426397.2022.2150754

Gunay, Z., & Dokmeci, V. (2012). Culture-led regeneration of Istanbul waterfront: Golden horn cultural valley project. *Cities*, *29*(4), 213-222. https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.08.010

Fan, P., Ouyang, Z., Basnou, C., Pino, J., Park, H., & Chen, J. (2017). Nature-based solutions for urban landscapes under post-industrialization and globalization: Barcelona versus Shanghai. *Environmental Research*, *156*, 272-283. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.043

Hemmings, S., & Kagel, M. (2010). *Memory gardens: aesthetic education and political emancipation in the" Landschaftspark Duisburg-Nord"*. German Studies Review, 243-261. https://www.jstor.org/stable/20787907

Heesche, J., Braae, E. M., & Jørgensen, G. (2022). Landscape-Based Transformation of Young Industrial Landscapes. *Land*, *11*(6), 908. https://doi.org/10.3390/land11060908

Hutcheson, W., Hoagland, P., & Jin, D. (2018). Valuing environmental education as a cultural ecosystem service at Hudson River Park. *Ecosystem Services*, *31*, 387-394. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.03.005

Huber, N. (2008). Olympic Sculpture Park-Seattle, WA by Weiss/Manfredi Architecture/Landscape/Urbanism [EDRA/Places Awards 2008--Design]. *Places*, *20*(3).

İBB Atatürk Library. (2024). Istanbul Metropolitan Municipality Ataturk Library, Access address https://ataturkkitapligi.ibb.gov.tr/tr/Kitaplik/Kutuphanelerimiz/IBB-Cubuklu-Silolar-Kutuphanesi/75 Access Date: 21.04.2024.

Karayaman, M. (2014). Ankara Elektrik Türk Anonim Şirketi Tarihçesi (1929-1939). *Studies in Ottoman Science*, 16(1), 50-72.

Klenosky, D. B., Snyder, S. A., Vogt, C. A., & Campbell, L. K. (2017). If we transform the landfill, will they come? Predicting visitation to Freshkills Park in New York City. *Landscape and Urban Planning*, *167*, 315-324. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.07.011

Konak, Ö. (2017). Kentsel dönüşüm nedeniyle inşaat alanında çalışanlarda asbeste maruziyetin incelenmesi (Master's thesis, İstanbul Medipol Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Kristiánová, K., Gécová, K., & Putrová, E. (2016). Old industrial sites–conversion to parks: potential of Bratislava. *Procedia engineering*, *161*, 1858-1862. doi: 10.1016/j.proeng.2016.08.709

Langhorst, J. (2014). Re-presenting transgressive ecologies: post-industrial sites as contested terrains. *Local environment*, *19*(10), 1110-1133. https://doi.org/10.1080/13549839.2014.928813

Lee, M. J. (2019). Transforming post-industrial landscapes into urban parks: Design strategies and theory in Seoul, 1998–present. *Habitat International*, *91*, 102023. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102023

Ling, C., Handley, J., & Rodwell, J. (2007). Restructuring the post-industrial landscape: A multifunctional approach. *Landscape Research*, *32*(3), 285-309. https://doi.org/10.1080/01426390701318171

Liu, Y., & Pan, X. (2014). Ecotope-based urban post-industrial landscape design. *IERI Procedia*, *9*, 185-189. doi: 10.1016/j.ieri.2014.09.060

Loures, L. (2015). Post-industrial landscapes as drivers for urban redevelopment: Public versus expert perspectives towards the benefits and barriers of the reuse of post-industrial sites in urban areas. *Habitat International*, *45*, 72-81. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.06.028

Loures, L., & Burley, J. (2012). Post-industrial land transformation–An approach to sociocultural aspects as catalysts for urban redevelopment. *Advances in spatial planning*, *21*, 223-246. DOI: 10.5772/36380

Malaviya, P., Sharma, R., & Sharma, P. K. (2019). Rain gardens as stormwater management tool. *In Sustainable green technologies for environmental management* (pp. 141-166). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2772-8_7

MG, Museum Gaswork. (2022). Access address https://muzegazhane.istanbul/ Access Date: 21.04.2024.

Mulvaney, M. (2017). Performance Appraisals in Public Parks and Recreation: A Study of Employees' Short and Longer Term Attitudes Toward the Appraisal System. *Journal of Park & Recreation Administration*, *35*(2). https://doi.org/10.18666/JPRA-2017-V35-I2-7607

Müezzinoğlu, A. (2017). Eski Havagazı Fabrikası'nın Sökümü: İşçi Sağlığı, Halk Sağlığı ve Yasal Sorunlar. *Mimarlık 395*, http://www.mimarlikdergisi.com

Namugenyi, C., Nimmagadda, S. L., & Reiners, T. (2019). Design of a SWOT analysis model and its evaluation in diverse digital business ecosystem contexts. *Procedia Computer Science*, 159, 1145-1154. http://dx.doi.org/10.17719/jisr.2017.1832

Oğuz, D., Saygı, H., & Akpınar, N. (2010). Kentiçi Endüstri Alanlarının Dönüşümüne Bir Model: İzmit/Sekapark. *Coğrafi Bilimler Dergisi, 8*(2), 157-168.

Onishi, A., Cao, X., Ito, T., Shi, F., & Imura, H. (2010). Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots. *Urban forestry & Urban greening, 9*(4), 323-332. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.06.002

Otsuka, N., Abe, H., Isehara, Y., & Miyagawa, T. (2021). The potential use of green infrastructure in the regeneration of brownfield sites: three case studies from Japan's Osaka Bay Area. *Local Environment*, *26*(11), 1346-1363.https://doi.org/10.1080/13549839.2021.1983791

Pan, M., & Song, H. (2017). Transformation and upgrading of old industrial zones on collective land: Empirical study on revitalization in Nanshan. *Habitat International*, *65*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.04.014

Phadermrod, B., Crowder, R. M., & Wills, G. B. (2019). Importance-performance analysis based SWOT analysis. *International journal of information management, 44*, 194-203. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.03.009

Pytel, S., Sitek, S., Chmielewska, M., Zuzańska-Żyśko, E., Runge, A., & Markiewicz-Patkowska, J. (2021). Transformation directions of brownfields: The case of the Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolis. *Sustainability*, 13(4), 2075. https://doi.org/10.3390/su13042075

Saner, M. (2012). Endüstri mirası: kavramlar, kurumlar ve Türkiye'deki yaklaşımlar. *Planlama Dergisi*, *52*, 53-66.

Sandberg, L. A. (2014). Environmental gentrification in a post-industrial landscape: the case of the Limhamn quarry, Malmö, Sweden. *Local Environment*, *19*(10), 1068-1085. https://doi.org/10.1080/13549839.2013.843510

Shaw, R. (2002). The international building exhibition (IBA) Emscher Park, Germany: A model for sustainable restructuring?. *European Planning Studies*, *10*(1), 77-97. https://doi.org/10.1080/09654310120099272

Stilgenbauer, J. (2005). Landschaftspark Duisburg Nord-Duisburg, Germany [2005 EDRA/Places Award--Design]. Places, 17(3).

Smith, M. A. (2009). *Industrial site remediation. Encyclopedia of Environmental and Ecological Sciences*, Engineering and Technology Resources in the global Encyclopedia of Life Support Systems. Oxford: Eolls Publishers.

Song, C. (2022). Application of nature-based measures in China's sponge city initiative: Current trends and perspectives. *Nature-Based Solutions*, 100010. https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100010

Uncapher, A., & Erskine, C. (2012). *Creating Rain Gardens: Capturing the Rain for Your Own Water-Efficient Garden*. London, Timber Press.

TSA. (2023). Türkiye Soil Atlas Big Soil Groups Map. Access address https://tad.tarim.gov.tr/ Access Date: 20.10.2023.

TUBIVES. (2004). Turkish Plants Data Service. Access address http://194.27.225.161/yasin/tubives Access Date: 10.05.2023.

Zeng, D. Z., Cheng, L., Shi, L., & Luetkenhorst, W. (2021). China's green transformation through eco-industrial parks. *World Development*, *140*, 105249. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105249

Zhang, Q., Lee, J., Jiang, B., & Kim, G. (2022). Revitalization of the Waterfront Park Based on Industrial Heritage Using Post-Occupancy Evaluation—A Case Study of Shanghai (China). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(15), 9107. https://doi.org/10.3390/ijerph19159107

Villella, J., Sellers, G., Moffat, A. J., & Hutchings, T. R. (2006). From contaminated site to premier urban greenspace: investigating the success of Thames Barrier Park, London. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, *94*. doi:10.2495/BF060161

Walmsley, A. (2006). Greenways: multiplying and diversifying in the 21st century. *Landscape and urban planning*, *76*(1-4), 252-290.

Way, T. (2013). Landscapes of industrial excess: A thick sections approach to Gas Works Park. *Journal of Landscape Architecture*, *8*(1), 28-39. https://doi.org/10.1080/18626033.2013.798920266.