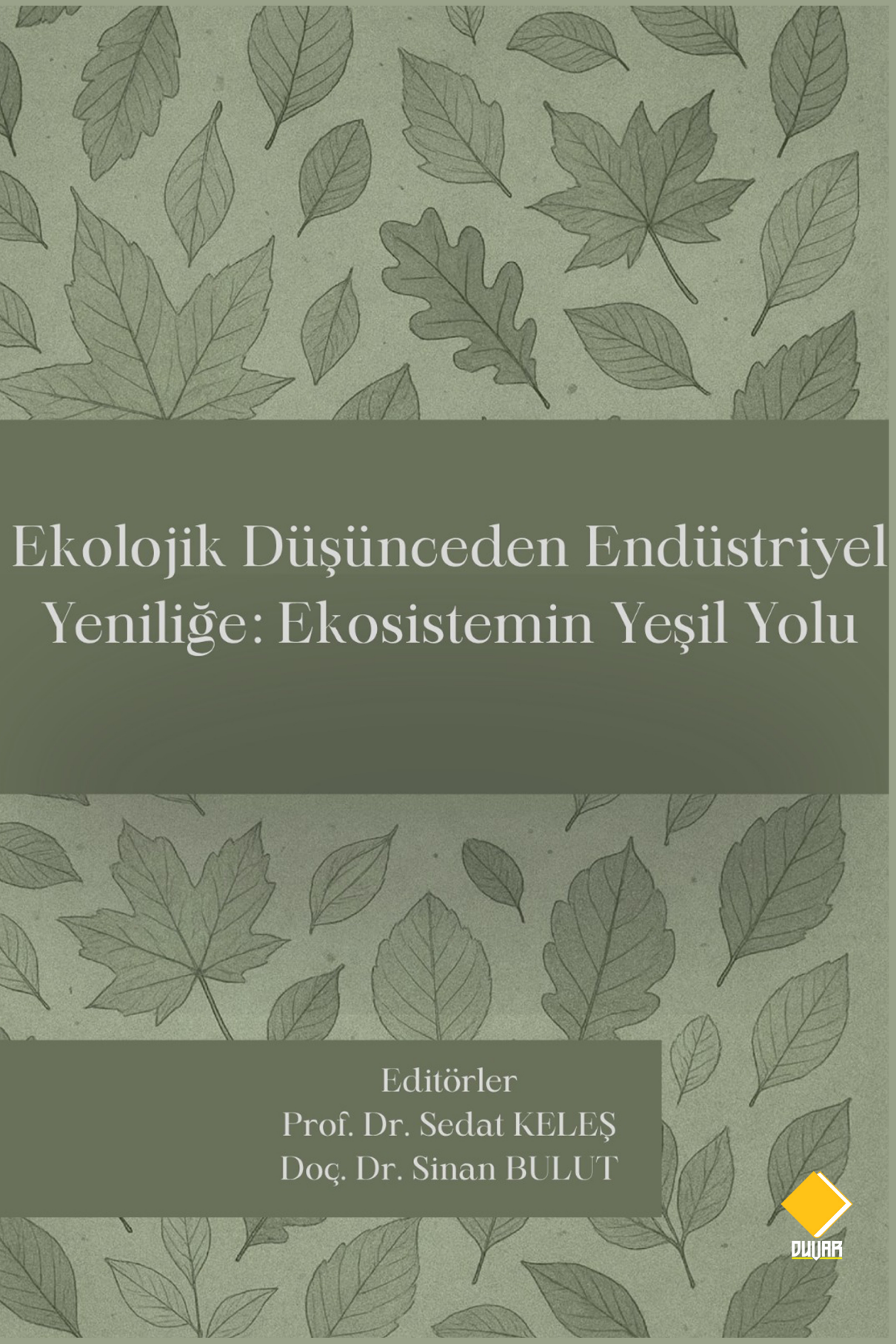




Ekolojik Düşünceden Endüstriyel Yeniliğe: Ekosistemin Yeşil Yolu

Editörler
Prof. Dr. Sedat KELEŞ
Doç. Dr. Sinan BULUT



**EKOLOJİK DÜŞÜNCE DEN
ENDÜSTRİYEL YENİLİĞE:
EKOSİSTEMİN YEŞİL YOLU**

Editörler

Prof. Dr. Sedat KELEŞ

Doç. Dr. Sinan BULUT



Ekolojik Düşünceden Endüstriyel Yeniliğe: Ekosistemin Yeşil Yolu

Editörler: Prof. Dr. Sedat KELEŞ, Doç. Dr. Sinan BULUT

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak Tasarımı: Arş. Gör. Ece ÇİLLİ

Sayfa Tasarımı: Duvar Design

Baskı: Kasım 2025

Yayıncı Sertifika No: 49837

ISBN: 978-625-8734-39-3

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvar kitabevi@gmail.com

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir. Yayınevi ve editörler sorumlu tutulamaz

ÖNSÖZ

Küresel ölçekte artan çevresel sorunlar, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını yalnızca bir seçenek olmaktan çıkararak ekonomik, sosyal ve kültürel politikaların merkezine yerleştirmiştir. Ekosistemlerin taşıma kapasitesinin zorlanması, iklim değişikliğinin etkilerinin belirginleşmesi ve kentleşmenin doğal alanlar üzerindeki baskısı; üretimden tüketime, planlamadan tasarıma kadar pek çok alanda yeni düşünce modellerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda, ekolojik düşüncenin kavramsal temelleri ile endüstriyel yeniliğin sunduğu olanakların bir araya getirilmesi, insan-doğa ilişkisini daha dengeli ve sürdürülebilir bir yapıya dönüştürme çabasının önemli bir parçasıdır.

Bu kitap, ekosistem temelli yaklaşımların farklı disiplinlerdeki yansımalarını ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır. Sofralık doğal bitkilerin yerel bilgi ve kültürel hafıza ile olan ilişkisi, orman ekosistemlerinde uzaktan algılama teknolojilerinin biyokütle tahmininde sağladığı yeni açılımlar, turizm faaliyetlerinin iklim değişikliği bağlamındaki kırılganlıkları, afet sonrası kent mekânlarında çok işlevli mobilya tasarımının rolü ve orman ürünleri endüstrisinde sürdürülebilir üretim anlayışının gelişimi bu kitabın ana tematik eksenlerini oluşturmaktadır. Birbirinden farklı görünen bu konular, aslında ekolojik değerlere dayalı bütüncül bir düşünme biçiminin farklı ölçeklerdeki yansımalarıdır.

Günümüzde, doğal kaynak yönetimi yalnızca biyofiziksel değişkenlerin incelenmesiyle sınırlı değildir; aynı zamanda teknolojik yeniliklerin, toplumsal farkındalığın, kültürel pratiklerin ve ekonomik dinamiklerin birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu kitapta yer alan çalışmalar, ekosistemlerin korunması ile insan ihtiyaçlarını karşılayan endüstriyel ve kentsel sistemlerin uyum içinde var olabileceğini göstermekte; doğaya rağmen değil, doğayla birlikte bir üretim ve yaşam anlayışının mümkün olduğuna işaret etmektedir.

Bu eserin, sürdürülebilirlik, çevresel planlama, ormancılık, tasarım, turizm ve ilgili disiplinlerde çalışan araştırmacılara, öğrencilere ve uygulayıcılara katkı sağlaması dileğiyle...

Prof. Dr. Sedat KELEŞ
Doç. Dr. Sinan BULUT

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	1
Sofralık Doğal Bitki Örnekleri	
<i>Sefa AKBULUT</i>	
Bölüm 2	12
Saf Kızılcım Meşcerelerinde Sentinel-2 Uydu Görüntüleri Kullanılarak	
Topraküstü Biyokütlenin Tahmin Edilmesi (Çetibeli Orman İşletme Şefliği Örneği)	
<i>Erhan YARTIM, Sedat KELEŞ</i>	
Bölüm 3	32
Turizm ve İklim Değişikliği İlişkisine Kuramsal Bir Bakış	
<i>Sevgi ÖZTÜRK, Ece ÇİLLİ</i>	
Bölüm 4	50
Afet Sonrası Çok Fonksiyonlu Kent Mobilyası	
<i>Elif AYAN ÇEVEN, Aisyah Asma FADHLINA</i>	
Bölüm 5	67
Orman Ürünleri Endüstrisinde Sürdürülebilirlik	
<i>Bahadır Çağrı BAYRAM</i>	

Bölüm 1

Sofralık Doğal Bitki Örnekleri

Sefa AKBULUT¹

İnsanın var oluşundan beri doğal bitkiler, günlük beslenme ile birlikte kültürel uygulamalarına bir parçası olmuştur. Düzenli tarımsal hayata geçişten önce, doğal ortamlardan toplanan bu bitkiler (bazıları yabancı bitki olarak da ifade etmektedir), yaşamın temel kaynağını olup, günümüzde de gıda çeşitliliğini artıran, gıda güvenliğine katkı sağlayan ve yerel kültürleri yaşatan unsurlar olarak önemini devam ettirmektedir. Uluslararası kaynaklarda “Wild Edible Plants (WEPs)” olarak tanımlanan bu bitkiler, yalnızca kıtlık dönemlerinde başvuru besinler değil, aynı zamanda doğal ve sağlıklı beslenmenin ve sürdürülebilir gıda sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmektedir (Bharucha ve Pretty, 2010). Doğal bitkiler ayrıca erişilebilirlikleri ve uygun fiyatları nedeniyle küresel olarak önemli gıda kaynaklarıdır (Tadesse vd., 2024).

Tarımsal üretimde yer almayan bu bitkiler yani yenilebilir doğal bitkiler, ekilmemiş ve kültüre alınmamış diğer bir ifade ile evcilleştirilmemiş gıda kaynaklarını ifade etmektedir. Tüm dünya geneli dikkate alındığında yapılan çalışmalar, günümüzde 7.000’den fazla doğal bitkinin insanlar için gıda kaynağı olarak kullanılabilir olduğunu ortaya koymaktadır (Bundela vd., 2023). Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)’nın 2016 ve 2019 raporları, özellikle Afrika ve Asya’da milyonlarca insanın günlük diyetinde doğal bitkilerin önemli bir yer tuttuğunu, ayrıca bu türlerin biyolojik çeşitlilik ve gıda güvenliği açısından stratejik öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır (FAO, 2016; 2019). Doğal bitkiler, vitamin, mineral, antioksidan bakımından yüksek besin değerleri sayesinde sağlıklı diyetlere katkı sunmakta; aynı zamanda kültürel mirasın korunmasına hizmet etmektedir (FAO/INFOODS, 2017).

Bu yaklaşımla Türkiye’nin sahip olduğu potansiyeli değerlendirecek olursak; yaklaşık 12.000 bitki taksonuyla dünyanın en zengin floralarından birine sahiptir ve bu türlerin hatırı sayılır bir kısmı yemeklik amaçla kullanılmaktadır. Anadolu’nun farklı bölgelerinde yapılan etnobotanik ve folklorik araştırmalar, halk mutfağında yüzlerce doğal bitkinin yer aldığını göstermektedir. Orta

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye, Orcid:0000-0001-6540-2965, sakbulut@ktu.edu.tr

Anadolu’da 42 türün düzenli olarak tüketildiği (Ertuğ, 2000), Bodrum yöresinde 100’ün üzerinde yenilebilir bitkinin kaydedildiği (Ertuğ, 2004) ve Batı-Orta Anadolu genelinde 121 türün mutfak kültüründe yer aldığı ifade edilmiştir (Doğan vd., 2003). Ayrıca Güneydoğu Anadolu’da, farklı etnik ve kültürel grupların doğal bitki kullanımında zengin bir çeşitliliğe sahip olduğunu ortaya koymuştur (Yeşil vd., 2019).

Dünya genelinde artan gıda güvenliği sorunları, sürdürülebilir beslenme arayışları ve kültürel mirasın korunması ihtiyacı, doğal bitkiler üzerine yapılan araştırmaların değerini daha da artırmaktadır. Türkiye özelinde ise bu bitkiler yalnızca besin kaynağı değil, aynı zamanda kültürel kimlik, yerel ekonomi ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından da vazgeçilmezdir. Bu bulgular, Türkiye’nin hem biyolojik çeşitlilik açısından hem de etnobotanik bilgi ve kültürel zenginlik bakımından özel bir konuma sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, doğal yemeklik bitkilerin belgelenmesi, besin değerlerinin ortaya konması ve kültürel kullanım biçimlerinin kayıt altına alınması ve korunması, hem akademik açıdan hem de uygulamalı gıda politikaları açısından büyük önem taşımaktadır.

Tablo 1, Türkiye genelinde yerel halk tarafından geçmişte ve günümüzde yenilebilir bazı bitkileri listelemektedir. Bu bitkilerin hangi kısımlarının nasıl kullanıldığına dair kısa bilgileri içeren bu tablo kültüre edilmemiş, düzenli tarıma konu olmamış bazı bitki taksonlarından oluşmaktadır.

Tablo 1. Sofralık bazı bitki taksonları

Latince Adı	Türkçe Adı	Kullanılan Kısımları	Kullanım Şekli
<i>Allium rotundum</i> L.	Deli pırasa	Yaprak	Mısır unu ile ot tavaşı yapılarak tüketilmektedir.
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Melez pancar	Yaprak	Pirinçli veya bulgurlu yemeği yapılmaktadır.
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Tilkikuyruğu	Yaprak	Şeker fasulyesi ve mısır unu kullanılarak yemeği yapılmaktadır.
<i>Amaranthus viridis</i> L.	Yeşilibik	Yaprak	Kavrularak ya da yumurta ile tavaşı yapılmaktadır. Börek harcı olarak da kullanılmaktadır.
<i>Arum dioscoridis</i> Sm.	Tirşikpancarı	Yaprak	Haşlandıktan sonra ve ilk kaynatım suları değiştikten sonra yapraklarından yemek yapılır.

Tablo 1'in devamı.

Latince Adı	Türkçe Adı	Kullanılan Kısımları	Kullanım Şekli
<i>Arum italicum</i> Mill.	Domuzlahanası	Rizom	Haşlandıktan sonra ve ilk kaynatım suları değiştikten sonra patates niyetine tüketilir.
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	Tilkişen	Taze sürgün	Yumurtalı tava ya da közleme yapılarak tüketilmektedir.
<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	Gendeme	Taze sürgünler, yaprak	Kavurma şeklinde tüketildiği gibi börek harcı olarak da kullanılmaktadır.
<i>Bistorta officinalis</i> Delarbre	Çimeneveleği	Yaprak	Pirinçli veya bulgurlu yemeği yapılmaktadır.
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	Çobançantası	Toprak üstü	Yemek yapımında kullanılmaktadır.
<i>Centaurea iberica</i> Trevir. ex Spreng.	Çakırdikeni	Gövde	Gövde kabuğu soyularak taze tüketilir.
<i>Chenopodium album</i> L.	Ak sirken	Yaprak	Pirinçli veya bulgurlu yemeği yapılır. Mısır unu ile birlikte tavası yapılarak tüketilmektedir.
<i>Crithmum maritimum</i> L.	Denizteresi	Toprak üstü	Haşlandıktan sonra salata şeklinde tüketildiği gibi turşu yapımında da kullanılmaktadır.
<i>Cytinus ruber</i> (Fourr.) Fritsch	Yernarı	Toprak üstü	Taze olarak tüketilmektedir.
<i>Echinops ossicus</i> K.Koch	Orman topuzu	Yaprak, gövde	Taze olarak tüketilmektedir.
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L. Hér.	İğnelik	Yaprak	Kavurma şeklinde tüketildiği gibi börek harcı olarak da kullanılmaktadır.
<i>Erodium moschatum</i> (L.) L. Hér.	Kulunca	Yaprak	Kavurma şeklinde tüketildiği gibi börek harcı olarak da kullanılmaktadır.
<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	Orakotu	Yaprak	Çorba yapımında kullanıldığı gibi börek harcı olarak da kullanılmaktadır.
<i>Glebionis coronaria</i> (L.) Cass. ex Spach	Alagömeç	Çiçek, taze sürgünler	Salata yapımında kullanılır.
<i>Heracleum platytaenium</i> Boiss.	Tavşancıl Otu	Toprak üstü	Yapraksız gövdeleri turşu ve yemek yapımında kullanılmaktadır.
<i>Limonium sinuatum</i> (L.) Mill.	Deniz lavantası	Toprak üstü	Yoğurtlu meze yapımında ya da börek harcı olarak kullanılmaktadır.
<i>Malva neglecta</i> Wallr.	Çobançöreği	Yaprak	Pirinçli veya bulgurlu yemeği yapıldığı gibi kavurma yapılarak da tüketilmektedir.

Tablo 1'in devamı.

Latince Adı	Türkçe Adı	Kullanılan Kısımları	Kullanım Şekli
<i>Malva sylvestris</i> L.	Ebegümece	Yaprak, çiçek, toprak üstü	Kavrularak veya haşlanarak yemeklerde, sarma yapımında kullanıldığı gibi börek harcı olarak da kullanılmaktadır.
<i>Mutarda arvensis</i> (L.) D.A.German	Hardal	Yaprak	Salata olarak tüketildiği gibi soğan ile kavrularak sade ya da yumurtalı bir şekilde de tüketilmektedir.
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	Suteresi	Yaprak	Salata yapımında kullanılmaktadır.
<i>Notobasis syriaca</i> (L.) Cass.	Yavan kenger	Gövde	Soyularak taze tüketilmektedir.
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Reyhan	Yaprak	Salata yapımında kullanıldığı gibi yoğurtla birlikte de tüketilmektedir.
<i>Oenanthe pimpinelloides</i> L.	Delimaydanoz	Toprak üstü kısımları	Haşlandıktan sonra limon ve zeytinyağı ile meze şeklinde tüketilmektedir.
<i>Opopanax hispidus</i> (Friv.) Griseb.	Kaymacık	Taze sürgünler, yaprak	Kavurma yapılarak tüketilmektedir.
<i>Ornithogalum sigmoideum</i> Frey & Sint.	Sakarca	Tüm bitki	Haşlandıktan sonra mısır unu karıştırılarak tavası yapılmaktadır.
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	Koca ekşiyonca	Taze sürgünler, yaprak	Salata yapımında kullanılmaktadır.
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Gelincik	Gövde, çiçek	Kavrularak ya da salata şeklinde tüketildiği gibi börek harcı olarak da kullanılmaktadır.
<i>Phlomis herba-venti</i> subsp. <i>pungens</i> (Willd.)	Silvanok	Yaprak	Sarma yapımında kullanılmaktadır.
<i>Plantago major</i> L.	Sinirotu	Yaprak	Pirinçli yemek, sarma yapımında ya da soğanla kavrularak tüketilmektedir.
<i>Polygonum aviculare</i> L.	Köyotu	Yaprak	Pirinçli yemeği yapıldığı gibi ot tavası yapımında da kullanılmaktadır.
<i>Polygonum cognatum</i> Meisn.	Madımak	Yaprak, sürgünler	Çorba yapımında kullanıldığı gibi börek harcı olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca kavurma şeklinde de tüketimi mevcuttur.

Tablo 1'in devamı.

Latince Adı	Türkçe Adı	Kullanılan Kısımları	Kullanım Şekli
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Semizotu	Yaprak, toprak üstü	Zeytinyağlı yemek, cacık, salata, meze şekillerinde tüketilmektedir.
<i>Primula vulgaris</i> Huds.	Çuha çiçeği	Yaprak	Sarma yapımında kullanılmaktadır.
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Kalpakturpu	Yaprak	Kavurma yapılarak tüketilmektedir. Karışık ot tavaşı yapımında da kullanılmaktadır.
<i>Roemeria argemone</i> (L.) C.Morales, R.Mend. & Romero García	Kum haşhaşı	Yaprak	Pirinçli yemeği yapılarak tüketilmektedir.
<i>Rumex acetosella</i> L.	Kuzukulağı	Yaprak	Pirinçli yemeği yapılmaktadır. Kavrulmuş yapraklar sarımsaklı yoğurt ile meze şeklinde tüketilir. Salata ve kısırlara ekşi tat vermek için kullanılır.
<i>Rumex amarus</i> Rech.f.	Çimenturşusu	Yaprak	Yemek yapılarak tüketilmektedir.
<i>Rumex bucephalophorus</i> L.	Çipir	Yaprak	Salata, yemek yapılarak tüketilmektedir.
<i>Rumex crispus</i> L.	Evelik otu	Yaprak	Sarma, kavurma, meze yapımında kullanılmaktadır.
<i>Rumex pulcher</i> L.	Efelek	Yaprak	Yemek yapılarak tüketilmektedir.
<i>Rumex scutatus</i> L.	Ekşimen	Yaprak	Pirinçli yemeği yapılarak tüketilmektedir. Taze olarak da tüketimi mevcuttur.
<i>Rumex spinosus</i> L.	Ekin efeleği	Yaprak, tohum	Yemek yapılarak tüketilmektedir.
<i>Rumex tuberosus</i> L.	Kuzukıkırdağı	Yaprak	Pirinçli veya bulgurlu yemeği yapılarak tüketildiği gibi sarma yapımında da kullanılmaktadır.
<i>Scolymus hispanicus</i> L.	Şevketibostan	Kök, yaprak sapı	Taze olarak tüketimi olduğu gibi salata yapımında ya da kavrulup da tüketilmektedir.
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	Ecibücü	Yaprak	Salata, pirinçli yemek, yumurta ile ot tavaşı şekillerinde tüketimi vardır.
<i>Smilax aspera</i> L.	Gıcırdikeni	Gövde	Kavrulup yumurtalı tava yapımında kullanılmaktadır.

Tablo 1'in devamı.

Latince Adı	Türkçe Adı	Kullanılan Kısımları	Kullanım Şekli
<i>Smilax excelsa</i> L.	Dikenucu	Taze sürgünler	Çiğ tüketildiği gibi haşlandıktan sonra yemeği ve tavaşı yapılarak tüketilmektedir.
<i>Sonchus asper</i> subsp. <i>glaucescens</i> (Jord.) Ball	Gevirtlek	Gövde	Kavurma yapılarak tüketilmektedir.
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Kuş otu	Yaprak, sürgünler	Salatası ya da kavurması yapılmaktadır.
<i>Taraxacum besarabicum</i> (Hornem.) Hand.-Mazz.	Püf çiçeği	Yaprak, sap	Salata yapılarak tüketilmektedir.
<i>Trachystemon orientalis</i> (L.) D.Don	Kaldirik	Yaprak sapı, çiçekli dal uçları	Yaprak sapları haşlanarak mısır unu ile tavaşı, turşusu, çiçekli dal uçları da haşlanarak sarımsaklı yoğurt ile mezesi yapılmaktadır.
<i>Tragopogon buphthalmoides</i> (DC.) Boiss.	Tarla yemliği	Yaprak	Pirinçli veya bulgurlu yemek ve kavurma yapımında kullanılmaktadır.
<i>Tragopogon dubius</i> Scop.	At yemliği	Toprak üstü	Kavurma, karışık ot tavaşı yapılarak tüketilmektedir.
<i>Tragopogon porrifolius</i> L.	Yemlik	Yaprak	Yapraklar kavurma yapılarak tüketilmektedir.
<i>Urtica</i> L. spp.	Isırgan otu	Yaprak, sürgün, tohum	Haşlama, kavurma yapılarak yemeği yapıldığı gibi börek harcı olarak da kullanılmaktadır.
<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra</i> Ehrh.	Eşekgürülü	Yaprak	Karışık ot tavaşı yapımında tüketilmektedir.



Amaranthus retroflexus



Arum italicum



Bistorta officinalis



Capsella bursa-pastoris



Chenopodium album



Heracleum platytaenium



Limonium sinuatum



Malva sylvestris



Mutarda arvensis



Nasturtium officinale



Ornithogalum sigmoideum



Papaver rhoeas



Plantago major



Portulaca oleracea



Primula vulgaris



Rumex acetosella



Stellaria media



Taraxacum spp.

Doğal bitkiler, insanlık tarihi boyunca hem hayatta kalmanın hem de sağlıklı beslenmenin temel kaynaklarından biri olmuştur. Günümüzde de bu bitkiler, özellikle gıda güvenliği ve sürdürülebilirlik açısından stratejik bir rol oynamaktadır. Küresel tarım sistemlerinin iklim değişikliği, toprak erozyonu, biyolojik çeşitlilik kaybı ve artan nüfus gibi zorluklarla karşı karşıya olmasında dolayı da, alternatif ve dayanıklı gıda kaynağı olan doğal bitkilerin önemi

artmaktadır. Bu bitkiler, yüksek besin değerleri ve ekosistem sağlığını koruyan kritik bir kaynak olarak öne çıkmaktadır.

Doğal bitkilerin gıda güvenliği açısından önemi birkaç açıdan değerlendirilebilir:

Besin Değeri ve Sağlık Katkısı: Birçok doğal bitki türü, vitaminler, mineraller ve antioksidanlar açısından zengindir. Bu bitkiler, özellikle düşük gelirli veya kırsal bölgelerde yaşayan topluluklar için hem enerji hem de mikro besin kaynakları olurlar. Fitoterapi ve diyetlerde fonksiyonel gıda olarak değerlendirilen bu bitkiler, kronik hastalıkların önlenmesine de katkıda bulunabilir.

Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem Sağlığı: Doğal bitkiler, ekosistemlerin dayanıklılığının ve sürdürülebilirliğinin temel bileşenidir. Toprak erozyonunu önler, toprak sağlığını iyileştirir ve faunanın beslenme ihtiyaçlarını karşılar. Bu açıdan, doğal bitkilerin korunması yalnızca beslenme açısından değil, çevre dengesi açısından da kritik önemdedir.

Kültürel ve Geleneksel Bilgi: Doğal bitkilerin kullanımı, kuşaktan kuşağa aktarılan geleneksel bilgi (etnobotanik) ve kültürel uygulamalarla iç içe geçmiştir. Bu bitkilerin toplanması, işlenmesi ve tüketilmesiyle ilgili bilgiler, toplumların kültürel kimliğinin belirlenmesinde yardımcı olur. Hatta kültürel yapıyı güçlendirir ve kültürel mirasın korunmasına katkı sağlar.

Ekonomik Katkı: Doğal bitkilerin toplanması ve başta yerel pazarlar olmak üzere ulusal hatta uluslararası pazarlarda değerlendirilmesi, özellikle kırsal alanlarda ek gelir kaynağı yaratır. Bu durum, bilhassa kadınların ekonomik güçlenmesini destekler ve yerel ekonomilerin çeşitlenmesine katkı sağlar.

Sonuç olarak, doğal bitkilerin sistematik olarak belgelenmesi, korunması ve sürdürülebilir şekilde kullanılması, hem ulusal hem de küresel gıda güvenliğini güçlendirecek önemli bir stratejidir. Bu açıdan Türkiye, hem biyolojik çeşitlilik hem de kültürel miras açısından önemli bir birikime sahiptir. Bu bitkilerin tarım politikalarına ve halk sağlığı stratejilerine entegrasyonu, gelecekteki gıda sistemlerinin dayanıklılığı açısından kritik bir önlem olarak değerlendirilebilir.

Doğal bitkiler, sadece geçmişin değil, geleceğin gıda güvenliği için de vazgeçilmez bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu bitkilerin bilimsel olarak incelenmesi, besin değerlerinin optimize edilmesi ve sürdürülebilir topluluk uygulamalarına entegre edilmesi, hem insan sağlığı hem de dünyanın ekolojik dengesi için hayati öneme sahiptir.

Türkiye'deki mevcut tarım arazileri ve meralar yanlış tarım politikaları nedeniyle etkin bir şekilde değerlendirilemediğinden, yenilebilir doğal bitki üretimine de yatırım söz konusu değildir. Türkiye, birbirinden farklı edafik ve iklimatik özelliklere sahip yedi bölgeden oluşmaktadır. Ayrıca farklı tiplerdeki

vejetasyon yapıları ile de (Orman vejetasyonu, step vejetasyonu, dere vejetasyonu, kumul vejetasyonu, alpin vejetasyonu, maki vejetasyonu, garig vejetasyon, subasar ormanları gibi) komşu ülkelerine kıyasla zengin bir yapı göstermektedir. Bu durum olası iklim krizi senaryolarına uyum sağlayabilecek doğal bitki rezervi bakımından da elini oldukça güçlendirmektedir. Dolayısıyla Türkiye, gelecekte birçok tarımsal ürünün (meyve, sebze, tahıl ürünleri gibi) sürdürülebilir gıda ürünleri üretim merkezi olabilir.

Kaynaklar

- Bharucha, Z., Pretty, J. (2010). The roles and values of wild foods in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 2913–2926.
- Bundela, A. K., Abhilash, P. C., Peñuelas, J. (2023). Securing wild edible plants for planetary healthy diets. *Anthropocene Science*, 2, 109–111.
- Dogan. Y., Baslar, S., Ay, G., Mert H. H. (2003). The use of wild edible plants in Western and Central Anatolia (Turkey). *Economic Botany*, 58(4), 684–690.
- Ertuğ, F. (2000). An ethnobotanical study in Central Anatolia (Turkey). *Economic Botany*, 54(2), 155–182.
- Ertuğ, F. (2004). Wild edible plants of the Bodrum area (Muğla, Turkey). In S. Kültür (Ed.), *Ethnobotany and Ethnopharmacology* (pp. 161–179). Ankara: Ege Yayınları.
- FAO. (2016). *Valorization of wild edible plants as food ingredients and their use in the modern diet*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO/INFOODS. (2017). *FAO/INFOODS Food Composition Database for Biodiversity Version 4.0*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Tadesse, D., Masresha, G., Lulekal, E., Wondafrash, M. (2024). A systematic review exploring the diversity and food security potential of wild edible plants in Ethiopia. *Scientific Reports*, 14:17821, 1-17.
- Yeşil, Y., Çelik, M., Yılmaz, B. (2019). Wild edible plants in Yeşilli (Mardin, Turkey), a multicultural area. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15, 52.

Bölüm 2

Saf Kızılçam Meşcerelerinde Sentinel-2 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Topraküstü Biyokütlenin Tahmin Edilmesi (Çetibeli Orman İşletme Şefliği Örneği)

Erhan YARTIM¹, Sedat KELEŞ²

Giriş

Orman ekosistemleri, biyolojik çeşitliliğin en yoğun şekilde görüldüğü yaşam alanları arasında yer almakta olup, aynı zamanda bir milyardan fazla insanın temel ihtiyaçlarını karşılayan odun, odun dışı ürünler, biyoyakıt ve besin gibi kritik kaynakların temininde önemli bir rol üstlenmektedir (FAO, 2020; Nesha vd., 2021). Bununla birlikte ormanlar, yaban hayatı için habitat oluşturarak ekosistemin canlı çeşitliliğini desteklemekte (Gibson vd., 2011; Sasaki, 2021), geniş bir bitki türü spektrumunun yayılımını kolaylaştırmakta (Sullivan et al., 2017) ve atmosferdeki karbonu depolayarak küresel iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmektedir (Pan vd., 2011; Nesha vd., 2021; Saranay Kayar vd., 2024). Bu işlevler, ormanların ekolojik dengenin korunması, biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi ve insan yaşam kalitesinin artırılmasındaki stratejik önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Orman ekosistemlerinin sunduğu hizmetlerin sürekliliğinin sağlanabilmesi için, meşcere hacmi, göğüs yüzeyi alanı, ağaç sayısı ve özellikle topraküstü biyokütle (TÜB) gibi temel parametrelerin doğru ve güvenilir biçimde belirlenmesi gereklidir (Bulut et al., 2023). Topraküstü biyokütle, ağaçların gövde, dal, yaprak ve kabuk gibi yer üstünde kalan tüm organik bileşenlerini kapsamakta olup, ekosistemlerin karbon depolama kapasitelerinin hesaplanmasında ve ekosistem sağlığının izlenmesinde kritik bir değişken olarak kullanılmaktadır (Sun vd., 1980; Saraçoğlu, 1988; Dixon vd., 1994). Son yıllarda fosil yakıt kullanımına bağlı sera gazı emisyonlarının artışı, orman

¹ General Directorate of Forestry, Ankara, Türkiye, Orcid:0009-0008-3250-5296, erhanyartim@hotmail.com

² Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Çankırı, Türkiye, Orcid:0000-0002-2724-983X, dr.sedatkeles@gmail.com

biyokütlesi gibi yenilenebilir ve sürdürülebilir kaynaklara yönelik ilgiyi daha da artırmıştır.

Geleneksel yersel yöntemlerle biyokütle tahmini, zaman alıcı ve maliyetli olmasının yanı sıra geniş alanlarda uygulanabilirlik açısından sınırlıdır. Bu nedenle, uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojilerindeki gelişmeler, biyokütle belirlemede güçlü bir alternatif sunmaktadır (Roy vd., 2017; Zahriban Hesari vd., 2019; Ahmadi vd., 2020). UA teknolojileri, yüksek mekânsal ve spektral çözünürlüklü uydu verileri sayesinde geniş alanlarda hızlı, güvenilir ve düşük maliyetli bilgi üretimine olanak tanımaktadır (Grabska vd., 2019; Maponya vd., 2020). Özellikle Sentinel-1 radar ve Sentinel-2 optik uydu verilerinin füzyonu ile bant yansıma değerleri, vejetasyon indeksleri, tekstür analizleri ve topografik parametrelerin bir arada değerlendirilmesi, orman ekosistemlerinin yapısal özelliklerinin bütüncül biçimde modellenmesine katkı sağlamaktadır (Özdemir ve Mert, 2007; Asner vd., 2013; Duncanson vd., 2019; Güverçin ve Günlü, 2023; Özdemir vd., 2023; Aksoy, 2024).

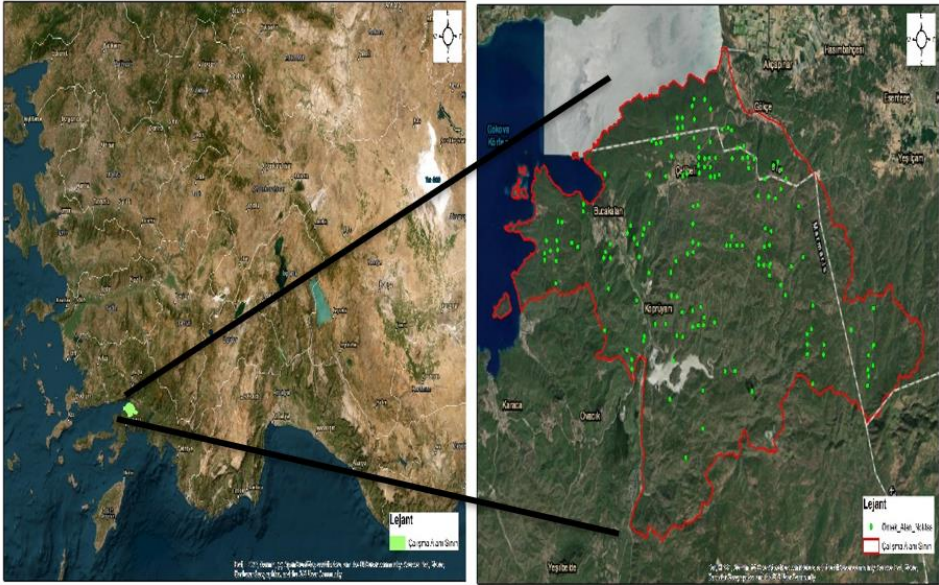
Bu çalışmada, Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Marmaris Orman İşletme Müdürlüğü, Çetibeli Orman İşletme Şefliği sınırlarında yer alan saf kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde yersel ölçümlerden elde edilen biyokütle verileri ile Sentinel-2 uydu görüntülerinden türetilen spektral bant yansımaları, vejetasyon indeksleri ve tekstür metrikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çoklu regresyon analizine dayalı olarak gerçekleştirilen bu araştırmanın temel amacı, saf kızılçam meşcerelerinde topraküstü biyokütlenin hızlı, güvenilir ve geniş alanlara uygulanabilir biçimde tahmin edilmesine katkı sağlamak ve bu yolla sürdürülebilir orman yönetimi süreçlerine bilimsel bir zemin sunmaktır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanı

Çetibeli Orman İşletme Şefliği, Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde yer almakta olup, Aydın N20c3, N20c4, N20d3 ile Marmaris O20b1, O20b2 ve O20a2 memleket paftalarında konumlanmaktadır. Şeflik, 28°19'47'' – 28°17'35'' doğu boylamları ile 37°01'57'' – 36°53'43'' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Mülkiyet açısından Muğla ili Marmaris ilçesi sınırları içinde yer alan Çetibeli Orman İşletme Şefliği, idari olarak Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Marmaris Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde faaliyet göstermektedir. Yılın en sıcak ayı Temmuz olup, ortalama en yüksek sıcaklık 33°C, en düşük sıcaklık ise 23°C düzeyindedir. Serin mevsim ise yaklaşık 4 ay sürmekte ve 28 Kasım'da başlayarak 27 Mart'ta sona ermektedir; bu dönemde günlük ortalama

en yüksek sıcaklık 18°C'nin altına düşmektedir. Ocak ayı bölgenin en soğuk ayı olup, ortalama en düşük sıcaklık 7°C, ortalama en yüksek sıcaklık ise 14°C'dir. Bölgedeki yağışlar ağırlıklı olarak yağmur şeklinde olup, kar yağışı nadiren görülmektedir. Çetibeli Orman İşletme Şefliği plan ünitesi sınırları içerisinde farklı ağaç türleri yayılış göstermektedir. Bu kapsamda, plan ünitesinde en yaygın türlerden biri kızılçam (Çz) olup, bölgenin orman dokusunu büyük ölçüde oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra fıstıkçamı (Çf), sığla (Sğ), okaliptüs (Ok), ardıç (Ar) ve servi (Sr) türleri de plan ünitesi içerisinde yayılış göstermekte ve ekosistemin biyolojik çeşitliliğine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, Akdeniz bölgesinin karakteristik bitki örtüsünü temsil eden maki (Mak) toplulukları da plan ünitesinde yer almakta olup, bu türlerin varlığı bölgedeki ekolojik çeşitliliğin korunması açısından önem arz etmektedir (Anonim 2024). Çalışma alanının konumu Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu

Materyal

Bu çalışma kapsamında, 2022 yılında Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, Marmaris Orman İşletme Müdürlüğü, Çetibeli Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yayılış gösteren saf kızılçam meşcerelerinde sistematik olarak 300 m x 300 m aralıklarla alınan 156 adet örnek alan verisi kullanılmıştır. Ayrıca, uzaktan algılama verisi olarak 16.07.2022 tarihli Sentinel-2 uydu görüntüsü

materyal olarak değerlendirilmiş ve örnek alan verileri ile entegrasyonu sağlanarak analizlerde kullanılmıştır.

Yöntem

Topraküstü Biyokütlenin Hesaplanması

Çetibeli Orman İşletme Şefliği sınırlarında, 2022 yılı içerisinde yürütülen orman amenajman planları kapsamında envanter çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, 156 adet saf kızılçam meşçeresine ait örnek alan verileri elde edilmiştir. Her bir örnek alan için envanter karnelerinde kayıtlı ağaçların göğüs çapı ($d_{1,30}$) değerleri kullanılmış ve her ağacın topraküstü biyokütle (kg) miktarı Ünsal (2007) tarafından geliştirilen ve Denklem 1’de sunulan model kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca, örnek alan büyüklüklerinin (400 m^2 , 600 m^2 ve 800 m^2) dikkate alınması suretiyle biyokütle değerleri hektara dönüştürülerek hektar başına topraküstü biyokütle miktarı hesaplanmış ve analizlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

$$TÜB = 1,072 \times e^{-1,92352+2,243357 \times \ln(d_{1,3})} \quad (1)$$

TÜB (ton): Topraküstü biyokütle

$d_{1,3}$: Envanter karnesinde alınan ağacın göğüs yüzeyindeki çapı (cm)

Sentinel-2 Uydu Görüntüsüne İlişkin Değerlendirmeler

Bu çalışmada kullanılan 16 Temmuz 2022 tarihli Sentinel-2 uydu görüntüsü, Sentinel Hub platformu üzerinden ücretsiz olarak temin edilmiştir. Çalışma kapsamında, Sentinel-2 uydu görüntüsüne ait konumsal çözünürlüğü 10 metre olan Bant 2 (B2), Bant 3 (B3), Bant 4 (B4) ve Bant 8 (B8) ile konumsal çözünürlüğü 20 metre olan Bant 5 (B5), Bant 6 (B6), Bant 7 (B7), Bant 8A (B8A), Bant 11 (B11) ve Bant 12 (B12) bantları analizlerde kullanılmıştır.

Sentinel-2 Uydu Görüntüsünden Bant Reflektans Değerlerinin Hesaplanması

Sentinel-2 uydu görüntüsü analiz sürecinden önce bazı ön işlemlerden geçirilmiş olup, bu süreçte özellikle atmosferik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan Sentinel-2 uydu görüntülerinin analizinde, atmosferik etkilerden arındırılmış verilerin tercih edilmesi, topraküstü biyokütle tahmin süreçlerinin doğruluk düzeyini artırmak amacıyla önemli bir adım olmuştur. Sentinel-2 uydu görüntüsünün kalibrasyonu ve yüzey reflektans değerlerinin elde edilmesi için QGIS Desktop 3.8.1 yazılımı kullanılmıştır. Görüntülere ait bantlar kalibre edildikten sonra, reflektans görüntüleri, tekstür verileri ve çeşitli vejetasyon indeksleri elde edilmiştir. Ardından, her bir örnek alan için Sentinel-

2 uydu görüntüsüne ait bantlara ilişkin reflektans değerleri hesaplanmış ve bu hesaplama sırasında örnek alanlar etrafında belirlenen buffer zonlar kullanılmıştır. Buffer zonlar, örnek alan çevresinde belirli bir mesafede oluşturulan bölgeler olup, 400 m² büyüklüğündeki örnek alanlar için 11,28 m, 600 m² için 13,82 m ve 800 m² için 15,96 m çapında tanımlanmıştır. Buffer zon içinde yer alan piksellerin ortalama reflektans değerleri alınarak her bir örnek alanın ortalama reflektans değeri hesaplanmıştır. Bu işlemler, ArcGIS 10.6.1 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, analiz sürecinde elde edilen bu veriler biyokütle tahmin modellerinde girdi olarak kullanılmıştır.

Sentinel-2 Uydu Görüntüsünden Vejetasyon İndislerine İlişkin Değerlerin Hesaplanması

Örnek alanlara ilişkin hesaplanan ortalama reflektans değerleri kullanılarak, her bir örnek alan için çeşitli vejetasyon indeksleri belirlenmiştir. Bu indekslerin hesaplanması, örnek alanlardaki bitki örtüsünün yoğunluğu, canlılığı ve biyofiziksel özelliklerinin analiz edilmesine imkân tanıyarak, topraküstü biyokütle tahmin modellerinde kullanılacak önemli parametrelerin elde edilmesini sağlamıştır. Çalışma kapsamında hesaplanan ve kullanılan vejetasyon indeksleri: ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), GCI (Green Chlorophyll Index), GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index), MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index), NDRE (Normalized Difference Red Edge Index), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), RECI (Red Edge Chlorophyll Index) ve SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)'dir.

Sentinel-2 Görüntüsünden Tekstür Değerlerinin Elde Edilmesi

Bu çalışmada Sentinel-2 uydu görüntülerinin tekstür analizi, ormanlık alanlardaki topraküstü biyokütle tahmininde kullanılmak üzere önemli bir veri kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Analiz kapsamında sekiz farklı tekstür özelliği hesaplanmış olup, bunlar mean (M / Ortalama), variance (VAR / Varyans), homogeneity (HOM / Homojenlik), contrast (CON / Kontrast), dissimilarity (DIS / Farklılık), entropy (ENT / Entropi) ve correlation (COR / Korelasyon) şeklinde belirlenmiştir. Bu özellikler, gri seviye eş oluşum matrisi (GLCM) yöntemine dayanarak pikseller arasındaki gri tonlama ilişkilerini analiz etmekte ve görüntüdeki yüzey pürüzlülüğü, desen ve yapı farklılıklarının sayısal olarak ifade edilmesini sağlamaktadır. Uydu görüntüsünün her bir bandı için bu sekiz tekstür özelliği ayrı ayrı hesaplanmış olup, analizlerin hassasiyetini artırmak amacıyla 3x3, 5x5, 7x7 ve 9x9 pencereler (kernel) kullanılmıştır. Bu

pencereler, farklı mekânsal ölçeklerde tekstür değişkenliğinin incelenmesine olanak tanımış, böylece orman dokusunun hem mikro hem de makro düzeydeki yapısal özelliklerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Her bir örnek alan için tekstür değerleri, örnek alan sınırlarında oluşturulan buffer zonlar (koruma zonları) içerisindeki piksellerin ortalaması alınarak hesaplanmış ve her alan için tek bir değer olarak kaydedilmiştir.

Tüm bu işlemler, R programlama dilinde ‘glm’ kütüphanesi kullanılarak otomatikleştirilmiş bir iş akışı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında hesaplanan tekstür özelliklerine ilişkin ayrıntılı bilgiler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan bazı tekstür özelliklerinin sembolleri ve açıklamaları

Tekstür Özelliği	Bantlar	Pencere Genişliği			
		3x3	5x5	7x7	9x9
Contrast	B2	B2_3x3_contrast	B2_5x5_contrast	B2_7x7_contrast	B2_9x9_contrast
Correlation	B3	B3_3x3_correlat	B3_5x5_correlat	B3_7x7_correlat	B3_9x9_correlat
Dissimilarity	B4	B4_3x3_dissim	B4_5x5_dissim	B4_7x7_dissim	B4_9x9_dissim
Entropy	B5	B5_3x3_entropy	B5_5x5_entropy	B5_7x7_entropy	B5_9x9_entropy
Homogeneity	B6	B6_3x3_hom	B6_5x5_hom	B6_7x7_hom	B6_9x9_hom
Variance	B7	B6_3x3_hom	B6_5x5_hom	B6_7x7_hom	B6_9x9_hom

B2_3x3_contrast: İkinci bantın 3x3 pencere genişliğinde contrast özelliği

B3_3x3_correlat: Üçüncü bantın 3x3 pencere genişliğinde correlation özelliği

B5_5x5_entropy: Beşinci bantın 5x5 pencere genişliğinde entropy özelliği

B6_7x7_hom: Altıncı bantın 7x7 pencere genişliğinde homogeneity özelliği

İstatistiksel Analiz

Bu çalışma kapsamında istatistiksel analiz yöntemi olarak çoklu regresyon (stepwise) analizi kullanılmıştır. Modellerin geliştirilmesinde R programlama dili kullanılarak, model kurulumları ve istatistiksel testler gerçekleştirilmiştir. Çoklu regresyon analizinde tahmin edilmek istenen topraküstü biyokütle bağımlı değişken olarak değerlendirilmiş, Sentinel-2 uydu verilerinden elde edilen bant reflektans değerleri, tekstür özellikleri ve vejetasyon indeksleri ise bağımsız değişkenler olarak analize dâhil edilmiştir. Toprak üstü biyokütlenin tahmin edilmesine yönelik istatistiksel olarak anlamlı model seçenekleri stepwise çoklu regresyon yöntemi kullanılarak belirlenmiş, bağımsız değişkenlerin modele katkıları istatistiksel

anlamlılık düzeyleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Model başarılarının değerlendirilmesinde iki temel performans kriteri kullanılmıştır. Bunlardan ilki, modelin açıklayıcılığını ve uyum düzeyini gösteren düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R^2_{düz}$), ikinci kriter ise, model tahminlerinin hassasiyetini gösteren standart hata ($Sy.x$) değeri olup; bu iki ölçüt, modelin topraküstü biyokütle tahminindeki başarısını karşılaştırmalı olarak değerlendirmede temel kriterler olarak kullanılmıştır.

Sonuçlar

Bu çalışmada yapılan stepwise çoklu regresyon analizi kapsamında, yalnızca Sentinel-2 uydu verilerinden elde edilen bant reflektans değerleri kullanılarak topraküstü biyokütle tahmini gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde kullanılan bantlar B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B11 ve B12 olup, bu bantlar arasından yalnızca B11 bandı topraküstü biyokütle tahmininde istatistiksel olarak anlamlı bir değişken olarak belirlenmiştir. Modelin belirtme katsayısı (R^2) 0.2234, düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R^2_{düz}$) 0.2184 olarak hesaplanmış olup, model topraküstü biyokütle varyansının yaklaşık %21.8'ini açıklayabilmektedir. Modelin standart hata değeri ($Sy.x$) ise 3.829 olarak bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre B11 bandının p değeri 4.66e-10 olup, bu değer $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinin oldukça altında kalarak değişkenin modele katkısının anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda elde edilen regresyon modeli Denklem 2'de verilmiştir.

Bu modelde yalnızca bant reflektans değerlerinin kullanıldığı detaylar ve kullanılan değişkenlere ilişkin istatistiksel değerler Tablo 2'de ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar, çalışma alanındaki saf kızılçam meşcerelerinde Sentinel-2 B11 bandının toprak üstü biyokütle tahmininde kullanılabilirliğini göstermekte olup, uzaktan algılama verilerinin ormancılık uygulamalarında hızlı ve maliyet etkin tahminler yapabilmesine katkı sağlayacak niteliktedir.

Tablo 2. Toprak üstü biyokütleyi Sentinel-2 bant reflektans değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	p
Sabit Katsayısı	22,404180486	2,6355687054	8,500701	1,526139e-14
B11	-0,006472189	0,0009723913	-6,655950	4,663327e-10
$R^2_{düz}=0.2184$ $Sy,x=3,8293$				

$$\text{Toprak üstü biyokütle} = 22.4042 + -0.0065 * B11 \quad (2)$$

Yalnızca Sentinel-2 uydu verilerinden elde edilen vejetasyon indeksleri kullanılarak toprak üstü biyokütle tahmini amacıyla stepwise çoklu regresyon analizi uygulanmıştır. Analiz kapsamında kullanılan vejetasyon indeksleri ARVI, EVI, GCI, GNDVI, MSAVI, NDRE, NDVI, NDWI, RECI ve SAVI olup, bu değişkenlerden istatistiksel olarak anlamlı katkı sağlayanlar modele dâhil edilmiştir. Analiz sonucunda EVI, GNDVI, NDVI, ARVI ve NDRE değişkenlerinin modele girdiği ve anlamlı olduğu belirlenmiştir. Modelin belirtme katsayısı (R^2) 0.3287, düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R^2_{düz}$) ise 0.3063 olarak hesaplanmış olup, model toprak üstü biyokütle varyansının yaklaşık %30.6'sını açıklayabilmektedir. Modelin standart hata değeri ($Sy.x$) ise 3.608 olarak bulunmuştur.

Modelde yer alan tüm değişkenler $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (EVI: $p = 0.0025$, GNDVI: $p < 0.001$, NDVI: $p = 0.0048$, ARVI: $p = 0.0093$, NDRE: $p = 0.0398$). Ancak, VIF değerlerinin yüksek çıkması (ör. NDVI: 1025.13, ARVI: 999.13) değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantının bulunduğunu göstermekte olup, bu durum model yorumlamasında dikkatle değerlendirilmelidir. Bu kapsamda elde edilen regresyon modeli Denklem 3'te verilmiştir. Bu modelin ayrıntılı parametre bilgileri ve analiz sonuçlarına ilişkin detaylı veriler Tablo 3'te sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar, Sentinel-2 verilerinden üretilen vejetasyon indekslerinin, saf kızılçam meşcerelerinde toprak üstü biyokütle tahmininde kullanılabilir olduğunu göstermekte olup, uzaktan algılama verilerinin ormancılık alanında hızlı ve maliyet etkin biyokütle tahmini sağlama potansiyelini ortaya koymaktadır.

Tablo 3. Toprak üstü biyokütle ile Sentinel-2 vejetasyon indis değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	p
Sabit Katsayısı	-12,86308	9.384	-1.371	0.172507
EVI	14,95255	4.858	3.078	0.002478
GNDVI	-168,907	44.920	-3.760	0.000243
NDVI	300.747	104.978	2.865	0.004771
ARVI	-226.375	85.853	-2.637	0.009251
NDRE	50.438	24.317	2.074	0.039775
$R^2_{düz}=0.3063$ $Sy,x=3,608$				

$$\text{Toprak üstü biyokütle} = -12.8631 + 14.9525 * \text{EVI} - 168.9067 * \text{GNDVI} + 300.7473 * \text{NDVI} - 226.3753 * \text{ARVI} + 50.4375 * \text{NDRE} \quad (3)$$

Yalnızca Sentinel-2 uydu verilerinden elde edilen tekstür verileri kullanılarak toprak üstü biyokütle tahminine yönelik stepwise çoklu regresyon analizi uygulanmıştır. Analiz kapsamında çeşitli bantlardan farklı pencere boyutlarında (3x3, 5x5, 7x7, 9x9) elde edilen kontrast, homojenlik, entropi, varyans ve dissimilarity gibi tekstür özellikleri bağımsız değişken olarak modele dahil edilmiştir.

Analiz sonucunda toplam 185 değişkenden 19 değişken modele girmiş olup 19 değişkenin tamamı $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Modelin belirtme katsayısı (R^2) 0.6048, düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R^2_{düz}$) ise 0.5496 olarak hesaplanmış, model topraküstü biyokütle varyansının yaklaşık %55'ini açıklayabilmektedir. Modelin standart hata değeri ($Sy.x$) ise 2.907 olarak bulunmuştur. Modelin genel anlamlılık testi de anlamlı çıkmış olup ($p < 0.001$), modelin güvenilir tahminler üretebildiğini göstermektedir. Bu kapsamda elde edilen regresyon denklemi Denklem 4'te verilmiştir. Kullanılan değişkenlere ilişkin ayrıntılı katsayı değerleri, anlamlılık düzeyleri ve istatistiksel sonuçlar Tablo 4'te ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Bu sonuçlar, Sentinel-2 temelli tekstür verilerinin saf kızılçam meşcerelerinde topraküstü biyokütle tahmininde kullanılabilirliğini ortaya koymakta ve uzaktan algılama temelli biyokütle modelleme çalışmalarında önemli bir katkı sağlamaktadır.

Sentinel-2 uydu verilerinden elde edilen bant reflektans değerleri, vejetasyon indeksleri ve tekstür özelliklerinin birlikte kullanılmasıyla toprak üstü biyokütle tahminine yönelik stepwise çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, çalışma alanındaki saf kızılçam meşcerelerinde en yüksek açıklama gücüne ulaşmak amacıyla tüm kullanılabilir veriler dâhil edilerek yapılmıştır.

Analiz sonucunda, toplam 199 değişkenden 21 değişkenin modele dâhil olduğu belirlenmiştir. Modelin belirtme katsayısı (R^2) 0.656, düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R^2_{düz}$) ise 0.6051 olarak hesaplanmış olup, model topraküstü biyokütle varyansının yaklaşık %60.5'ini açıklayabilmektedir. Modelin standart hata değeri ($Sy.x$) ise 2.722 olarak bulunmuştur. Modelin genel anlamlılık testi anlamlı çıkmış ($p < 0.001$) ve modelin güvenilir tahminler sağladığını göstermiştir. Analiz sonuçlarına göre modele giren değişkenlerin büyük çoğunluğu $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmuş, yalnızca B11_3x3_variance ($p = 0.074$) ve B4_9x9_variance ($p = 0.072$) sınırda anlamlılık göstermiştir. Bununla birlikte, B2 değişkeni modele dâhil olmasına rağmen $p = 0.178$ ile anlamlılık düzeyinin üzerinde kalmıştır. Bu kapsamda elde edilen regresyon denklemi Denklem 5'te verilmiştir.

Bu modelin ayrıntılı katsayı, standart hata, t-değeri ve p-değeri bilgileri Tablo 5'te sunulmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar, Sentinel-2 tabanlı bant

reflektans değerleri, vejetasyon indeksleri ve tekstür verilerinin birlikte kullanılması ile topraküstü biyokütle tahmininde yüksek doğruluk düzeyine ulaşılabileceğini göstermekte olup, uzaktan algılama temelli orman biyokütle modelleme çalışmalarına katkı sağlayacak niteliktedir.

Tablo 4. Toprak üstü biyokütle ile Sentinel-2 tekstür değerlerine göre tahmin edilen en iyi model sonuçları

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	p
Sabit Katsayısı	-4507.79	1542	-2.923	0.00406
B11_3x3_variance	-0.0975	0.0213	-4.586	1.01E-05
B7_5x5_entropy	-4.8569	1.764	-2.753	0.00671
B7_9x9_homogeneity	-27.4591	10.92	-2.515	0.01306
B8_9x9_homogeneity	-21.2139	8.95	-2.369	0.01924
B11_9x9_entropy	-4.2211	1.309	-3.226	0.00157
B11_9x9_dissimilarity	39.8207	6.711	5.933	2.33E-08
B11_9x9_homogeneity	74.4275	16.43	4.529	1.28E-05
B11_3x3_entropy	1.6403	0.764	2.146	0.03365
B3_5x5_contrast	-56.9243	13.85	-4.109	6.82E-05
B4_7x7_variance	0.5802	0.331	1.754	0.08161
B2_3x3_contrast	21.8738	6.611	3.309	0.0012
B3_7x7_contrast	39.2286	13.47	2.911	0.00421
B2_9x9_homogeneity	4484.404	1537	2.917	0.00414
B7_3x3_entropy	3.1153	1.573	1.981	0.0496
B2_9x9_dissimilarity	2221.1	768.5	2.89	0.00448
B11_9x9_contrast	-2.626	0.578	-4.541	1.22E-05
B8_7x7_entropy	-3.6735	1.46	-2.516	0.01304
B3_5x5_entropy	4.0126	2.418	1.66	0.09926
B7_7x7_homogeneity	16.3616	11.53	1.419	0.15805
$R^2_{\text{düz}}=0.5496$ Sy,x=2,907				

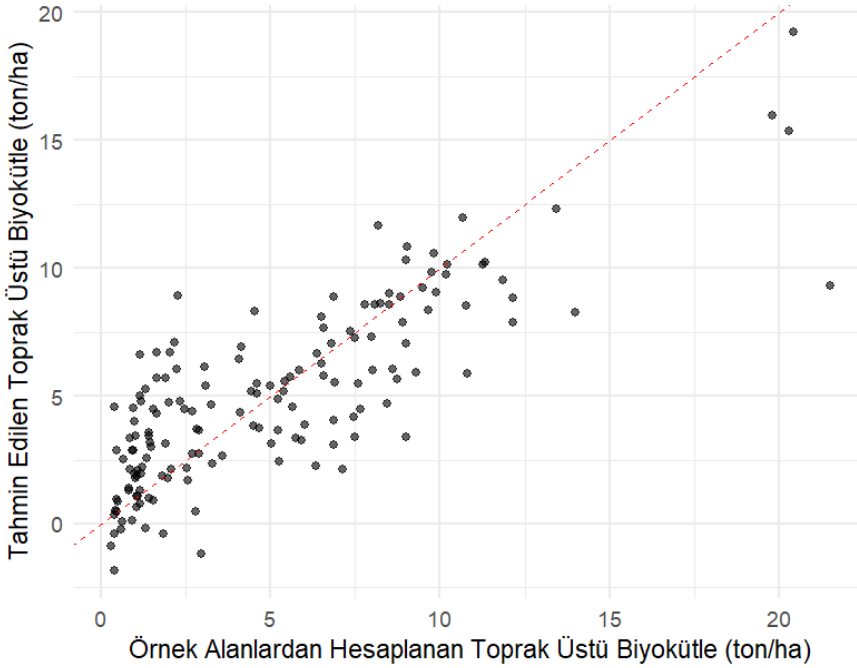
$$\begin{aligned}
\text{Toprak üstü biyokütle} = & -4507.7895 + -0.0975 * B11_3x3_variance + -4.8569 * \\
& B7_5x5_entropy + -27.4591 * B7_9x9_homogeneity + -21.2139 * \\
& B8_9x9_homogeneity + -4.2211 * B11_9x9_entropy + 39.8207 * \\
& B11_9x9_dissimilarity + 74.4275 * B11_9x9_homogeneity + 1.6403 * \\
& B11_3x3_entropy + -56.9243 * B3_5x5_contrast + 0.5802 * B4_7x7_variance \\
& + 21.8738 * B2_3x3_contrast + 39.2286 * B3_7x7_contrast + 4484.4042 * \\
& B2_9x9_homogeneity + 3.1153 * B7_3x3_entropy + 2221.0999 * \\
& B2_9x9_dissimilarity + -2.626 * B11_9x9_contrast + -3.6735 * \\
& B8_7x7_entropy + 4.0126 * B3_5x5_entropy + 16.3616 * \\
& B7_7x7_homogeneity
\end{aligned} \tag{4}$$

Tablo 5. Toprak üstü biyokütle ile Sentinel-2 tabanlı bant reflektans değerleri, vejetasyon indeksleri ve tekstür değerlerine göre tahmin eden en iyi model sonuçları

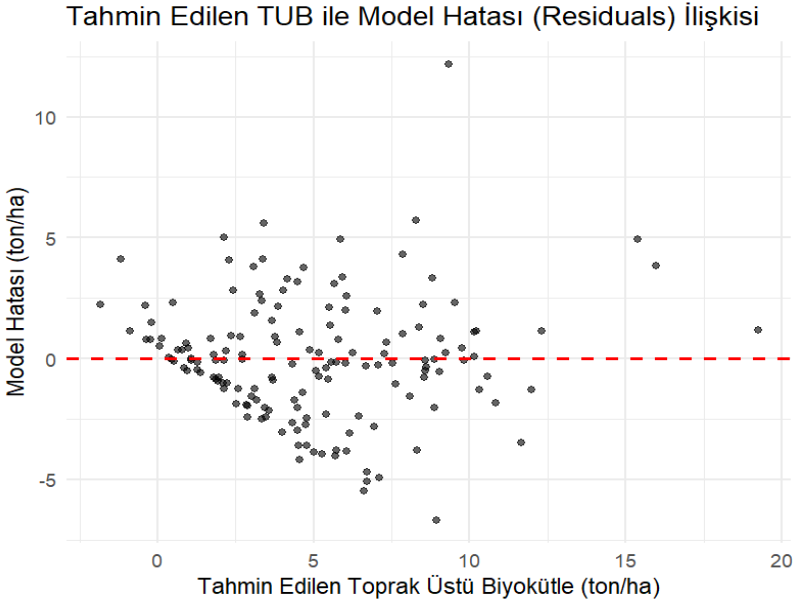
Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları	Standart hata	t-istatistiği	p
Sabit Katsayısı	-3.5028	43.8235	-0.0799	0.9364
B11_3x3_variance	0.0759	0.0422	1.7987	0.0743
B7_5x5_entropy	-5.6995	1.7535	-3.2503	0.0015
B7_9x9_homogeneity	124.3625	21.1967	5.867	3.25E-08
EVI	9.9577	1.8177	5.4781	2.03E-07
B4_3x3_variance	0.7654	0.3006	2.5461	0.012
GCI	-6.8575	1.9789	-3.4653	0.0007
B12_5x5_variance	-0.2625	0.0764	-3.4346	0.0008
B7_9x9_dissimilarity	66.0438	9.2047	7.175	4.34E-11
B7_9x9_contrast	-7.1319	1.0377	-6.8728	2.12E-10
B5_7x7_contrast	3.1403	1.0162	3.0902	0.0024
B6_9x9_entropy	-3.8316	1.297	-2.9541	0.0037
B11_9x9_entropy	-4.3572	1.1951	-3.6457	0.0004
B11_9x9_contrast	1.5125	0.5117	2.9561	0.0037
B11_5x5_entropy	2.4144	1.017	2.374	0.019
B7_7x7_entropy	5.6807	2.6619	2.134	0.0346
B4_7x7_homogeneity	-120.122	40.7937	-2.9446	0.0038
B4_7x7_dissimilarity	-53.8794	19.0838	-2.8233	0.0054
B5_5x5_homogeneity	10.9834	3.9372	2.7896	0.006
B4_9x9_variance	0.6362	0.3517	1.8085	0.0727
B2	-0.0091	0.0067	-1.3532	0.1782
$R^2_{\text{düz}}=0,6051 \quad S_{y,x}=2,722$				

$$\begin{aligned}
\text{Toprak üstü biyokütle} = & -3.5028 + 0.0759 * B11_3x3_variance + -5.6995 * \\
& B7_5x5_entropy + 124.3625 * B7_9x9_homogeneity + 9.9577 * EVI + 0.7654 \\
& * B4_3x3_variance + -6.8575 * GCI + -0.2625 * B12_5x5_variance + 66.0438 \\
& * B7_9x9_dissimilarity + -7.1319 * B7_9x9_contrast + 3.1403 * \\
& B5_7x7_contrast + -3.8316 * B6_9x9_entropy + -4.3572 * B11_9x9_entropy + \\
& 1.5125 * B11_9x9_contrast + 2.4144 * B11_5x5_entropy + 5.6807 * \\
& B7_7x7_entropy + -120.122 * B4_7x7_homogeneity + -53.8794 * \\
& B4_7x7_dissimilarity + 10.9834 * B5_5x5_homogeneity + 0.6362 * \\
& B4_9x9_variance + -0.0091 * B2
\end{aligned} \quad (5)$$

Çalışma kapsamında topraküstü biyokütlenin tahmin edilmesine ilişkin geliştirilen 17 farklı çoğul regresyon modeli arasında en iyi tahmin sonucunu veren model 12 numaralı modeldir . Bu modele göre hesaplanan ve tahmin edilen topraküstü biyokütle ilişkisi Şekil 2’de, tahmin edilen topraküstü biyokütle ile model hataları ilişkisi Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 2. En iyi regresyon modeline göre hesaplanan toprak üstü biyokütle ile tahmin edilen toprak üstü biyokütle ilişkisi



Şekil 3. En iyi regresyon modelini esas alan modelle elde edilen hatalar-tahmini toprak üstü biyokütle ilişkisi

Tartışma

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda birtakım bulgular elde edilmiştir. Sentinel-2 uydu verilerinden elde edilen bant reflektans ve vejetasyon indislerinin, topraküstü biyokütle tahmininde anlamlı ilişkiler kurabildiği, ancak elde edilen belirtme katsayılarının (Örneğin, en iyi modelde $R^2 = 0,345$) düşük düzeyde kaldığı görülmüştür. Tekstür parametrelerinin kullanıldığı modellerin, bant reflektans ve vejetasyon indekslerine göre daha yüksek belirtme katsayıları sağlayarak (R^2 değerlerinin 0,45 seviyelerine kadar çıktığı), topraküstü biyokütle tahmininde daha güvenilir sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Tekstür verilerinin dahil edilmesiyle standart hata değerlerinde azalma sağlandığı, bu durumun tahmin hassasiyetini artırdığı belirlenmiştir. Sentinel-2 uydu verileri ile yürütülen bu çalışmanın, saf kızılçam meşcerelerinde topraküstü biyokütle tahmininde uydu verileri kullanımının mümkün olduğunu ve planlama süreçlerine katkı sağlayabileceğini ortaya koyduğu değerlendirilmiştir.

Literatürde farklı uzaktan algılama verileri kullanılarak topraküstü biyokütle tahminine yönelik pek çok araştırma gerçekleştirilmiştir. Örneğin, Sarıçam (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Kaş Orman İşletme Müdürlüğü plan sınırları içinde kalan saf sedir meşcerelerinde topraküstü biyokütlenin Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada bağımsız değişken

olarak kullanılan Bant 2, Bant 5 ve Bant 7'nin regresyon denklemi ile topraküstü biyokütle arasında $R^2=0,186$ ve $Sy.x=78,5729$; NBR, VIS123, SARVI ve ND32 gibi vejetasyon indislerinin kullanıldığı modelde $R^2=0,181$ ve $Sy.x=77,5853$ değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, Bant 2 3x3 COR, Bant 3 5x5 M, Bant 4 7x7 CON, Bant 5 9x9 HOM, Bant 6 9x9 DİS ve Bant 7 9x9 ENT tekstür özelliklerinin kullanıldığı modelde ise $R^2=0,453$ ve $Sy.x=66,9189$ değerleri ile güçlü ilişkiler tespit edilmiştir. Işık (2024) tarafından yapılan çalışmada Landsat 8 OLI verileri kullanılarak saf sarıçam meşcerelerinde topraküstü meşcere karbon miktarı tahmin edilmiş ve bant reflektans değerleri için $R^2=0,593$, vejetasyon indisleri için $R^2=0,635$, tekstür özellikleri için ise $R^2=0,581$ bulunmuştur. Güverçin (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Landsat 8 OLI ve Sentinel 1A verileri kullanılarak allometrik denklemler yardımıyla topraküstü biyokütle değerleri tahmin edilmiş ve en yüksek belirtme katsayısı $R^2=0,509$ olarak elde edilmiştir. Keleş vd. (2021) tarafından Sentinel-1 ve Sentinel-2 verilerinin bir arada kullanıldığı çalışmada regresyon analizi, derin öğrenme ve destek vektör makineleri ile modellemeler yapılmış, en yüksek başarı destek vektör makinelerinde $R^2=0,877$, derin öğrenmede $R^2=0,85$, regresyon analizinde ise $R^2=0,748$ olarak kaydedilmiştir.

Turgut (2019) tarafından yapılan çalışmada, çoklu regresyon analizine dayalı topraküstü biyokütle tahmininde bant reflektans, vejetasyon indisi ve tekstür özellikleri için sırasıyla $R^2=0,445$, $R^2=0,387$ ve $R^2=0,552$ elde edilmiştir. Dube ve Mutanga (2015) tarafından yapılan çalışmada ise çam ve okaliptüs türleri için Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 verileri kullanılarak topraküstü biyokütle tahmini yapılmış, bant reflektans değerleri için Landsat 7 ETM+'de $R^2=0,21-0,43$, Landsat 8'de $R^2=0,30-0,47$; vejetasyon indislerinde ise Landsat 7 ETM+ için $R^2=0,33-0,47$, Landsat 8 için $R^2=0,36-0,58$ arasında değişen değerler bulunmuştur. Günlü vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, karaçam ormanlarında Landsat TM verileri kullanılarak yapılan tahminlerde bant reflektans için $R^2=0,465$, vejetasyon indisleri için ise $R^2=0,606$ elde edilmiştir.

Vafaei vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Sentinel-2A ve ALOS-2 PALSAR-2 uydu görüntülerinin birlikte kullanımının topraküstü biyokütle (TÜB) ölçüm doğruluğunu artırmadaki potansiyeli araştırılmıştır. Topraküstü biyokütle tahmininde kullanılacak yönteme bağlı olarak farklı model başarıları elde edilebileceğinden, çalışmada dört farklı makine öğrenmesi algoritması kullanılmış ve karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler; Random Forests (RF), Support Vector Regression (SVR), Multi-Layer Perceptron Neural Networks (MPL Neural Nets) ve Gaussian Processes (GP) olarak belirlenmiştir. Modellerin başarıları belirtme katsayısı (R^2), kök ortalama kare hata (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) kriterleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen

sonuçlara göre, Sentinel-2A ve ALOS-2 PALSAR-2 verilerinin birlikte kullanıldığı modeller, yalnızca Sentinel-2A veya yalnızca ALOS-2 PALSAR-2 kullanılan modellere göre daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Kullanılan dört makine öğrenmesi algoritması arasında en yüksek başarı SVR modeli ile elde edilmiş ($R^2=0,73$; RMSE=38,68; MAE=32,28) olup, bunu GP modeli ($R^2=0,69$; RMSE=40,11; MAE=33,69), RF modeli ($R^2=0,62$; RMSE=43,13; MAE=35,83) ve MPL Neural Nets modeli ($R^2=0,44$; RMSE=64,33; MAE=53,74) takip etmiştir. Genel olarak Sentinel-2A verilerinin topraküstü biyokütle tahmininde makul bir sonuç verdiği, ALOS-2 PALSAR-2 verilerinin ise daha düşük doğruluk sağladığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, Sentinel-2A ve ALOS-2 PALSAR-2 verilerinin birlikte kullanımı, yalnızca Sentinel-2A kullanımına kıyasla topraküstü biyokütle tahmin doğruluğunu önemli ölçüde artırmıştır.

Brice vd. (2013) tarafından lidar ve yüksek mekânsal çözünürlüklü veriler kullanılarak yapılan çalışmada, ormanlarda hacim, ağaç boyu ve biyokütle tahmin edilmiş; ağaç boyu için $R^2=0,76$, hacim için $R^2=0,94$ ve biyokütle için $R^2=0,92$ bulunmuştur. Baccini vd. (2008) tarafından MODIS verileri ile yapılan çalışmada ise Afrika tropikal ormanlarında topraküstü biyokütle varyansının %82'si açıklanmış, çapraz doğrulama yöntemi ile yükseklik ölçümleri kullanılarak tahmin edilen biyokütle için $R^2=0,90$ değeri elde edilmiştir. Hirata vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, yüksek konumsal çözünürlüğe sahip QuickBird uydu verileri ile orman kapallılığı arasındaki allometrik ilişki incelenmiş ve bu ilişkinin topraküstü biyokütle tahmininde kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Yersel ölçümler ile uydu verileri karşılaştırılarak yapılan analiz sonucunda, geliştirilen modelin belirtme katsayısı $R^2=0,65$ olarak bulunmuştur. Bu durum, yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin orman alanlarında topraküstü biyokütle tahmini için güvenilir bir kaynak olabileceğini göstermektedir.

Öneriler

Bu çalışma sonucunda ulaşılan bulgular ışığında şu önerilerde bulunulması uygun görülmüştür: Gelecek çalışmalarda, tekstür parametrelerinin özellikle daha yoğun kullanılması, pencerelerin farklı boyutlarda denenmesi ve bant bazlı olarak en uygun parametrelerin belirlenmesi tahmin hassasiyetini artıracaktır. Sentinel-2 verilerinin yanı sıra, GEDI lidar verileri gibi aktif uzaktan algılama verilerinin kullanılması, meşcerelerin dikey yapısı hakkında bilgi sağlayarak modellerin açıklanma gücünü artıracaktır. Çalışma alanının örneklem yoğunluğunun artırılması ve mevsimsel çekimlerin kullanılması, biyokütle tahminindeki duyarlılığı iyileştirebilir. Makine öğrenmesi algoritmalarının (Random Forest, SVM vb.) çoklu regresyon analizine alternatif

olarak kullanılması, model performansını iyileştirme potansiyeline sahiptir. Uzaktan algılama yoluyla tahmin edilen biyokütle değerlerinin, yersel envanter çalışmalarını destekleyici bir çerçevede kullanılarak zamandan ve maliyetten tasarruf sağlayacağı, aynı zamanda karbon stok hesaplamaları ve yangın risk analizlerinde temel veri olarak katkı sunabileceği değerlendirilmiştir.

Teşekkür

Bu kitap bölümü, Prof. Dr. Sedat KELEŞ danışmanlığında yürütülen ve Erhan YARTIM tarafından 2025'te Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde yapılan “Saf Kızılcım Meşcerelerinde Uydu Görüntüleri Kullanılarak Topraküstü biyokütlenin Tahmini (Çetibeli Orman İşletme Şefliği Örneği)” adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışma verilerinin elde edilmesini sağlayan Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ahmadi, K., Kalantar, B., Saeidi, V., Harandi, E. K., Janizadeh, S., & Ueda, N. (2020). Comparison of machine learning methods for mapping the stand characteristics of temperate forests using multi-spectral Sentinel-2 data. *Remote Sensing*, 12(18), 3019. <https://doi.org/10.3390/rs12183019>
- Aksoy, H. (2024). Estimation stand volume, basal area and quadratic mean diameter using Landsat 8 OLI and Sentinel-2 satellite image with different machine learning techniques. *Transactions in GIS*, 28(8), 2687–2704. <https://doi.org/10.1111/tgis.13207>
- Asner, G. P., Kellner, J. R., Kennedy-Bowdoin, T., Knapp, D. E., Anderson, C., & Martin, R. E. (2013). Forest canopy gap distributions in the southern Peruvian Amazon. *PLoS ONE*, 8(4), e60875. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060875>
- Baccini, A., Laporte, N., Goetz, S. J., Sun, M., & Dong, H. (2008). A first map of tropical Africa's above-ground biomass derived from satellite imagery. *Environmental Research Letters*, 3(4), 045011. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/3/4/045011>
- Brice, M., Wulder, M. A., White, J. C., & Hobart, G. (2013). Modeling stand height, volume, and biomass from very high spatial resolution satellite imagery and samples of airborne LiDAR. *Remote Sensing*, 5(5), 2308–2326. <https://doi.org/10.3390/rs5052308>
- Bulut, S., Günlü, A., & Çakır, G. (2023). Modelling some stand parameters using Landsat 8 OLI and Sentinel-2 satellite images by machine learning techniques: A case study in Türkiye. *Geocarto International*, 38(1), 2158238. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2158238>
- Dixon, R. K., Trexler, M. C., Wisniewski, J., Brown, S., Houghton, R. A., & Solomon, A. M. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263(5144), 185–190. <https://doi.org/10.1126/science.263.5144.185>
- Dube, T., & Mutanga, O. (2015). Evaluating the utility of the medium-spatial resolution Landsat 8 multispectral sensor in quantifying aboveground biomass in Umgeni catchment, South Africa. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.11.001>
- Duncanson, L., Kellner, J. R., Armston, J., Dubayah, R., Minor, D. M., Hancock, S., & Zraggen, C. (2022). Aboveground biomass density models for NASA's Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) lidar mission. *Remote Sensing of Environment*, 270, 112845. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112845>

- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8753en>
- Gibson, L., Lee, T. M., Koh, L. P., Brook, B. W., Gardner, T. A., Barlow, J., ... & Sodhi, N. S. (2011). Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*, 478(7369), 378–381. <https://doi.org/10.1038/nature10425>
- Grabska, E., & Socha, J. (2021). Evaluating the effect of stand properties and site conditions on the forest reflectance from Sentinel-2 time series. *PLoS ONE*, 16(3), e0248459. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248459>
- Günlü, A., Ercanlı, İ., Sönmez, T., & Başkent, E. Z. (2014). Prediction of some stand parameters using pan-sharpened Ikonos satellite image. *European Journal of Remote Sensing*, 47(1), 329–342. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20144720>
- Güverçin, İ. (2022). *Saf kızılçam meşcerelerinde Sentinel-1A ve Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılarak topraküstü biyokütlenin tahmin edilmesi* [Yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi].
- Güverçin, İ., & Günlü, A. (2023). Saf kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde aktif ve pasif uydu görüntüleri kullanılarak topraküstü biyokütlenin tahmin edilmesi (Anamur Orman İşletme Şefliği örneği). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1), 177–191. <https://doi.org/10.24011/barofd.1234567>
- Hirata, Y., Tabuchi, R., & Patanaponpaiboon, P. (2014). Estimation of aboveground biomass in mangrove forests using high-resolution satellite data. *Journal of Forest Research*, 19, 34–41. <https://doi.org/10.1007/s10310-013-0402-5>
- Işık, S. (2024). *Saf sarıçam (Pinus sylvestris L.) meşcerelerinde landsat 8 oli uydu görüntüsü yardımıyla topraküstü karbon depolama miktarının belirlenmesi (Aladağ Orman İşletme Şefliği örneği)* [Yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi].
- Keleş, S., Günlü, A., & Ercanlı, İ. (2021). Estimating aboveground stand carbon by combining Sentinel-1 and Sentinel-2 satellite data: A case study from Turkey. In *Forest resources resilience and conflicts* (pp. 117–126). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85368-8.00011-5>
- Maponya, M., Van Niekerk, A., & Mashimbye, Z. (2020). Applications of remote sensing in agriculture. *South African Journal of Geomatics*, 9(1), 45–60. <https://doi.org/10.4314/sajg.v9i1.4>
- Nesha, M. K., Herold, M., De Sy, V., Duchelle, A. E., Martius, C., Branthomme, A., Garzuglia, M., Jonsson, O., & Pekkarinen, A. (2021). An assessment of data sources, data quality and changes in national forest

- monitoring capacities in the Global Forest Resources Assessment 2005–2020. *Environmental Research Letters*, 16(5), 055023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd81b>
- Özdemir, E. G., Demiralay, A., & Şahin, B. (2023). Bartın'daki sahil çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırma alanlarında Sentinel-1 ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak toprak üstü biyokütlenin kestirilmesi. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 5(1), 15–27. <https://doi.org/10.24059/tucbsj.123456>
- Özdemir, İ., & Mert, A. (2007). Düzlerçamı kızılçam ormanında Quickbird uydu verileri kullanılarak gövde hacminin tahmini. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 107–118.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., ... & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988–993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>
- Roy, D. P., Behera, M. D., & Srivastav, S. K. (2017). Advances in remote sensing for natural resource monitoring. *Current Science*, 112(6), 1135–1145. <https://doi.org/10.18520/cs/v112/i06/1135-1145>
- Saraçoğlu, Ö. (1988). *Karadeniz yöresi göknar meşcerelerinde artım ve büyüme*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Sarıçam, F. (2024). *Saf sedir meşcerelerinde Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılarak topraküstü biyokütlenin tahmin edilmesi (Kaş Orman İşletme Müdürlüğü örneği)* [Yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Sasaki, N. (2021). Forests as wildlife habitats. *Biodiversity and Conservation*, 30(4), 987–1002. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02141-8>
- Saranay Kayar, S., Tekingündüz, G., Özkal, M. K., & Kırkık Aydemir, P. (2024). Kampüs orman alanları karbon yutak kapasitesinin zamansal değişimi: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 20(2). <https://doi.org/10.17474/artvinofd.123456>
- Sun, O., Uğurlu, S., & Özer, E. (1980). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) türüne ait biyolojik kütlenin saptanması. OAE Yayınları Teknik Bülten Serisi No: 104.
- Sullivan, M. J., Talbot, J., Lewis, S. L., Phillips, O. L., Qie, L., Begne, S. K., ... & Zemagho, L. (2017). Diversity and carbon storage across the tropical forest biome. *Scientific Reports*, 7, 39102. <https://doi.org/10.1038/srep39102>

- Turgut, R. (2019). *Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılarak saf karaçam meşcerelerinde topraküstü biyokütlenin tahmin edilmesi* [Yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi].
- Ünsal, A. (2007). *Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğü kızılçam biyokütle tablolarının düzenlenmesi* [Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi].
- Vafaei, S., Soosani, J., Adeli, K., Fadaei, H., Naghavi, H., Pham, T. D., & Tien Bui, D. (2018). Improving accuracy estimation of forest aboveground biomass based on incorporation of ALOS-2 PALSAR-2 and Sentinel-2A imagery and machine learning: A case study of the Hyrcanian forest area (Iran). *Remote Sensing*, 10(2), 172. <https://doi.org/10.3390/rs10020172>
- Zahriban Hesari, M., Fallah, A., Shataee, S., Kalbi, S., & Persson, H. (2019). Estimating the forest stand volume and basal area using Pleiades spectral and auxiliary data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 1131–1136. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W6-1131-2019>

Bölüm 3

Turizm ve İklim Değişikliği İlişkisine Kuramsal Bir Bakış

Sevgi ÖZTÜRK¹, Ece ÇİLLİ²

Giriş

Sanayi Devrimi ile birlikte kentleşme sürecinin de hızlanması doğal çevre üzerinde ciddi baskılar yaratmıştır (Öztürk ve Enez, 2015). Artan nüfus ile birlikte yoğun yapılaşma ve azalan yeşil alanlar ile birlikte arazi kullanımındaki değişimler ekosistemin sürdürülebilirliğini, tehdit eden bozulmaları tetiklemiş ve sera gazı kaynağının hızlanmasına yol açmıştır (Güneş Şen, 2025a). Bu süreç, 20. yüzyıldan itibaren küresel sıcaklık ortalamalarında belirgin bir artışa neden olarak iklim koşullarını ekolojik çevrenin ötesinde toplumsal ve ekonomik alanlarda da derin etkiler yaratan küresel bir kriz haline getirmiştir (IPCC, 2021). Söz konusu kriz yalnızca doğal çevreyi değil aynı zamanda iklime duyarlı ekonomik sektörleri de etkilemektedir. Bu sektörlerin başında gelen turizm, doğrudan doğal çevre ve iklim koşullarına bağlı bir yapıya sahip olması nedeniyle, iklim değişikliğinin etkilerine karşı en kırılgan sektörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Scott ve Gössling, 2007; UNEP, 2008). Turizm sektörü ulaşım, konaklama ve altyapı yatırımları yoluyla sera gazı emisyonlarının artmasına neden olarak iklim değişikliğine katkıda bulunurken aynı zamanda iklim değişikliğinin neden olduğu çevresel bozulmalardan doğrudan etkilenmektedir (Gössling ve Hall, 2006).

Bu durum turizm sektörünün çok sektörlü yapısı içinde çevresel faktörlerin ne denli belirleyici olduğunu göstermektedir. Örneğin sıcaklık artışları, yağış rejimlerindeki düzensizlikler, aşırı hava olaylarının daha sık ve şiddetli hale gelmesi, deniz seviyesinin yükselmesi ve kar örtüsündeki azalma gibi iklimsel değişiklikler; turizm sezonlarının süresi, turist tercihleri, destinasyonların taşıma kapasitesi ve altyapı planlaması üzerinde doğrudan etkiler yaratmaktadır (Clements ve Georgiou 1998; Fletcher ve Morakabati 2008; Fielding ve Shortland 2011; Adıgüzel vd., 2022;

¹ Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu, Türkiye. sozturk@kastamonu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3383-7822

² Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu, Türkiye. ecilli@kastamonu.edu.tr, ORCID: 0009-0009-3091-7729

Güneş Şen, 2025b). Bu karşılıklı etkileşim, turizm politikalarının iklim değişikliğini hem neden hem de sonuç olarak değerlendirmesini zorunlu kılmaktadır.

Bilimsel ön görüler ve mevcut eğilimler önümüzdeki yıllarda iklimdeki hızlı değişimlerin turizm faaliyetlerinde ve taleplerinde kaymaların olacağını göstermektedir (Bode vd., 2003; Hoegh-Guldberg vd., 2018; Scott vd., 2012). Sıcak hava dalgalarının artış göstermesi, hali hazırda sıcak iklime sahip bölgelerde turistlerin sağlığını olumsuz etkileyen ve dış mekân kullanımını zorlaştıran termal koşulların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Öte yandan, daha serin iklime sahip destinasyonlarda yaşanan sıcaklık artışları, bu bölgelerin turistik çekiciliğini artırarak yeni turizm trendlerinin ve yönelimlerinin oluşmasını teşvik etmektedir. Bu durum, destinasyonlar arasındaki rekabet dengelerini etkileyebileceği gibi, turizm planlamalarının iklim değişikliği ve duyarlılığı çerçevesinde yeniden ele alınmasını gerektirmektedir (Oğur, 2023).

Turizm faaliyetlerinin sürdürülebilirliği, büyük ölçüde ziyaretçilerin deneyimlediği biyoklimatik konfor düzeyine bağlıdır. Açık hava kullanımının yoğun olduğu bölgelerde, sıcaklık, nem, rüzgâr ve güneşlenme süresi gibi meteorolojik etmenler, bireylerin çevresel algılarını ve mekânsal davranışlarını doğrudan etkiler (Baç ve Güneş Şen, 2025). Bu nedenle biyoklimatik konforun sağlanması, turizm planlamasında stratejik bir öncelik olarak öne çıkmaktadır (Matzarakis, 2007).

Bununla birlikte, biyoklimatik konfor yalnızca meteorolojik koşullarla sınırlı kalmayıp, bu konforu destekleyecek mekânsal altyapının bütüncül bir yaklaşımla planlanmasını da gerektirir. Bu noktada yeşil altyapı; iklim değişikliğine karşı dayanıklı, ekolojik dengeyi koruyan ve yaşam kalitesini artıran kentsel alanların oluşturulmasında kritik bir rol oynar. Parklar, yeşil koridorlar, ağaçlandırılmış alanlar ve doğal-su sistemleri gibi yeşil altyapı unsurları, şehirlerde mikroklimatik koşulları iyileştirmenin yanı sıra estetik ve rekreatif katkılar sağlayarak turistik deneyimi zenginleştirir (Benedict vd., 2001). Bu bağlamda, biyoklimatik konfor analizlerinin yeşil altyapı planlaması ile entegre edilmesi; kent içi açık alan yönetimi ve iklim duyarlı turizm politikalarının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çerçevede turizm ile iklim değişikliği arasındaki ilişki, çevresel ve iklimsel özelliklerin yanı sıra doğal kaynakların sürdürülebilirliği, sosyoekonomik istikrar gibi unsurları dikkate alan geniş bir araştırma alanı olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu alan, destinasyonların giderek belirginleşen iklim değişikliği etkilerine ne ölçüde maruz kaldığını, bu durumun destinasyonların çekiciliği ve rekabet gücü üzerindeki yansımalarını, ayrıca turist talebindeki değişimlere verilen tepkileri incelemektedir.

Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliği ve turizm ilişkisi üzerine kuramsal temellerini ortaya koymak, Türkiye bağlamında turizm planlama yaklaşımlarını ve

sürdürülebilir turizm politikalarını özellikle yeşil altyapı çerçevesinde değerlendirmek, ayrıca biyoklimatik konfor kavramını mekânsal planlama perspektifiyle ele almaktır. Bu kapsamda, çalışmada iklim değişikliği ve turizm ilişkisinin doğurduğu doğal bir sonuç olarak, turizm planlamasının daha bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasının gerekliliği vurgulanmaktadır.

Turizm ve İklim Değişikliği Arasındaki Etkileşimin Genel Çerçevesi

Turizm destinasyonlarının çekiciliği, doğal, kültürel, iklimsel ve çevresel faktörlerin birbirini etkileyen dinamik bir etkileşim süreciyle şekillenmektedir. Bu bağlamda, iklim koşulları, destinasyonların sürdürülebilirliği ve turistlerin deneyimleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Ancak günümüzde iklim değişikliği, uzun dönemli iklim ortalamalarında ortaya çıkan tutarsızlık ve sapmalar olarak tanımlanmakta ve turizm planlaması açısından yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır (Philander, 2008). Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) 6. Değerlendirme Raporu'na (AR6) göre, 1850–2020 yılları arasında küresel ortalama sıcaklık yaklaşık 1,3°C artış göstermiş ve bu yükseliş özellikle 1980 sonrası dönemde hızlanmıştır. Bu küresel değişimler, coğrafi olarak homojen bir dağılım göstermemekte; sıcaklık artışları, yağış desenlerindeki farklılıklar ve deniz seviyesindeki yükselmeler bölgesel düzeyde çeşitlilik arz etmektedir.

Türkiye, Akdeniz Havzası içinde yer almakta olup, iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgeler arasında öne çıkmaktadır. Bu durum, ülke açısından özel bir kırılganlık oluşturmakta ve turizm sektörünü doğrudan etkilemektedir (Türkeş vd., 2000; Viner ve Agnew, 1998; Çiloğlu ve Güneş Şen, 2025). NASA'nın değerlendirmelerine göre, Akdeniz Havzası, iklim değişikliğinin ekosistemler, biyolojik çeşitlilik ve sosyal sistemler üzerindeki etkileri açısından küresel ölçekte bir “sıcak nokta (hotspot)” olarak tanımlanmaktadır (NASA, 2018). Guiot ve Cramer (2016), küresel ortalama sıcaklık artışının 0,85°C seviyesinde seyrettiği dönemde, Akdeniz Havzası'nda bu artışın 1,3°C'ye ulaştığını vurgulamaktadır. IPCC senaryolarına dayalı projeksiyonlar, 2100 yılı itibarıyla Türkiye genelinde ortalama sıcaklıkların 2–4°C artacağını, yaz aylarındaki sıcaklıkların ise 3–6°C'ye kadar yükselebileceğini öngörmektedir (Demir vd., 2008; Demircan vd., 2014; Önen, 2008; Şen, 2013; Türkeş, 2001; Aydın vd., 2018). Ayrıca yıllık toplam yağış miktarının yaklaşık %20 oranında azalacağı ve sonbahar mevsiminin süresinin uzayacağı öngörülmektedir (Demir vd., 2008; Demircan vd., 2014).

Turizm sektörü, doğrudan doğal çevreye bağlı ve çevreyi temel kaynak olarak kullanan hassas bir ekonomik alan olduğundan, bu değişimlerden yoğun şekilde etkilenmektedir (De Freitas, 2003). Özellikle kıyı turizmi, kış turizmi ve doğa temelli turizm türleri, iklim koşullarına yüksek düzeyde bağımlı oldukları için, sıcaklık ve yağış değişimlerinden ciddi şekilde etkilenebilmektedirler. Bu nedenle iklim

değişikliğinin, turistlerin destinasyon tercihleri ve seyahat davranışları üzerindeki etkilerini anlamak, turizm planlaması açısından kritik öneme sahiptir.

Araştırmalar, iklimin destinasyon seçiminde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Hall ve Higham (2005), turistlerin seyahat kararlarını verirken iklim koşullarını dikkate aldıklarını ve bu koşulların destinasyon seçimi üzerinde doğrudan etkili olduğunu belirtmektedir. Higham ve Hall (2005) ise, iklimsel değişimlerin belirginleştiği durumlarda turistlerin mevcut seyahatlerini iptal etmek yerine, benzer iklim koşullarına sahip alternatif destinasyonlara yönelme eğiliminde olduklarını vurgulamaktadır. Bu durum, iklimin turizm üzerinde mekânsal bir etkisi olduğunu ortaya koyarken, destinasyon yönetimi açısından iklim duyarlı turizm planlamasının önemini de güçlendirmektedir.

Birleşmiş Milletler Dünya Turizm Örgütü (UNWTO), sürdürülebilir turizmin yalnızca çevresel korumayı değil, aynı zamanda ekonomik toparlanma süreçlerini destekleyen stratejik bir araç olduğunu ifade etmektedir (UNWTO, 2021). Bu doğrultuda, “Şehirleri Dayanıklı Hale Getirmek 2030” girişimi, şehirlerin kapsayıcı, güvenli ve sürdürülebilir hale gelmesini hedefleyen Küresel Amaçlar SDG11 ile doğrudan ilişkilidir (BM Komisyonu, 2023). Böylece bu tür uluslararası girişimler, turizm politikalarının şehirler ve bölgeler düzeyinde iklim değişikliğiyle uyumlu ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle Türkiye gibi Akdeniz iklim kuşağındaki ülkelerde, artan sıcaklıklar, su kıtlığı, orman yangınları ve deniz seviyesindeki yükselme gibi etkiler, turizm planlamasının iklim değişikliği bağlamında değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Sonuç olarak, iklim değişikliğinin turizm sektörü üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, destinasyon bazlı turizm planlamasının, yalnızca doğal kaynakların korunmasını değil, aynı zamanda iklim değişikliğine uyum sağlayan ve uzun vadede dayanıklılığı artıran stratejileri içerecek şekilde yapılandırılması gerekmektedir (BM Komisyonu, 2023; UNWTO, 2021).

Turizm Planlaması

Planlama, insanlık tarihi boyunca belirli hedeflere ulaşmak amacıyla gerçekleştirilen eylemlerin sistematik bir şekilde organize edilmesini ifade etmektedir. Nüfus artışı, teknolojik gelişmeler ve toplumlar arası karşılıklı bağımlılığın artması, farklı alanlarda ve ölçeklerde planlama ihtiyacını zorunlu kılmıştır (Turhan, 2024). Planlama süreci, yalnızca gelecekteki olayları öngörmeyi değil, aynı zamanda yaratıcı düşünme ve stratejik karar almayı da kapsamaktadır. Genel çerçevede planlama, üç temel niteliğe sahip olarak tanımlanabilir: geleceğe dönük bir tasarım sunması, belirli hedeflere ulaşmayı amaçlaması ve bu hedeflere yönelik sistematik bir eylem süreci oluşturması (Ersoy, 2007; İçöz vd., 2019; Turhan, 2024). Başka bir ifadeyle, planlama mevcut durum ile ulaşılması hedeflenen durum

arasında bir köprü işlevi görmektedir (Değirmenci, 1994; NCERT, 2023; Podol, 1962).

Turizm planlaması, genel planlama yaklaşımlarının turizm sektörüne uygulanması olarak özetlenebilir (Inskeep, 1991). Pearce (1989)'a göre, turizm planlaması, hem insan refahını hem de çevresel sürdürülebilirliği en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen, araştırma ve değerlendirmeye dayalı bir süreçtir (Mercan, 2010). Daha geniş bir perspektifle turizm planlaması, turizm alanında ulaşılması hedeflenen amaçları, kullanılabilecek yöntemleri, mevcut kaynakları ve yürütülecek faaliyetleri sistemli bir şekilde ortaya koyan bir düzenleme sürecidir.

Turizm planlaması, çeşitli nedenlerden dolayı stratejik bir öneme sahiptir. Başlangıçta dar ve yerel ölçekte uygulanan planlama, turist hareketliliğinin artmasıyla birlikte bölgesel ve ulusal ölçeğe taşınmıştır. Bu genişleme, planlamayı sektördeki sürdürülebilirliğin sağlanması açısından vazgeçilmez bir araç hâline getirmiştir. Etkili bir turizm planlaması, doğal ve kültürel kaynakların korunmasını sağlarken, bu kaynaklardan yerel halkın da maksimum düzeyde fayda elde etmesine katkıda bulunmaktadır (Türkmen ve Dönmez, 2015). Bu hedefe ulaşmak ise kapsamlı bir turizm gelişim ve yönetim planı ile mümkün olmaktadır (Kurt Konakoğlu, 2018).

Planlama sürecinin önemi, turist tercihleri ve talep dinamiklerinin zaman içinde değişmesiyle daha da artmaktadır. Turizm planlaması, yeni destinasyonların yaratılmasını desteklerken, ekonomik canlılığını kaybeden mevcut destinasyonların yeniden canlandırılmasına da olanak tanımaktadır. Temel amaç, gelecekteki potansiyel talep eğilimlerini öngörmek ve turistik arzı bu taleplerle uyumlu hâle getirmektir. Bununla birlikte, fiziksel altyapının geliştirilmesi ve hizmet sunumunda uygulanacak uygun kontroller hem yerel halkın hem de ziyaretçilerin memnuniyet düzeylerini artırmaktadır. Literatürde, etkin bir turizm planlamasının turizm ürününü daha faydalı, çekici ve sürdürülebilir hâle getirdiğine dair pek çok bulgu yer almaktadır (Kurt Konakoğlu, 2018; Turhan, 2024; Williams, 1998).

Turizm planlaması, uygulandığı ölçeğe bağlı olarak bölge içi, ulusal, bölgesel, kentsel ve sektörel düzeylerde sınıflandırılmaktadır. Ayrıca, büyüklük açısından uluslararası, ulusal, bölgesel, yerel ve işletme ölçekli; süre bakımından kısa, orta ve uzun vadeli; kapsam açısından ise kurumsal planlar, fiziksel düzenlemeleri içeren planlar, faaliyet odaklı planlar ve entegre (bütünleşik) planlar şeklinde kategorize edilmektedir (İçöz vd., 2002; Kurt Konakoğlu, 2018; Pearce, 1989; Usta, 2008).

Bununla birlikte, turizm planlamasına duyulan ihtiyaç, diğer kalkınma stratejilerine kıyasla her zaman doğrudan fark edilmese de turizm faaliyetlerinin artışı çeşitli çevresel ve sosyal sorunları gündeme getirmiştir (Kurt Konakoğlu, 2018; Turhan, 2024). Eksik veya etkisiz planlama, doğal ve kültürel değerlerin tahribatı, kıyı alanlarında kirlilik, toprak kaybı, yeşil-mavi altyapı ve yaban hayatı

üzerindeki olumsuz etkiler ile ekosistem bozulmaları gibi sonuçlara yol açabilmektedir (Gunn ve Var, 2020).

Günümüzde iklim değişikliği, turizm planlaması üzerinde doğrudan etkili olan yeni bir değişken olarak öne çıkmaktadır. Artan sıcaklıklar, ekstrem hava olayları, su kıtlığı ve deniz seviyesindeki yükselmeler, turistik altyapının planlanmasında esneklik ve dayanıklılık gerektirmektedir. Bu bağlamda, turizm planlaması artık yalnızca ekonomik ve fiziksel kaynaklara odaklanmamakta; aynı zamanda iklim değişikliğine uyum sağlayan, çevresel sürdürülebilirliği güçlendiren ve risk yönetimini bütüncül şekilde ele alan stratejik bir yaklaşım gerektirmektedir. Planlama süreçlerinde biyoklimatik konforun sağlanması, yeşil ve mavi altyapının entegrasyonu ile turizm destinasyonlarının uzun vadeli çekiciliği korunabilmektedir. Dolayısıyla, iklim değişikliğinin getirdiği belirsizlikler ve riskler, turizm planlamasında proaktif, esnek ve sürdürülebilir yaklaşımların benimsenmesini zorunlu kılmaktadır.

Türkiye’de Turizm Gelişimi ve Planlama Yaklaşımları

Türkiye, sahip olduğu zengin doğal ve kültürel miras sayesinde uluslararası ölçekte önemli bir turizm destinasyonu olarak öne çıkmaktadır. Turizm sektörü, özellikle 1980 sonrası dönemde hızlı bir gelişim göstermiş; kamu yatırımları, devlet politikaları ve sektöre ayrılan sermaye ile desteklenmiştir. 1990’lı yıllarda artan yabancı turist sayısı ve sağlanan döviz girdisi, turizmi Türkiye ekonomisinin stratejik bir sektörüne dönüştürmüştür (Çallı, 2015; Okuyucu ve Somuncu, 2018).

Başlangıçta Türkiye’de turizm gelişimi daha çok kitle turizmi ve ekonomik kalkınma odaklı bir yaklaşımla yürütülmüş, çevresel ve sosyal etkiler yeterince dikkate alınmamıştır. Ancak zamanla sürdürülebilirlik ilkeleri benimsenmiş, koruma-kullanma dengesi, yerel halkın katılımı ve kültürel mirasın korunması gibi unsurlar politika ve planların merkezine taşınmıştır (Aygün ve Baycan, 2020). 2000’li yıllarla birlikte turizmde çeşitlendirme stratejileri öne çıkmış; yerel yatırımlar teşvik edilmiş ve alternatif turizm türleri geliştirilmiştir. Doğa turizmi, kırsal turizm, kongre turizmi, sağlık ve termal turizm gibi alanlar, planlama sürecinde öncelikli hale gelmiştir (Soyak, 2013).

Türkiye’de turizm planlaması, başlıca üç ulusal belge çerçevesinde şekillenmiştir:

- Türkiye Turizm Stratejisi 2023 ve Eylem Planı (2007–2013),
- 10. Kalkınma Planı (2014–2018)
- Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi (2014–2023)

Türkiye Turizm Stratejisi 2023, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımını benimseyerek, turizmin yıl geneline yayılması ve bölgesel kalkınmada öncü sektör hâline gelmesini hedeflemiştir. Strateji kapsamında, farklı turizm türleri ve turizm

koridorları tanımlanmış; Artvin-Trabzon-Rize ekseninde “Yayla Turizm Gelişim Koridoru”, Bursa ve çevresinde “Zeytin Koridoru”, Mersin-Şanlıurfa-Mardin hattında “İnanç Turizmi Koridoru” gibi güzergâhlar planlanmıştır (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2007).

Kalkınma Planı (2014–2018), turizmi ekonomik büyüme, istihdam yaratma ve cari açığın azaltılması açısından stratejik bir sektör olarak tanımlamış; mevsimsellik etkisinin azaltılması, gelir düzeyi yüksek turistlerin çekilmesi ve turizmin çeşitlendirilmesi öncelikli hedefler arasında yer almıştır. Kültür turizmi, ileri yaş turizmi, termal ve kongre turizmi gibi alanlar teşvik edilmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2013). Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi (2014–2023) ise turizmi yerel kalkınmada öncelikli bir sektör olarak ele almış; çevreye duyarlı uygulamaların teşvik edilmesi, yerel halkın sektöre entegrasyonu ve eko-turizm bölgelerinin geliştirilmesi gibi yaklaşımları öne çıkarmıştır (Kalkınma Bakanlığı, 2014).

Türkiye’de ayrıca iller bazında Doğa Turizmi Ana Planları hazırlanmış ve doğal, kültürel ve sosyo-ekonomik değerlerin envanteri çıkarılarak turizm potansiyeli analiz edilmiştir. Bu çalışmalar, kırsal alanların ve yaylaların turizme kazandırılması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması açısından kritik öneme sahiptir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2013; Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013). Bölgesel ve alt bölgesel düzeyde hazırlanan master planlar ise turizm çeşitlendirmesi, rekabet gücü artırma ve yıl geneline yayılma hedeflerini içermektedir. Örneğin, Fırat Kalkınma Ajansı’nın TRB1 Sürdürülebilir Turizm Stratejisi ve Eylem Planı (2012), Güney Ege Turizm Strateji Belgesi (GEKA, 2012) ve GAP Turizm Master Planı (2011) bu çerçevede geliştirilmiştir.

Bununla birlikte, Türkiye’deki turizm planlamasında iklim değişikliğinin etkilerinin yeterince dikkate alınmadığı gözlemlenmektedir. Doğu Karadeniz Turizmi 2023 Stratejisi (DOKA), iklim değişikliğini bölgesel turizm için bir tehdit olarak tanımlamakla birlikte, somut önleyici politikaların geliştirilmesi sınırlı kalmıştır. Benzer şekilde, Uzundere Turizm Ana Planı su sporlarına dayalı turizm faaliyetlerinin iklim değişikliği nedeniyle risk altında olabileceğini belirtmekte, ancak bu risklere karşı kapsamlı bir strateji önermemektedir. Hatay Turizm Stratejisi ve Eylem Planı (2012) çevre kalitesi, yeşil alanlar ve enerji verimliliği gibi kavramları planlamaya entegre etmeye çalışsa da genel olarak iklim değişikliğinin turizm üzerindeki uzun vadeli etkileri yeterince ele alınmamıştır (Aygün ve Baycan, 2020).

Sonuç olarak, Türkiye’de turizm planlaması son yıllarda sürdürülebilirlik, çeşitlendirme ve bölgesel kalkınma odaklı bir anlayışla gelişmiş olmasına rağmen, iklim değişikliğinin turizm sektörü üzerindeki etkileri hâlâ sınırlı bir perspektifle değerlendirilmektedir. Geleceğe dönük planlamalarda, iklim değişikliğine uyum sağlayan, çevresel ve ekonomik dayanıklılığı artıran stratejik yaklaşımların

benimsenmesi, Türkiye'nin turizm sektörünün sürdürülebilirliği açısından kritik bir gerekliliktir (UNWTO, 2021; IPCC, 2022).

Yeşil Altyapı Yaklaşımları ile Turizm Planlamasında İklim Uyumu

Yeşil altyapı, doğal ve yarı doğal alanların birbirleriyle bağlantılı biçimde planlandığı, ekosistem hizmetleri sunan ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyen çok işlevli alanlar bütünüdür (Baylan ve Demir, 2020; Benedict ve McMahon, 2001). Bu sistemler, kentsel ve kırsal alanlarda ekolojik sürekliliği sağlamak, biyolojik çeşitliliği korumak ve çevresel riskleri azaltmak amacıyla planlanmaktadır. Yeşil altyapı, iki temel bileşenden oluşur: merkezler ve bağlantılar. Merkezler, yaban hayatı için yaşam alanı sağlayan ve ekolojik süreçlerin başlangıç veya sonlandığı sabit alanlardır; parklar, doğal koruma alanları ve rezervler bu kategoride yer almaktadır. Bağlantılar ise bu merkezler arasında biyolojik sürekliliği sağlayan koridorlar olup peyzaj bağlantıları ve yeşil yolları kapsamakta ve hem canlıların hareketliliğini hem de ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğini güvence altına almaktadır (Benedict ve McMahon, 2001).

Kentleşmenin yol açtığı çevresel baskılar ve iklim değişikliğinin ortaya çıkardığı riskler, yeşil altyapının stratejik önemini artırmaktadır. Ancak günümüzde özellikle kent merkezlerinde açık ve yeşil alanların hem yatay hem de düşey yönde giderek azaldığı görülmekte olup (Öztürk ve Özdemir, 2013), bu durum ısı adası etkisinin azaltılması, su yönetiminin sürdürülebilir hale getirilmesi, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve karbon tutumunun sağlanması gibi ekosistem hizmetlerinin etkin biçimde sağlanmasında yeşil altyapının rolünü daha da kritik hâle getirmektedir (Coşkun Hepcan, 2019; Hewitt vd., 2020; MEA, 2005; Patrick ve Kinney, 2008). Ağaçlar, parklar ve geniş yeşil alanlar, kent içi sıcaklıkların düşürülmesinde ve ısı adası etkisinin azaltılmasında kritik rol oynarken (Emmanuel ve Loconsole, 2015; Zölch vd., 2016), geçirgen yüzeyler, yağmur bahçeleri ve biyo-filtre sistemler sel riskini azaltmakta ve su döngüsünün doğa dostu yönetimini desteklemektedir (ARUP, 2016; Ciria, 2013; Rodriguez vd., 2014; Wong, 2011).

Yeşil altyapı, turizm destinasyonlarında da kritik bir rol üstlenmektedir. Turistik alanlarda yoğun kullanım ve yüksek ziyaretçi sayısı, doğal peyzajın bozulmasına ve ekosistemlerin taşıma kapasitesinin aşılmasına yol açabilmektedir. Bu noktada yeşil altyapı sistemleri, kontrollü erişim ve yönlendirme mekanizmaları ile ziyaretçilerin doğayla sürdürülebilir bir etkileşim kurmasını sağlamaktadır (Boley ve Green, 2016). Örneğin, ekolojik yürüyüş parkurları ve doğa temelli bisiklet yolları hem ziyaretçi deneyimini zenginleştirmekte hem de doğal alanların tahribatını azaltmaktadır (Tzoulas vd., 2007; Benedict ve McMahon, 2006).

Dünya genelindeki başarılı uygulamalar, yeşil altyapının turizm destinasyonlarında sürdürülebilirliği ve çekiciliği artırmadaki etkinliğini

göstermektedir. Singapur'daki Gardens by the Bay projesi, dikey bahçeler ve doğal su yönetimi sistemleriyle hem estetik değeri yükseltmekte hem de kentsel ekosistemleri desteklemektedir (Wong, 2011). Hollanda'nın Rotterdam kentindeki yeşil çatı uygulamaları, mikroiklimin iyileştirilmesi ve turistik güzergahların oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (ARUP, 2016). Almanya'nın Münih kentindeki İngiliz Bahçesi ise doğal yürüyüş yolları ve biyolojik göletler aracılığıyla ekoturizm ve rekreasyon olanaklarını bir araya getirmektedir (Benedict ve McMahon, 2006). İsveç'in Göteborg kenti, düşük karbonlu ulaşım sistemleri ve yeşil alan planlamaları ile çevreci turizmin öncüsü olurken (Kostopoulou, 2013), Kosta Rika'daki milli parklar ve koridorlar ekoturizmi desteklerken biyolojik çeşitliliğin korunmasına hizmet etmektedir (Boley ve Green, 2016). Milano'daki Bosco Verticale projesi ise yeşil altyapının estetik ve işlevsel potansiyelini birleştirerek kentsel turizmde sürdürülebilir bir örnek sunmaktadır (Tzoulas vd., 2007).

Turizm ve iklim değişikliği arasındaki ilişki göz önünde bulundurulduğunda, yeşil altyapının önemi daha da belirginleşmektedir. İklim değişikliği, sıcaklık artışları, yağış düzensizlikleri, deniz seviyesi yükselmesi ve aşırı hava olayları gibi etmenlerle turizm destinasyonlarının çekiciliğini ve işletme sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (IPCC, 2022; UNWTO, 2021). Bu kapsamda yeşil altyapı, iklim değişikliğine uyum sağlayan bir araç olarak değerlendirilmektedir; sel ve taşkın risklerini azaltmak, sıcaklık dalgalanmalarını dengelemek ve ekosistem dayanıklılığını artırmak bu kapsamda öne çıkan stratejik faydalardır (MEA, 2005; Hewitt vd., 2020; Güneş Şen, 2023).

Sonuç olarak, turizm destinasyonlarında yeşil altyapının planlı ve stratejik kullanımı, doğal ve kültürel peyzajın korunmasını sağlarken, destinasyonların rekabet gücünü ve turistik çekiciliğini artırmaktadır. Yeşil altyapının sosyal, ekonomik ve ekolojik faydaları dikkate alınarak destinasyon yönetim planlarına entegre edilmesi, turizm planlamasında iklim değişikliğine uyum sağlayan sürdürülebilir bir yaklaşımın temel unsuru olarak görülmelidir (Cooper vd., 2008; UNWTO, 2015).

Turizm Planlamasında Biyoklimatik Konfor ve Mekânsal Analiz Yaklaşımları

Biyoklimatik konfor, bireylerin çevresel koşullara minimum enerji harcayarak uyum sağlayabildiği ve fizyolojik olarak termal dengeyi koruyabildiği durumları ifade etmektedir (Çetin vd., 2010; Güngör ve Polat, 2012; Olgyay, 1973). Başka bir deyişle, bireylerin herhangi bir ısı stresi yaşamadan bulunduğu ortamı tolere edebilmesi, biyoklimatik konforun temel ölçütüdür (Çınar, 2004; Altunkasa, 1987). Bu kavram, yalnızca bireysel sağlık açısından değil, kamusal alanların planlanması,

rekreasyon ve turizm mekânlarının tasarımı açısından da kritik bir öneme sahiptir (Olgyay, 2015).

Biyoklimatik konforun değerlendirilmesi, temel olarak iklim değişkenlerinin sistematik ölçümüne dayanmaktadır. Bu değişkenler arasında hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr hızı, yağış miktarı ve güneşlenme süresi başlıca parametrelerdir. Araştırma ölçeğine bağlı olarak bulutluluk oranı, yağış türü, rüzgâr yönü ve güneşli gün sayısı gibi ek faktörler de analiz kapsamına dahil edilebilmektedir (Kestane ve Ülgen, 2013; Topay ve Yılmaz, 2004). Literatürdeki çalışmalara göre, açık alanlarda biyoklimatik konforun sağlanması için ideal değerler hava sıcaklığı 21–27,5°C, bağıl nem %30–65 ve rüzgâr hızı 5 m/s'den düşük olarak öngörülmektedir (Çetin vd., 2010; Olgyay, 1973).

Turizm planlamasında biyoklimatik konfor, destinasyon tercihlerini, kalış sürelerini ve turizm sezonlarının uzunluğunu doğrudan etkileyen önemli bir çevresel faktördür. İklim değişikliği, bu konfor koşullarını bozarak bazı bölgelerde turizm potansiyelini azaltırken, bazı bölgelerde yeni fırsatlar yaratmaktadır (Demiroğlu vd., 2020; Rutty vd., 2020). Örneğin, Akdeniz bölgesinde artan sıcaklıklar yaz aylarında biyoklimatik konforu düşürmekte, Karadeniz ve İç Anadolu bölgelerinde ise yeni turizm fırsatlarının doğmasına olanak tanımaktadır. Bu durum, turizm planlamasında mekânsal analizlerin ve CBS tabanlı modellerin önemini artırmaktadır.

Biyoklimatik konfor, turizm türüne göre farklı etkiler yaratmaktadır. Plaj turizmi için yüksek sıcaklıklar cazip olabilirken, kültürel veya doğa temelli turizm için aşırı sıcaklık olumsuz bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, destinasyonların mevcut ve gelecekteki iklim koşullarının biyoklimatik parametreler üzerinden değerlendirilmesi, sürdürülebilir turizm planlaması açısından kritik bir gerekliliktir. Konfor analizleri, yalnızca meteorolojik verilerle sınırlı kalmayıp, algısal, fizyolojik ve davranışsal boyutları da kapsayan çok disiplinli bir yaklaşımı gerektirmektedir.

Termal konfor endeksleri (TCI, PET, HCI gibi) bu bağlamda önemli araçlar sunmaktadır. Örneğin, HCI:Beach, Çin sahil destinasyonlarında TCI'ye kıyasla turist davranışlarını daha doğru yansıtmış; özellikle yaz aylarında TCI'nin fazla iyimser sonuçlar verdiği, HCI'nin ise gerçek turist eğilimlerini daha iyi yansıttığı belirlenmiştir (Tang vd., 2017). Benzer şekilde, Avrupa kentlerinde HCI:Urban, TCI'ye göre mevsimsel ziyaretçi dağılımlarını daha güvenilir şekilde göstermiştir (Scott vd., 2016). Endonezya'daki Borobudur Tapınağı örneğinde ise HCI, turist sayılarıyla yüksek korelasyon göstererek destinasyon yönetiminde daha güvenilir bir veri sağlamıştır (Adawiyah vd., 2023). Bu bulgular, HCI'nin iklim-turizm ilişkisini değerlendirmede daha duyarlı, veri temelli ve turist odaklı bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

Biyoklimatik konfor analizleri, turizm destinasyonlarının iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesi açısından da kritik öneme sahiptir. Mevcut ve öngörülen iklim koşullarının mekânsal olarak analiz edilmesi, turizm sezonlarının yeniden planlanmasını, destinasyon yönetimi kararlarının şekillendirilmesini ve sürdürülebilir

turizm politikalarının oluşturulmasını sağlamaktadır (Olgyay, 2015; UNWTO, 2021). Ayrıca bu analizler, hangi bölgelerin gelecekte turizm açısından daha avantajlı olabileceğini bilimsel olarak ortaya koyarak yatırım ve altyapı planlamasına rehberlik etmektedir.

Sonuç olarak, biyoklimatik konfor, turizm planlamasında iklim değişikliğiyle uyumlu kararların alınmasında temel bir gösterge olarak değerlendirilmektedir. Destinasyon yönetim planlarına termal konfor endekslerinin entegrasyonu hem ziyaretçi deneyimini artırmak hem de iklim değişikliğinin turizm üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etmek için stratejik bir araç olarak kullanılmaktadır (Demiroğlu vd., 2020; Rutty vd., 2020). Bu yaklaşım, sürdürülebilir ve iklime duyarlı turizm planlamasının vazgeçilmez bir bileşenini oluşturmaktadır.

Değerlendirme ve Sonuç

İklim değişikliği, turizmin geleceğini belirleyen en kritik çevresel süreçlerden biri olarak, sektördeki planlama anlayışını kökten dönüştürmektedir. Turizm faaliyetleri hem iklim değişikliğinin sebeplerinden biri olarak hem de bu değişimlerin doğrudan etkilerine maruz kalan bir sektör olarak çift yönlü bir rol üstlenmektedir. Bu çerçevede, turizm planlamasının artık yalnızca ekonomik getiriye hedefleyen bir faaliyet olmaktan çıkıp, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim uyumu perspektifiyle yeniden tanımlanması gerekmektedir.

Bu çalışmada ortaya koyulan kuramsal çerçeve, iklim değişikliği ile turizm ilişkisini çok boyutlu bir bakış açısıyla ele almıştır. Türkiye özelinde yapılan değerlendirmeler, farklı iklim bölgelerinde meydana gelen değişimlerin destinasyon tercihlerini, turizm sezonlarını ve ziyaretçi davranışlarını doğrudan etkilediğini göstermektedir (Demiroğlu vd., 2020; Rutty vd., 2020). Bu durum, bölgesel ve mekânsal planlama süreçlerinde iklim duyarlılığının temel bir parametre olarak ele alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Sürdürülebilir turizm yaklaşımının merkezinde yer alan yeşil altyapı uygulamaları, iklim değişikliğine karşı hem koruyucu hem de uyumlaştırıcı bir rol üstlenmektedir. Doğa temelli çözümler, ekosistem hizmetlerinin sürekliliğini sağlayarak turizm faaliyetlerinin çevresel baskısını azaltmaktadır (Benedict ve McMahon, 2001; Hewitt vd., 2020). Bu çerçevede, yeşil altyapı yalnızca çevresel bir koruma aracı değil, aynı zamanda turizmin rekabet gücünü artıran stratejik bir planlama bileşeni olarak değerlendirilmektedir. Bölgesel ölçekte hazırlanacak Yeşil Altyapı Ana Planları, biyolojik çeşitlilik koridorları, karbon yutak alanları, su döngüsü destek sistemleri ve habitat bağlantı alanlarını içermeli ve mikro-mekânsal planlama stratejilerine üst ölçek referansı sağlamalıdır (MEA, 2005; ARUP, 2016).

Biyoklimatik konfor kavramı ise turizmin mekânsal planlamasında bilimsel ve yönlendirici bir ölçüt olarak öne çıkmaktadır (Olgyay, 1973; Çetin vd., 2010). İnsanların

termal konforunu belirleyen sıcaklık, nem, rüzgâr ve güneşlenme gibi parametrelerin mekânsal analizi, destinasyonların kullanım yoğunluklarını, turizm sezonlarını ve açık alan tasarımlarını planlamada kritik bir araçtır (Topay ve Yılmaz, 2004; Tang vd., 2017). Özellikle senaryo temelli biyoklimatik konfor modellemeleri, sadece mevcut koşulları değil, farklı iklim senaryoları (ör. RCP 4.5 ve RCP 8.5) üzerinden gelecek 20–30 yıllık süreçte beklenen sıcaklık artışları, nem değişimleri ve ekstrem hava olaylarının mekânsal etkilerini simüle ederek planlamaya temel teşkil etmelidir (Adawiyah vd., 2023).

Biyoklimatik konfor haritalarının, nazım imar planları, çevre düzeni planları ve koruma amaçlı planlar ile entegre edilmesi, açık alan düzenlemeleri, ulaşım koridorları ve turizm gelişim alanlarının belirlenmesinde karar destek aracı olarak kullanılması sağlanmalıdır. Aynı zamanda arazi örtüsü değişim senaryolarının (CORINE, LULC) planlama süreçlerine dahil edilmesi, yeşil alanların azalması, kentsel yayılım ve tarım alanlarının dönüşümü gibi risklerin önceden öngörülmesine olanak tanıyacak olacaktır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013).

Turizm destinasyonlarında iklimle uyumlu planlama kriterleri, biyoklimatik konforun mevsimsel değişimini dikkate alarak yoğunluk ve açık alan tasarımlarını belirlemeyi gerektirmektedir. Özellikle yaz aylarında ısı adası etkisini azaltacak gölgelendirme sistemleri, doğal hava akımı sağlayacak yeşil koridorlar ve mikro-mekânsal iklim düzenleyici önlemler standartlaştırılmalıdır (Emmanuel ve Loconsole, 2015; Zölch vd., 2016). Ayrıca, planlama mevzuatına biyoklimatik veriler ve yeşil altyapı göstergeleri entegre edilerek, bu kriterlerin plan onay ve revizyon süreçlerinde zorunlu bileşen haline getirilmesi gerekmektedir.

Senaryo temelli planlama süreçlerinin etkinliği uyum izleme ve takip mekanizmaları ile sağlanmalıdır. Biyoklimatik ve arazi örtüsü verileri belirli aralıklarla güncellenmeli ve planlar bu güncellenmiş verilere göre revize edilmelidir. Planlama performansı, yalnızca yapılaşma oranları ile değil; konfor düzeyi artışı, yeşil altyapı sürekliliği, karbon dengeleme kapasitesi gibi sürdürülebilirlik göstergeleriyle değerlendirilmelidir (Boley ve Green, 2016; Kostopoulou, 2013).

Sonuç olarak, turizm sektörü iklim değişikliğinin etkileriyle hem risk hem de fırsat barındıran bir alan olarak öne çıkmaktadır. Planlama süreçlerinin iklim verileri, biyoklimatik konfor analizleri, yeşil altyapı stratejileri ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle bütünleştirilmesi, geleceğin turizm politikalarının temelini oluşturacaktır. Bu bağlamda, politika yapıcılarının ve yerel yönetimlerin turizmi iklim uyum planlarının ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirmesi hem çevresel adalet hem de sektörel dayanıklılık açısından kaçınılmazdır.

Bu bütüncül yaklaşım, turizmi doğa ile uyumlu bir süreç olarak yeniden tanımlamakta ve ekonomik büyüme, çevresel sürdürülebilirlik ve toplumsal refahı bir arada gözeten planlama modellerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Kaynaklar

- Adawiyah, R., Santosa, H., & Ardi, R. (2023). Assessing tourism climate comfort using TCI, HCI, and THI indices in Borobudur, Indonesia. *Geographia Technica*, 18(1), 42–56. https://doi.org/10.21163/GT_2023.181.04
- Adiguzel, F., Bozdoğan Sert, E., Dinc, Y., Cetin, M., Gungor, S., Yuka, P., ... & Vural, E. (2022). Determining the relationships between climatic elements and thermal comfort and tourism activities using the tourism climate index for urban planning: a case study of Izmir Province: Tourism climate index for urban planning. *Theoretical and Applied Climatology*, 147(3), 1105-1120.
- Altunkasa, M. F. (1987). Çukurova Bölgesinde Biyoklimatik Veriler Kullanılarak Açık Ve Yeşil Alan Sistemlerinin Belirlenmesi İlkeleri Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
- ARUP (2016). Cities Alive. Towards a walking world. Retrieved from <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-towards-a-walking-world>
- Aydın, M., Güneş Şen, S., & Celik, S. (2018). Throughfall, stemflow, and interception characteristics of coniferous forest ecosystems in the western black sea region of Turkey (Daday example). *Environmental monitoring and assessment*, 190(5), 316
- Aygün, Ö., & Baycan, T. (2020). Türkiye turizm stratejisi 2023'ün sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. Mekân: İnsan, Toplum, Politika, *Mekân Dergisi*, 3(1), 69–90. <https://doi.org/10.53049/me kan.2020.21233>
- Baç, B., & Güneş Şen, S. (2025). Impacts of Recreational Use on Soil Dynamics in Kastamonu Urban Forest. *MEMBA Water Sciences Journal*, 11,(2) 249-262
- Baylan, E., & Demir, A. (2020). Yeşil Altyapı Sisteminde Sulak Alanlar; Dönemeç Deltası (Van)-Örneği. *Peyzaj*, 2(1), 46-56.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2001). Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century, Sprawl Watch Clearinghouse, Washington.
- Bode, S., Hapke, J., & Zisler, S. (2003). Need and options for a regenerative energy supply in holiday facilities. *Tourism Management*, 24(3), 257-266.
- Boley, B. B., & Green, G. T. (2016). Ecotourism and natural resource conservation: The “potential” for a sustainable symbiotic relationship. *Journal of Ecotourism*, 15(1), 36-50.
- Clements, M. A., & Georgiou, A. (1998). The impact of political instability on a fragile tourism product. *Tourism Management*, 19(3), 283-288.
- Cooper, C., Fletcher, J., Fyall, A., Gilbert, D., & Wanhill, S. (2008). Tourism: Principles and Practice (4th ed.). Pearson Education.
- Coşkun Hepcan, Ç., (2019). Kentlerde İklim Değişikliği ile Mücadele İçin Yeşil Altyapı Çözümleri. İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (iklimİN), Ankara, ss:37

- Çallı, M. (2015). Türkiye'de turizm planlaması ve gelişimi. *Turizm Akademik Dergisi*, 2(1), 15–28.
- Çetin, M., Topay, M., Kaya, L. G., & Yılmaz, B. (2010). Biyoiklimsel Konforun Peyzaj Planlama Sürecindeki Etkinliği: Kütahya Örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 1(1), 83–95–95. <https://doi.org/10.18182/tjf.29063>
- Çiloğlu, S., & Güneş Şen, S. (2025). Forest Fire Impacts on Water Quality: The Taşköprü Case. *Turkish Journal of Forestry*, 26(3), 342–352.
- Çınar, İ., (2004). Biyoklimatik Açıdan Konfor Ölçütlerinin Planlama Sürecinde Etkinliği Üzerinde Muğla-Karabağlar Yaylası Örneği Araştırmalar. Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Peyzaj Mimarlığı. İzmir.
- De Freitas, C. R. (2003). Tourism climatology: Evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*, 48(1), 45–54. <https://doi.org/10.1007/s00484-003-0177-z>
- Değirmenci, T. (1994). Planlama, planlamada kullanılan teknikler ve bir uygulama Araştırması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Demir İ., Kılıç G., & Coşkun M. (2008). Precip Bölgesel İklim Modeli ile Türkiye için İklim Öngörüler: HaDAMP3 SRES A2 Senaryosu, *IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, Bildiriler Kitabı, 365-373. İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 25-28 Mart 2008, İstanbul.
- Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioglu, O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A. & Akçakaya, A., (2014). Türkiye’de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları. *TÜCAUM-VIII. Geography Symposium*, Ankara.
- Demiroğlu, O.C., Araci, F.S.S., Pacal, A., Hall, C.M., & Kurnaz, M.L. (2020). Future Holiday Climate Index (HCI) performance of urban and beach destinations in the Mediterranean. *Atmosphere* 2020, 11, 911.
- Emmanuel, R., & Loconsole, A., (2015). Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK. *Landscape and Urban Planning*, 138(2015), pp;71-86.
- Ersoy, M. (2007). Kentsel planlama kuramları. İstanbul: İmge Kitapevi.
- Fielding, D., & Shortland, A. (2011). How do tourists react to political violence? An empirical analysis of tourism in Egypt. *Defence and Peace Economics*, 22(2), 217–243.
- Fletcher, J., & Morakabati, Y. (2008). Tourism activity, terrorism and political instability within the Commonwealth: The cases of Fiji and Kenya. *International Journal of Tourism Research*, 10(6), 537–556.
- Gunn, C. & Var, T. (2020). Tourism planning: Basics, concepts, cases. New York: Routledge.

- Gössling, S., & Hall, M. C. (2006). *Tourism and global environmental change*. Taylor & Francis.
- Guiot, J. & Cramer, W. (2016). Climate change: The 2015 Paris Agreement thresholds and mediterranean basin ecosystems. *Science*, 354, 465-468. 10.1126/science.aah5015.
- Güneş Şen, S. (2023). The Effect Of Climatic Parameters On The Sustainability Of Water Resources. *Sustainable Approaches in Forestry*, ISBN: 978-625- 6643-23-9, Duvar Publishing, 66-95.
- Güneş Şen, S. (2025a). Machine Learning-Based Water Level Forecast in a Dam Reservoir: A Case Study of Karaçomak Dam in the Kızılırmak Basin, Türkiye. *Sustainability*, 17(18), 8378
- Güneş Şen, S. (2025b). Bridging Urban Climate Mitigation and Adaptation: A Local Governance Framework for Water Resilience. *Orman Mühendisliği Alanında Güncel Araştırmalar ve Yaklaşımlar..* ISBN:978-625-5698-56-8, Duvar Yayınları, 115-138.
- Güngör, S., ve Polat, A. T., 2012. Bioklimatik konfor ve bioklimatik konfora sahip alanların coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tespitinde kullanılan yöntemler üzerine bir araştırma. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, 8-13.
- Hall, C. M., & Higham, J. (2005). Tourism, recreation and climate change. In C. M. Hall & J. Higham (Eds.), *Tourism, recreation and climate change* (pp. 15–27). Channel View Publications.
- Hewitt, C. N., Ashworth, K., and MacKenzie A. R., (2020). Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ). *Ambio* (49), pp; 62–73.
- Inskeep, E. (1991). *Tourism planning: an integrated and sustainable development approach*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Matzarakis, A. (2007). Climate, thermal comfort and tourism. *Climate change and tourism-assessment and coping strategies*, 139-154.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Opportunities and Challenges for Business and Industry*. World Resources Institute, Washington, DC.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2018). Global climate change vital sciences of the planet, sea level. <http://climate.nasa.gov/vital-signs/sealevel/> (Erişim Tarihi: 15.04.2025)
- NCERT, (2023). National Council Of Educational Research & Training, Business studies I, Chapter 4 Planning. 17 Ocak 2023 tarihinde <https://ncert.nic.in/textbook.php?lebsl=4-8> adresinden erişildi.
- Oğur, A. A. (2023). Application of Holiday Climate Index (HCI): Urban to Potential Alternative Tourism Attractions. *Current Urban Studies*, 11(3), 497-520.

- Okuyucu, A., & Somuncu, M. (2018). Türkiye’de turizm gelişimi ve planlama süreçleri. *Ankara Üniversitesi Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(1), 45–62. https://doi.org/10.1501/Cogbil_00000000273
- Olgay, V. (2015). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press.
- Olgay, V., (1973). *Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism* Princeton University Press. In Princeton, New Jersey.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2013). *Doğa Turizmi Ana Planları 2013*. Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı Yayınları.
- Önen, M. O., 2008. Dünyada ve Türkiye’de Turizm, Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü, Türkiye Kalkınma Bankası A. Ş., Ankara
- Öztürk, S., & Enez, K. (2015). Determination of the perceptions of secondary education students towards environment and nature. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 16(2), 723-732.
- Öztürk, S., & Özdemir, Z. (2013). Kentsel Açık ve Yeşil Alanların Yaşam Kalitesine Etkisi “Kastamonu Örneği”. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 13(1), 109-116.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report*. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Summary for policymakers. V. Masson Delmotte ve diğerleri (Ed.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change içinde*. Cambridge University Press. In Press. Erişim adresi: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf (Erişim Tarihi: 18.04.2025)
- İçöz, O., Var, T. & İlhan, İ. (2002). *Turizm Planlaması ve Politikası*, Turhan Kitabevi, Ankara, 355 s.
- İçöz, O., Var, T., & İlhan, İ. (2019). *Turizm planlaması ve politikası: Turizmde bölgesel planlama*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Kalkınma Bakanlığı. (2013). *Onuncu Kalkınma Planı (2014–2018)*. Ankara: T.C. Kalkınma Bakanlığı. Erişim adresi: https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Onuncu_Kalkinma_Plani-2014-2018.pdf (Erişim Tarihi: 18.04.2025)
- Kalkınma Bakanlığı. (2014). *Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi (2014–2023)*. Ankara: T.C. Kalkınma Bakanlığı. Erişim adresi: https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/2014-2023_B%C3%B6lgesel_Geli%C5%9Fme_Ulusal_Stratejisi.pdf (Erişim Tarihi: 18.04.2025)

- Kostopoulou, S. (2013). On the revitalized waterfront: Creative milieu for creative tourism. *Sustainability*, 5(11), 4578-4593.
- Kurt Konakoğlu, S. S. (2018). Katılımcı Turizm Planlaması Yaklaşımı İle Amasya Kent Örneğinde Mekânsal Ve Senaryo Analizi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Doktora Tezi, Trabzon.
- Mercan, Ş. O. (2010). Sürdürülebilir Turizm Kapsamında Bölgesel Planlama ve Turistik Ürün Oluşumu: Altınoluk Örneği Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Patreik, L., & Kinney, ScD., (2008). Climate Change, Air Quality and Human Health. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5), 459-467.
- Pearce, D., (1989). Tourism Development, New York, John Wiley&Sons.
- Philander, S. G. (2008). Encyclopedia of global warming and climate change: AE, Climate Change and Effects, California: S. (Vol. 1). Sage.
- Podol, R. (1962). Sevk ve idarenin esasları, Ankara: TODAİE Yayınları.
- Rutty, M., Scott, D., Matthews, L., Burrowes, R., Trotman, A., Mahon, R. & Charles, A. (2020). An inter-comparison of the Holiday Climate Index (HCI: Beach) and the Tourism Climate Index (TCI) to explain Canadian tourism arrivals to the Caribbean. *Atmosphere*, 11, 412.
- Rodríguez, M. I., Cuevas, M. M., Martínez, G., & Moreno, B. (2014). Planning Criteria for Water Sensitive Urban Design. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 191, pp;1579-1591.
- Scott, D. G., & Gosling, H. J. (2015). A little bit of knowledge is a bad thing: Reflections on TC Tourism. *European Group Newsletter*, 9.
- Scott, D., Hall, C. M., & Stefan, G. (2012). *Tourism and climate change: Impacts, adaptation and mitigation*. Routledge.
- Scott, D., Rutty, M., Amelung, B., & Tang, M. (2016). An inter-comparison of the holiday climate index (HCI) and the tourism climate index (TCI) in Europe. *Atmosphere*, 7(6), 80.
- Soyak, B. (2013). Türkiye Turizm Stratejisi 2023 ve alternatif turizm potansiyelinin değerlendirilmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 10(2), 347-360.
- Şen, Ö. L., (2013). Türkiye’de İklim Değişikliğinin Bütünsel Resmi. *III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi*, TİKDEK, İstanbul
- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2007). *Türkiye Turizm Stratejisi 2023 ve Eylem Planı 2007-2013*. Ankara. <https://www.ktb.gov.tr/TR-96696/turkiye-turizm-stratejisi.html> (Erişim Tarihi: 11.04.2025)
- Tang, Z., Wang, L., & Wang, X. (2017). An evaluation of the Holiday Climate Index for beach tourism: A case study of China’s coastal cities. *International Journal of Biometeorology*, 61, 431-442. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1226-2>

- Topay, M., ve Yılmaz, B., 2004. Biyoklimatik Konfora Sahip Alanların Belirlenmesinde CBS'den Yararlanma Olanakları: Muğla İli Örneği. *Proceedings of 3th GIS Days in Turkey*, 425-434.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. & Çetiner, G. (2000). *Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları* (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkeş, M. (2001). *Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1: 187-205*, Ankara.
- Türkmen, F., & Dönmez, Y. (2015). Korunan alanların turizme açılmasına ilişkin yerel halkın görüşleri (Yenice örneği). *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 189-204.
- Turhan, A. (2024). Gümüşhane Süleymaniye Mahallesinde Sürdürülebilir Turizm Planlaması. Gümüşhane Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167–178.
- UNEP. (2021). *A practical guide to climate-resilient buildings & communities*. United Nations Environment Programme.
- UNWTO (United Nations World Tourism Organization). (2021). *Tourism and COVID-19: Recovery and resilience*. Retrieved from <https://www.unwto.org>
- UNWTO (United Nations World Tourism Organization). (2015). *Sustainable development of tourism: A compilation of good practices*. Retrieved from <https://www.unwto.org>
- Usta, Ö., 2008. Turizm, Detay Yayıncılık, Ankara.
- Viner D. & Agnew M. (1998). *Climate Change and Its Impact on Tourism*. Norwich: Climatic Research Unit, University of East Anglia.
- Williams, S. (1998). *Tourism Geography* {Routledge Contemporary Human Geography Series. Routledge.
- Wong, N. H. (2011). *Greenery strategies in Singapore's urban landscape*. Centre for Urban Greenery and Ecology, National Parks Board Singapore.
- Zölch, T., Maderspacher, J., Wamsler, C., & Pauleit, S. (2016). Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, 305-316.

Bölüm 4

Afet Sonrası Çok Fonksiyonlu Kent Mobilyası

Elif AYAN ÇEVEN¹, Aisyah Asma FADHLINA²

Giriş

Türkiye bulunduğu deprem kuşağı nedeniyle farklı zamanlarda afetlere maruz kalmış büyük kayıplar yaşamış, bunun yanın da orman yangınları, sel gibi afetlerle de başa çıkmak zorunda olması nedeniyle maddi ve manevi açıdan olumsuz yönde etkilenmiştir. Bu afetler birçok insanı fiziki yönünün yanında ruhsal yönüyle de etkilemeye devam etmektedir. Bununla birlikte afetin ne anlama geldiğini, afet çeşitlerini, ortaya çıkan etkiyi ve afet toplama alanlarını da çok iyi anlaşılması gerekmektedir.

Afet sonrası dünyanın birçok yerinde toplanma alanları büyük önem arz etmektedir. Gerek peyzaj ekolojisi gerekse ekonomik ve işlevsellik açısından açık yeşil alanlar acil toplanma alanı olarak da değerlendirilmektedir. Güvenli liman kavramı doğrultusunda ana ihtiyaçları karşılayan bu alanlar acil durumlarda topluma önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda yaşanan afet sonrası insanların afetin etkilerinden veya oluşan ikincil afetlerden sakınmak için erişebilecekleri güvenli kentsel açık ve yeşil alanlar önemlidir (Balta, 2013). Ekonomik bir getiri olarak görülen kentsel açık ve yeşil alanlar, gerçekleşen afetlerde sonucu kayıp ve zararlarda, zarar azaltma çalışmaları, afet durumunda afetten kurtulma, etkilerinden sakınma ve afet sonrasında da tahliye, barınma ihtiyacı, kent psikolojisinin toparlanması konularında önemli yere sahip olduğu görülmektedir (Jayakody vd. 2016). Afet sonrası kentlerde yaşamın sürdürülebilirliği, toplumsal iyileşme ve kamusal alanların yeniden işlevlendirilmesi açısından kent mobilyalarının tasarımı büyük önem taşır. Çok fonksiyonlu kent mobilyaları, yalnızca gündelik yaşamı destekleyen unsurlar değil, aynı zamanda afet sonrası dönemde barınma, enerji, iletişim ve sosyalleşme gibi acil ihtiyaçları karşılayan yapılar olarak öne çıkar. Bu bölüm, afet sonrası kent mobilyası tasarımına ilişkin güncel eğilimleri, çok fonksiyonluluk kavramını, malzeme ve teknoloji temelli yaklaşımları ve kullanıcı

¹ Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu, Türkiye, Orcid: 0000-0003-0858-3899, eayan@kastamonu.edu.tr

² Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü

odaklı tasarım ilkelerini ele almaktadır. Afet sonrası dönem, hızla değişen koşullara uyum sağlayabilecek esnek tasarım anlayışını zorunlu kılar. Çiğdem, vd. (2019)’nin vurguladığı gibi esnek mobilyalar, farklı kullanıcı ihtiyaçlarına göre şekil değiştirebilen, taşınabilir ve modüler sistemlerdir. Bu yaklaşım, geçici barınma alanlarında ve açık kamusal mekânlarda mekânsal verimliliği artırır. Benzer şekilde Zhou ve Chen (2018), katlanabilir ve dönüştürülebilir mobilya sistemlerinin dar alanlarda kullanım verimliliğini artırdığını, farklı fonksiyonlara adapte olabilen tasarımların afet sonrası uygulamalarda kritik rol oynadığını belirtmektedir.

Afet ve Afet Türleri

Ülkemizde AFAD tarafından “Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü” ne göre “Afet; toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olaydır” “Acil durum ise büyük, fakat genellikle yerel imkânlarla baş edilebilen çapta, ivedilik gerektiren tüm durum ve hâller. 5902 sayılı kanunda, Toplumun tamamının veya belli kesimlerinin normal hayat ve faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan ve acil müdahaleyi gerektiren olaylar ve bu olayların oluşturduğu kriz hâli olarak tanımlanmıştır Tüm bu durumlar sonrası müdahale ile “Geçici barınma Konutu afet ve acil durum nedeniyle kullanılamaz hâle gelen veya konutun kullanılmasının riskli olması sebebiyle açıkta kalan afetzedeler ile tahliyeye tabi olanların bulundukları yerlerde veya başka yerlerde münferit veya toplu hâlde geçici olarak barınmalarının sağlanması, amacıyla kurulan yaşam alanlarıdır (URL 1).

Bir olayın afet olarak değerlendirilebilmesi için, insan topluluklarının ve yerleşim alanları içerisinde zarar ve kayıplara sebep olması ve yaşam alanındaki tüm insan aktivitelerin durması veya sekteye uğratması gerekmektedir. Afet, gerçekleşen olayın kendisi yerine meydana geldiği alanda oluşturduğu sonuçlara odaklanmaktadır. Afet büyüklüğü o bölgede yaşayan insanlar açısından ekonomik, fiziksel zararlara ve can kayıpları ile ölçülmektedir (Gülkan vd., 2003; Ergünay, 2002; Sarp, 1999 akt. AFAD, 2012).

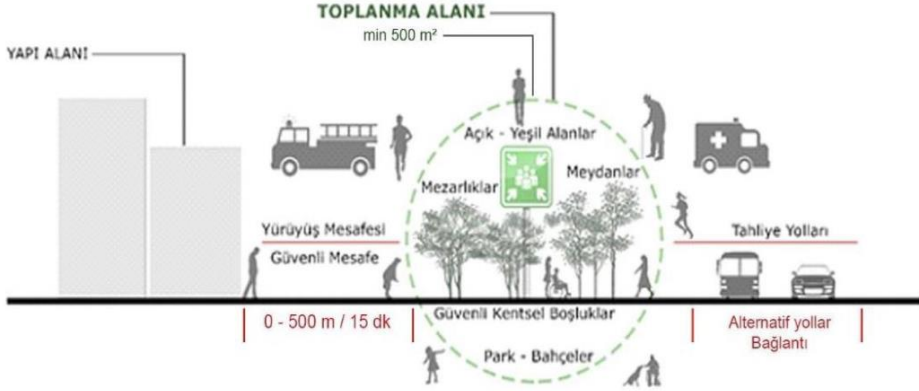
Afetler oluşum hızına ve oluşma sebeplerine bağlı olarak sınıflandırılmaktadır. Oluşum sebeplerine göre bakıldığında etkileri hemen görülebildiği gibi yıkıcı ve yok edici etkileri yıllar sonrada ortaya çıkabilir.

Meteorolojik hava olayları ve insan kaynaklı ortaya çıkan, yaşattığı yıkımın etkilerinin uzun zaman sonra hissedildiği afet türüdür (Şahin 2009). İklim değişiklikleri, erozyon, çölleşme ve kıtlık yavaş gelişen afetler iken insanın sebep olabileceği veya dünyanın doğal düzeni içinde gelişen etkilerden

kaynaklanabilen afetler ise hızlı gelişen afetler olarak sınıflandırılmaktadır. Meteorolojik olaylar, insan etkisi ve yerkağı hareketleri sebebiyle can ve mal kayıplarına, yıkıma ve tahribata sebep olabilen olaylardır (Şahin 2009). Deprem, heyelan, fırtına ve sel bu afet türüne örnek olarak verilebilir (Karaçuhallılar, 2023). AFAD’ a göre dünyada gözlenen afet türleri oluşma sebeplerine göre jeolojik, iklimatik, biyolojik, sosyal ve teknolojik afetler olarak beş ana başlık altında toplanmıştır. Kentsel mekanlar bu başlıklar altında tehdit altındadır. Özellikle Türkiye özelinde değerlendirildiğinde deprem, sel, yangın en çok görülen afet türleri olarak görülmektedir.

Kamusal Alanların Afet Sonrası Dönüşümü

Afet anı ve sonrasında değerlendirilen toplanma alanları, insanların maruz kaldıkları şok ve endişeyi atlatabilmeleri, diğer bireyler ile bir araya gelmeleri, ilk yardım desteğı alabilmeleri ya da haberleşebilmelerine olanak sağlayan hayati bir işlevi bulunmaktadır. Afet gerçekleşikten sonraki ilk 72 saatlik sürecin, afete maruz kalan insanların ihtiyaç duyacağı güvenli toplanma alanlarına erişimi, sağlıklı bilgiye ulaşımı, yerel düzeydeki yetkililerin bilgilendirme yapması, olası kargaşaların önüne geçilmesi bakımından en fazla öneme sahip olan zaman dilimi olduğu sıklıkla ifade edilmektedir (JICA ve İBB 2002). Açık-yeşil alanlar, afet sonrasında afet öncesi kullanıldıkları fonksiyonlarından farklı işlevler üstlenirler (Atalay, 2008). Açık-yeşil alanlar vazgeçilmez bir unsur olarak kentlerde peyzaj değerinin yanı sıra afet sonrası için de kilit alanlardır (Korgavuş ve Ersoy, 2015). Başta güvenlik olmak üzere acil ihtiyaçların karşılandığı, müdahalelerin yapılabildiğı, yaşamın sürdürülebilirliğinin sağlandığı afet sonrası açık yeşil alanlar (Kırçın vd., 2017), barınma, yeme-içme alanı gibi çeşitli fonksiyonların karşılandığı ve bu mekânsal kurguya hizmet verebilecek kentsel donatıları barındırmaktadır. Açık yeşil alan sistemi içerisinde acil toplanma alanları olarak belirlenen beş kriteri de sağlaması beklenmektedir. Yapı adalarından toplanma alanlarına gidiş mesafesi olarak her bireyin kolaylıkla erişebileceğı maksimum yürüme mesafesi 500 m/15 dakika ve daha az olan ulaşılabilirliğin sağlanmış, ana arterlerle bağlantılarının kurulup (kapanma riski olan yollar da hesaba katılarak), diğer toplanma alanları ile süreklilikleri ile aks ve bağlantının sağlandığı, kullanılabilir ve çok fonksiyonlu kamusal mekanlar olarak kişi başına düşen minimum 1,5 m2 alana büyüklüğüne (Aksoy vd., 2009; JICA, 2002; Tarabanis ve Tsionas, 1999) sahip alanlar olarak bu özellikleri taşıyan kentsel mekanlar içerisinde meydanlar ve kent parkları ve güvenli kentsel boşluklar (Şekil 1) ön plana çıkmaktadır.



Şekil 1. Toplanma alanı temsili (Uyar ve Töre, 2023).

Afet Sonrası Mekânsal Gereksinimler

Mekânsal olarak bakıldığında afet sonrasında en önemli sorunların başında fiziksel altyapının kullanılamaz hale gelmesi ve bu bağlamda kamusal mekanların işlevini tam olarak yerine getirememesidir. Kamusal mekanların yeniden işlevlendirilmesinde geçici, modüler ve çok fonksiyonlu bir mekanizmanın kurgulanmış olması gerekmektedir. Bu sürecin en önemli yapıtaşını ise kent mobilyaları üstlenmektedir (Bosher, 2014; Johnson vd., 2006). Bu bağlamda temel fiziksel gereksinimlerin karşılanması beklenmektedir. Afet sonrası dönemde kent sakinlerinin günlük yaşamını sürdürebilmesi için, mekânsal organizasyonda fiziksel gereksinimlerin ilkeleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Barınma ve Korunma

En temel gereksinim olan barınma için geçici yaşam alanları parklar ve toplanma alanlarında değerlendirilmektedir. Bu bağlamda kent mobilyaları, katlanabilir, birleştirilebilir, tente veya modüler kabin biçiminde tasarlanarak geçici barınak sistemlerine dönüştürülebilir (Davidson vd., 2007). Örneğin Japonya’da “Shigeru Ban Paper Shelter System” projesi, afet sonrası hızlı kurulabilen, taşınabilir bir sistem olarak dünya literatüründe örnek gösterilmiştir (Şekil 2). Geçici barınma, insanların beklenen kısa bir süre için başka mahallelere geçici olarak yer değiştirmesini ifade eder. Acil durum ve geçici barınma arasındaki temel farklar, teorik olduğu kadar pratik amaçlar için de önemlidir. Geçici barınmada yerleşik bir ev rutini olmadığı için örneğin afetzedelerin nasıl besleneceği sorusu çözülmesi gereken bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Baradan, 1995).



Şekil 2. “Shigeru Ban Paper Shelter System (URL-2)

Su ve Hijyen Erişimi

Fiziksel alt yapının işlevini sürdürmemesine bağlı su kaynaklarına erişimde sıkıntılar görülebilmektedir. Bu durumda, kent mobilyalarına filtreli su deposu veya yağmur suyu toplama modülleri entegre edilebilir. Hijyen en önemli risk olarak afet sonrası ortaya çıkmaktadır. Birleşmiş Milletler Habitat Raporu (UN-Habitat, 2020) “sıvı atık ve kirli suyun kontrolsüz dolaşımı” sonucunda bu riskin arttığını ifade etmektedir. Bu nedenle, açık alan tasarımlarında suyun yönlendirilmesi, taşkın önleme ve su erişimi sistemleri entegre edilmesinin gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

Enerji ve Aydınlatma

Fiziksel alt yapının bir diğer unsuru olan enerji hattının çökmesi yaşamı etkilerken bu sorunun çözümünde güneş panelleri, rüzgâr türbinleri veya pedal jeneratörleri kent mobilyalarına entegre edilerek enerji ihtiyacı çözümlenebilmektedir. Bu sistemler aynı zamanda cep telefonu, telsiz ve tıbbi cihazların şarjı için kullanılabilir. Örneğin, “Solar Bench Project” (Barcelona, 2019) güneş enerjili banklarla kamusal alanlarda acil enerji altyapısı oluşturmuştur (Martínez ve Sánchez, 2020) (Şekil 3).



Şekil 3. Güneş enerjili oturma birimi (URL-3).

Bilgilendirme ve İletişim

Koordinasyonunu sağlanması ve afetlerle etkili iletişimin kurulmasında bilgiye erişim önemlidir. Bilgilendirme panosu, dijital ekran, QR yönlendirme, harita sistemi gibi unsurlarla desteklenen kent mobilyaları fayda sağlamaktadır. UNDRR (2015) verilerine göre, iletişim sistemlerinin kesintiye uğraması afet ölümlerinin %15'inden fazlasına dolaylı olarak etki etmektedir. Bu nedenle, bilgilendirme odaklı mobilyalar afet dayanıklılığının önemli bileşenidir.

Ulaşım, Erişilebilirlik ve Engelliler İçin Uygunluk

Hareket kısıtlaması kaynaklı olarak erişimde sorunlar doğurabilmektedir. Güvenli alanlara erişimde erişilebilir zemin kaplamaları, dokunsal yüzeyler, engelli rampaları ve rehber çizgiler yer alması önemlidir. Dokunsal yüzeyler (Tactile pavements) özellikle Japonya'da 1970'lerden beri afet sonrası yönlendirmelerde kullanılmıştır (Nakabayashi, 2010).

Özellikle geçici barınma, toplanma, dinlenme ve temel ihtiyaçların karşılanması gibi işlevlerin bir arada sunulabilmesi için çok fonksiyonlu kent mobilyalarına duyulan ihtiyaç artmaktadır. Çok fonksiyonlu mobilya tasarımında modülerlik, taşınabilirlik, kolay kurulum ve farklı kullanım senaryolarına uyum sağlama gibi özellikler ön plana çıkmaktadır. Katlanabilir ve dönüştürülebilir mobilya sistemleri, dar alanlarda veya geçici yerleşimlerde mekânın etkin kullanımını mümkün kılmakta, aynı zamanda kullanıcıların değişen ihtiyaçlarına

hızlıca cevap verebilmektedir. Katlanabilir mobilya tasarımında, birden fazla işlevi yerine getirebilen, kompakt formda depolanabilen ve kolayca açılıp kullanılabilen ürünler geliştirilmiştir. Bu tür mobilyaların tasarımında, birden fazla mobilya biriminin bağlantı noktaları üzerinden en küçük hacmi oluşturacak şekilde optimize edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, karmaşık geometrik ve yapısal optimizasyon algoritmaları kullanılarak, kullanıcıların ihtiyacına göre farklı fonksiyonlara dönüşebilen mobilya önerileri geliştirilmektedir. Bu yaklaşım, özellikle afet sonrası geçici barınma alanlarında veya toplu kullanım alanlarında esnek ve çok amaçlı çözümler sunmaktadır (Zhou ve Chen, 2018).

Kent Mobilyası

Kent mobilyası, bir tasarım unsuru olarak estetik ve işlevsel özellikleri taşımasının ötesinde, kullanıcı ihtiyaçları, sosyal yapı, kent dokusu, coğrafi özellikler, ekonomi, teknoloji ve malzeme gibi çok sayıda faktörün şekil verdiği birçok katmanı barındırmaktadır. Kent mobilyası, kentsel kimliğin doğrudan ilişkili mekân organizasyonunda kamusal aktiviteleri desteklemektedir. Çok disiplinli yaklaşımlarla birçok farklı özellikleri barındıran kent mobilyaları yenilikçi bir süreç içerisinde sürekli kendini geliştiren bir mekanizmadır (Kaya vd., 2022).

Kent mobilyaları, afet sonrası dönemde yalnızca fiziksel değil, psikolojik ve kültürel bir iyileşme aracıdır. Cordan vd. (2022) Suriyeli mülteciler için yürüttüğü tasarım çalışması, kültürel kodların ve kullanıcı alışkanlıklarının analiz edilerek uyarlanabilir, uygun maliyetli ve kitlesel üretime elverişli çözümler üretilebileceğini göstermiştir. Bu tür yaklaşımlar, afet sonrası geçici barınma alanlarında aidiyet duygusunu destekler. Rinaldi vd. (2025) ise kent mobilyalarının toplumsal dayanışma ve kamusal sağlık açısından rolünü vurgulamış, katılımcı tasarım süreçlerinin mahalle ölçeğinde iyileşmeyi hızlandırdığını belirtmiştir.

Kent mobilyası tasarımında sürdürülebilirlik, yalnızca çevresel değil, ekonomik ve sosyal açıdan da gerekliliktir. Jia (2025), yenilenebilir malzemelerle geliştirilen sürdürülebilir kâğıt mobilya tasarımlarının çevresel etkiyi azalttığını ve afet sonrası geçici alanlarda etkin şekilde kullanılabileceğini vurgulamıştır. Benzer şekilde, Ulay ve Yeler (2020), ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin dayanıklılık, estetik ve ekolojik uyum açısından avantajlı olduğunu ortaya koymuştur. Bu yaklaşımlar, afet sonrası kentlerde yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanımının önemini güçlendirmektedir. Yeni nesil kent mobilyaları, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve dijital veri analizi teknolojileriyle entegre edilmiştir. Yang vd. (2022), akıllı sensörlerle donatılmış kent mobilyalarının kullanım yoğunluğu, bakım ihtiyacı ve kullanıcı davranışlarını

gerçek zamanlı izleyebildiğini göstermiştir. Kan (2025) ise akıllı sensör tabanlı otomatik yerleşim algoritmaları ile mobilyaların kullanıcı yoğunluğuna göre konum değiştirebildiğini; bu sistemin afet sonrası dinamik kullanım alanları için büyük potansiyel taşıdığını ortaya koymuştur.

Çok Fonksiyonlu Kent Mobilyaları Tasarımı

"Çok fonksiyonlu tasarım" ilkesi, birden çok faaliyet ve tasarımın en iyi şekilde sunabileceği maksimum işlev kombinasyonu taşımaktadır. Buradaki çarpıcı unsur, küçük dokunuşlarla sunulan ekstra bir işlevle ve dolayısıyla ekstra katma sosyal değerle farklı deneyimler sunmasıdır. Çok fonksiyonlu kent mobilyası tasarımında sürdürülebilirlik ve ekolojik tasarım ilkeleri de ön plana çıkmaktadır. Kent mobilyası ekolojik tasarımı, ekolojik kent inşasının önemli bir parçası olarak değerlendirilmekte ve modern kent mobilyası tasarımında çevre dostu malzeme kullanımı, enerji verimliliği ve geri dönüşüm gibi unsurlar vurgulanmaktadır. Ekolojik tasarım yaklaşımları, kent mobilyalarının çevreye minimum zarar verecek şekilde tasarlanmasını, doğal kaynakların etkin kullanılmasını ve sürdürülebilir kent yaşamına katkı sağlamasını hedeflemektedir. Bu kapsamda, kent mobilyası tasarımında ekolojik gereklilikler ve uygulanabilir yöntemler analiz edilmekte, özellikle Çin'de kent kamusal alanlarının ekolojik tasarımına referans oluşturacak öneriler sunulmaktadır (0, 2011). Afet sonrası dönemde, sürdürülebilir ve çevre dostu malzemelerden üretilmiş, kolayca taşınabilen ve yeniden kullanılabilen çok fonksiyonlu kent mobilyaları, hem çevresel hem de ekonomik açıdan avantaj sağlamaktadır.

Dayanıklılık: Kent mobilyalarının afet koşullarına dayanıklı olması, bu yapıların gelecekteki yıkıcı olaylara karşı koruma sağlayabilmesi açısından önemlidir. Özellikle, malzeme seçiminde dayanıklılığı artırmak için yenilikçi yaklaşımlar benimsenmelidir. Örneğin, polimerlerin ve alaşımların kullanımı, yapıların uzun ömürlü olmasını sağlarken; bakım maliyetlerini de azaltmaktadır (Hoffman ve Berrone, 2017).

Modülerlik: Modüler tasarım, kent mobilyalarının farklı ihtiyaçlara göre hızla adapte edilmesini sağlar. Fonksiyonel değişimlere olanak tanıyarak, bir alanın birden fazla amaç için kullanılabilmesi sağlanabilir. Örneğin, Finlandiya'daki Helsingfors projesinde, modüler mobilyalar acil durum barınma alanları olarak da yeniden şekillendirilmiştir (Aaltonen, 2019). Bu tür uygulamalar, afet sonrası dönemde esnek ve pratik çözümler sunmaktadır.

Toplumsal Etkileşim: Çok fonksiyonlu mobilyaların tasarımı, sosyal etkileşimi teşvik eden unsurlar içermelidir. Banklar, açık hava etkinliklerine olanak tanıyan alanlar ve bilgilendirme panoları gibi bileşenler, toplumsal dayanışmayı güçlendirmektedir (Sanders, 2018). Özellikle afet sonrası,

insanların birleşmesini ve dayanışma göstermesini sağlamak için sosyal etkileşim alanlarının yaratılması önemlidir (Coulter, 2020).

Dünya ve Türkiye’den Örnekler

Shigeru Ban – Paper Shelter System (Japonya, 1995) Kobe Depremi sonrasında mimar Shigeru Ban tarafından geliştirilen bu sistem, karton tüpler ve geri dönüştürülmüş malzemelerden oluşturulan modüler barınak ve mobilya birimlerinden oluşur. Hızlı kurulumu, düşük maliyeti ve çevre dostu yapısı sayesinde afet bölgelerinde geçici barınma ve sosyal alan oluşturma amacıyla kullanılmıştır. Bu proje, afet sonrası dönemde mimarlık ve insani yardımın birleştiği öncü bir örnek kabul edilir.

CURE: Disaster-Oriented Urban Furniture Project (İtalya, 2021) Urbaniture Studio tarafından geliştirilen CURE Projesi, oturma yüzeyi, güneş paneli, depolama bölmesi ve çatı elemanlarını tek yapıda birleştiren çok fonksiyonlu bir kent mobilyası sistemidir. Afet sonrası dönemlerde hem barınma hem de enerji üretimi ve iletişim noktası işlevi görür. Modüler tasarımı sayesinde kolay taşınabilir ve yeniden konumlandırılabilir (URL-4).

2011 yılı Tahran depremi sonrasında, şehirdeki açık alanların tekrar işlevselleştirilmesi için, çok amaçlı oyun alanları ve sosyal aktivite alanları oluşturulmuştur. Bu alanlarda, hem çocuklar için oyun imkanı sağlanırken, hem de topluluk etkinlikleri düzenlenerek sosyal bağların güçlendirilmesi hedeflenmiştir (Farahani ve Taheri, 2021).

Gap Filler Project – Christchurch (Yeni Zelanda, 2011) Christchurch Depremi sonrasında yerel topluluklar tarafından başlatılan "Rebuild Christchurch" projesi çok fonksiyonlu kent mobilyaları ile kentsel alanların yeniden canlandırılması hedeflenmiştir. Örneğin, park alanlarına entegre edilen modüler oturma yerleri, hem sosyal toplanma alanları hem de acil durumlarda geçici barınaklar olarak işlev görmüştür (Vaughan, 2017).

Flexible Furniture for Urban Kampung (Endonezya, 2018) Endonezya’nın kentsel mahallelerinde geliştirilen bu proje, katlanabilir, taşınabilir ve uyarlanabilir mobilya sistemleriyle afet sonrası geçici yerleşimlerde mekânsal esnekliği artırmayı hedeflemiştir. Hafif bambu ve geri dönüştürülmüş plastik malzemeler kullanılmış, modüller hem oturma hem barınma elemanına dönüşebilmektedir

Solar Bench Project – Barcelona (İspanya, 2019) Barselona Belediyesi’nin yürüttüğü Solar Bench projesi, şehir mobilyalarının enerji üreten altyapılar haline gelebileceğini göstermektedir. Güneş panelleriyle donatılmış bu banklar, USB şarj, Wi-Fi erişimi ve gece aydınlatması işlevleriyle afet dönemlerinde acil enerji ve iletişim desteği sağlar.

Smart Wooden Structure Urban Furniture (Çin, 2021) Bu proje, geleneksel Çin ahşap yapı tekniklerini modern sensör sistemleriyle birleştirir. Enerji üretimi, veri izleme ve hava kalitesi ölçümü gibi işlevler eklenmiştir. Afet sonrası kentsel açık alanlarda dayanıklılık ve bilgi akışı sağlamak üzere geliştirilen bir “akıllı kent mobilyası” örneğidir.

Topkapı Afet Parkı – İstanbul (İBB, 2005) İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından kurulan bu park, afet bilinci ve toplanma alanı temalı ilk örneklerden biridir. Alanda yer alan yönlendirme panoları, güneş enerjili aydınlatma birimleri, çok amaçlı oturma ve su noktaları, olası afet durumlarında geçici barınma ve koordinasyon birimlerine dönüşebilmektedir.

Kayseri Erciyes Teknopark – Güneş Enerjili Akıllı Bank Projesi Erciyes Teknopark tarafından geliştirilen bu akıllı banklar, güneş panelleri, USB şarj, kablosuz internet, sıcaklık ve hava kalitesi sensörleri ile donatılmıştır. Afet dönemlerinde enerji, iletişim ve bilgi erişimi sağlayarak açık alanlarda dirençli altyapı oluşturur.

Hatay – Yeniden Yaşam Alanı Projesi (TMMOB, 2023) 6 Şubat 2023 depremleri sonrasında TMMOB Mimarlar Odası koordinasyonunda geliştirilen bu geçici yaşam alanı prototipleri, modüler bank-çadır sistemleri ve taşınabilir gölgelik birimleriyle donatılmıştır. Hem barınma hem sosyal etkileşim işlevi taşır; özellikle afet sonrası toplumsal dayanışmayı güçlendirmek amacıyla kullanılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu bölümde çok fonksiyonlu, modüler ve taşınabilir kent mobilyası tasarımları literatür temelli analiz hem de tasarım tabanlı araştırma (design-based research) yaklaşımı kapsamında değerlendirilerek veri ve literatür analizi, tasarım ilkelerinin belirlenmesi ve prototip tasarım ve değerlendirme süreci aşamaları ile tamamlanmıştır. Literatür analizi sonucunda esneklik (Çiğdem vd., 2019), taşınabilirlik (Zhu, 2014), sürdürülebilirlik (Jia, 2025), ergonomi (Çatalyürekoğlu ve Altıparmakogulları, 2023) ve kültürel uyum (Cordan vd., 2022) kavramlarının afet sonrası mobilya tasarımında dikkate alınarak öneriler SketchUp programı yardımıyla 3 boyutlu olarak görselleştirilmiştir. Modellerin tasarımında çok fonksiyonluluk ilkesi yanında modüler, sürdürülebilir malzeme, ergonomi ve sosyo kültürel uyum ilkeleri (Allahdadi, 2017; Keskinok ve Orhan, 2019 Ulay ve Yeler, 2020; Yang vd., 2022; Jia, 2025) gözetilerek oluşturulmuştur.

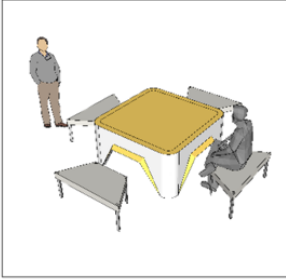
Tasarım Önerileri

Afet Durumunda Çok Fonksiyonlu Dinlenme-Oturma Birim Tasarımı

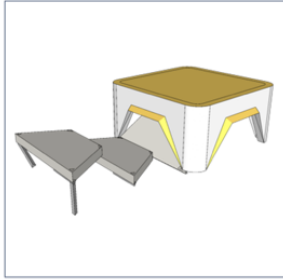
Bu tasarımda önemli olan nokta, aynı mobilya formunun basitçe birleştirilerek bir barınak haline getirilmesidir. Masa bir sığınağa dönüştürüldüğünde kapanan kapılar olarak da işlev gören 3m² masa ve 4 sandalye, her bir bileşenin çalışma şekli çok kolaydır, bu da sadece tasarımdaki temel form haline gelen bulmaca şeklini ayarlamak için bunları birleştirmektir.

Aynı anda iki işlevi olan formların kullanılmasının yanı sıra, bu tasarım seçilen malzemelerle de ilgilidir. Bildiğimiz gibi, doğal afetler her an meydana gelebilir, aşırı sıcaklıkları da etkileyen iklim değişikliği ile birleştiğinde, yapılan tasarım bileşenlerinin kalitesini korumak için malzeme seçimi çok önemli hale gelir, bu tasarıma uygulamak istediğim girişim, doğal malzemeler, dövme demir ve plastik gibi geri dönüştürülmüş malzemeler olmak üzere 3 malzemenin bir kombinasyonunu kullanmaktır. Bu üç malzemenin bir araya getirilmesiyle uzun süre dayanan ve yüksek düzeyde dayanıklılığa sahip bir tasarım oluşturulabilir (Şekil 4).

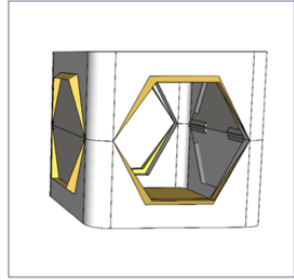
Ana Şekil – Masa olarak kullanabilmekte



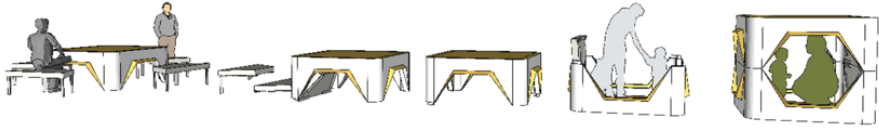
Barınma için Dönüştürülen Kullanma Adımları



Dönüştürülebilen Barınma Birimi



Sistematik Barınak Kullanımı



Şekil 4. Oturma ve barınma çok fonksiyonlu kent mobilyası tasarım önerisi

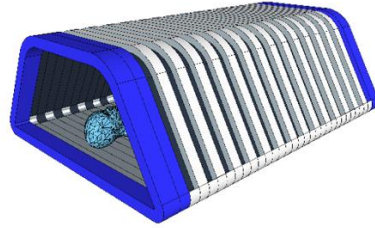
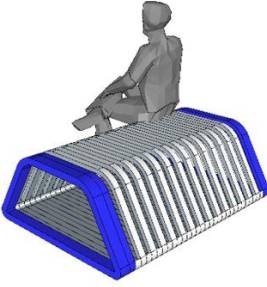
Afet Durumunda Çok Fonksiyonlu Oturma Birim Tasarımı

Afet sonrası açık alanlarda kullanılmak üzere geliştirilen çok fonksiyonlu oturma birimi tasarımında modüler bir sistem anlayışıyla kurgulanmıştır. Oturma ve dinlenme, Gölgeleme ve enerji üretimi, Depolama ve geçici barınma temeline dayandırılmıştır. Birimler, çelik ve kompozit strüktürlerin birleşiminden

oluşmakta; dış iskelet, dayanıklılığı artırmak amacıyla kıvrımlı formda tasarlanmıştır. Güneş paneli entegrasyonu ve katlanabilir üst yüzey, enerji üretimi ve gölgeleme işlevi sağlar. Şeffaf mavi yüzeyler, modüller arası bağlantı bölgelerini ve sistem sürekliliğini vurgular. Tasarımın amacı, afet sonrası koşullarda hem barınma hem de sosyal etkileşim için geçici ama işlevsel bir çözüm sunmak; aynı zamanda enerji, depolama ve oturma ihtiyaçlarını tek bir sistemde bütünleştirmektir (Şekil 5).

Ana Şekil – Oturma veya Depolama olarak kullanabilmekte

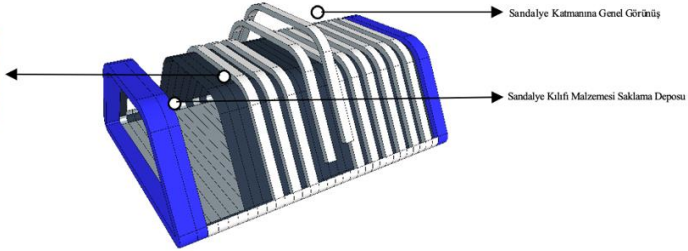
Barınma için Dönüştürülen Bankı



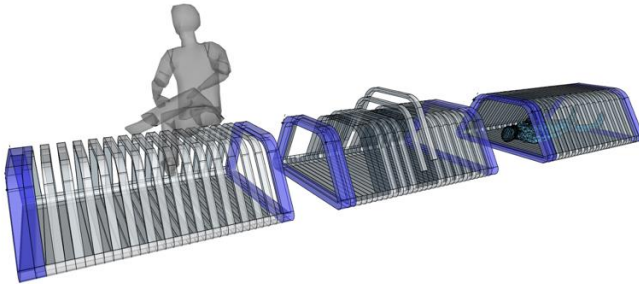
Bank Yapısı



Açılıp kapanabilen ve sandalyenin her bir ucunun içinde saklanabilen bir malzeme.



Perspektif



Şekil 5. Oturma ve barınma çok fonksiyonlu kent mobilyası tasarım önerisi

Sonuç

Afet sonrası dönemde kentlerin yeniden yapılanma süreci, yalnızca fiziksel altyapının onarımıyla değil, aynı zamanda toplumsal yaşamın sürdürülebilir biçimde yeniden kurgulanmasıyla mümkündür. Afet sonrası kent mobilyalarının işlevi, günümüz kentlerinin sürdürülebilirliği, dirençliliği ve toplumsal yaşam kalitesinin artırılması açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Kent mobilyaları, yalnızca estetik ve konfor sunan elemanlar olmanın ötesinde, afet sonrası süreçlerde toplumsal dayanıklılığın sağlanmasında, kamusal alanların yeniden işlevlendirilmesinde ve kent kimliğinin korunmasında kritik roller üstlenmektedir. Araştırmalar, kent mobilyalarının tasarımında mimarlık, sosyoloji, psikoloji ve çevre bilimleri gibi disiplinlerin bir araya gelmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu bütünlük yaklaşım, kullanıcıların sosyal etkileşimlerini artıran, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen ve estetik değerleri koruyan çözümler üretmeyi amaçlamaktadır. Türkiye ve dünya genelindeki örnekler (Malatya, Van, Burdur, Bakü, Antalya vb.) göstermektedir ki, kent mobilyalarının uygun konumlandırılması, erişilebilirliği ve çok fonksiyonlu yapısı, afet toplanma alanlarının verimliliğini ve kullanıcı memnuniyetini doğrudan etkiler.

Bu çalışmada, afet sonrası açık alanlarda kullanılabilecek modüler, taşınabilir ve sürdürülebilir kent mobilyası tasarımları geliştirilmiş; kavramsal temeller literatürden elde edilen veriler doğrultusunda belirlenmiştir. Tasarım süreci, tasarım tabanlı araştırma (design-based research) yaklaşımıyla yürütülmüş; böylece kuramsal bilgiler, kullanıcı ihtiyaçları ve malzeme teknolojileri bir araya getirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, çok fonksiyonlu mobilya tasarımlarının afet sonrası dönemde üç temel alanda katkı sağlayabilir;

- **Mekânsal verimlilik:** Modüler ve taşınabilir sistemler sayesinde sınırlı alanlarda maksimum işlevsellik sağlanmıştır.
- **Toplumsal iyileşme ve aidiyet:** Ortak kullanım alanları yaratılarak sosyal dayanışma ve psikolojik iyileşme süreçleri güçlendirilmiştir.

Bu kapsamda geliştirilen oturma birimleri ergonomik ve kullanıcı odaklı tasarımlar, fiziksel konforun yanı sıra psikolojik iyileşme ve toplumsal bütünleşmeye katkı sağlar (Yüksel vd., 2021). Aynı zamanda akıllı sistemlerle desteklenen kent mobilyaları, bilgiye erişim, enerji üretimi ve yönlendirme gibi işlevleriyle kentsel dayanıklılığı artırıcı bir rol üstlenmektedir (Kaya vd., 2023; Söylenmez vd., 2024; Tasarım, yalnızca bir fiziksel donatı değil, aynı zamanda afet sonrası kent yaşamının sürekliliğini temsil eden dirençli bir kentsel arayüz olarak değerlendirilmektedir.

Gelecek çalışmalarda, bu prototiplerin malzeme optimizasyonu, kullanıcı deneyimi analizi ve saha ölçekli uygulamaları üzerinde durulması önerilmektedir. Böylelikle çok fonksiyonlu kent mobilyaları, afet yönetimi stratejilerinde sadece geçici özömler değil, aynı zamanda kalıcı kentsel dayanıklılık unsurları olarak yer alabilecektir.

Kaynaklar

- Aaltonen, J. (2019). *Designing for resilience: The role of modular furniture in urban disaster recovery*. *Journal of Urban Design*, 24(3), 329–347. <https://doi.org/10.1080/13574809.2019.1584207>
- Aksoy, Y., Turan, A. Y., & Atalay, H. (2009). *İstanbul Fatih İlçesi Yeşil Alan Yeterliliğinin Marmara Depremi Öncesi ve Sonrası Değerleri Kullanılarak İncelenmesi*. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(2), 137–150.
- Allahdadi, M. (2017). *Adaptive and sustainable public furniture design in disaster-prone areas*. *Procedia Engineering*, 180, 973–981.
- Baradan, B. (1995). *Afet sonrası geçici barınma üzerine değerlendirme*. *Yapı Dergisi*, 169, 58–63.
- Bosher, L. (2014). *Built-in resilience through disaster risk reduction: A conceptual framework for integrating DRR into infrastructure design*. *Procedia Economics and Finance*, 18, 21–28.
- Cordan, A., Tekin, Z., & İkiz, F. (2022). *Göçmen topluluklar için modüler barınma ve mobilya tasarımı: Suriyeli mülteciler örneği*. *Journal of Interior Architecture and Design*, 5(1), 67–83.
- Çatalyürekoğlu, C., & Altıparmakogulları, F. (2023). *Kullanıcı odaklı kent mobilyası tasarımında ergonomik kriterlerin değerlendirilmesi*. *Tasarım Kuram Dergisi*, 19(3), 205–220.
- Çiğdem, D., Alpak, E. M., & Düzenli, T. (2019). *Esnek mobilya sistemleri ve mekânsal verimlilik: Tasarım kriterleri üzerine bir değerlendirme*. *Karadeniz Technical University Journal of Architecture*, 3(1), 41–56.
- Davidson, C. H., Johnson, C., Lizarralde, G., Dikmen, N., & Sliwinski, A. (2007). *Truths and myths about community participation in post-disaster housing projects*. *Habitat International*, 31(1), 100–115.
- Ergünay, O. (2002). *Afet yönetimi el kitabı*. Ankara: AFAD Yayınları.
- Farahani, L., & Taheri, S. (2021). *Post-disaster urban spaces: The significance of multi-functional public areas*. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 55, 102088.
- Hoffman, A., & Berrone, P. (2017). *Innovations in materials for resilient urban infrastructure: Towards a circular economy*. *Sustainable Cities and Society*, 28, 101–110.
- Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) & İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB). (2002). *Türkiye Cumhuriyeti “İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Plan Çalışması.”* Son Rapor, Cilt V.

- Jia, L. (2025). *Sustainable paper furniture design for emergency housing: An ecological approach*. *Sustainability*, 17(4), 2143.
- Kan, S. (2025). *Smart adaptive urban furniture based on IoT sensor systems for dynamic public spaces*. *Smart Cities*, 8(3), 145–160.
- Karaçuhallılar, G. (2023). *Türkiye’de afet türlerinin sınıflandırılması üzerine bir değerlendirme*. *Afet ve Risk Yönetimi Dergisi*, 6(2), 112–129.
- Kaya, E., Çevik, D., & Kara, A. (2022). *Disiplinlerarası bir kent mobilyası tasarım modeli önerisi*. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 37(2), 411–425.
- Keskinok, Ç., & Orhan, S. (2019). *Afet sonrası mekânsal aidiyet ve dayanıklılık: 1999 Marmara Depremi Değirmendere örneği*. *Planlama Dergisi*, 29(3), 245–260.
- Nakabayashi, I. (2010). *Disaster management and tactile paving systems in Japan*. *Journal of Urban Safety*, 12(2), 43–59.
- Rinaldi, S., Ferri, M., & Bortolotti, V. (2025). *Public health and design: Urban furniture for resilient neighborhoods*. *Landscape and Urban Planning*, 243, 104852.
- Sanders, R. (2018). *Engaging communities through public space: Multi-functional urban furniture as a catalyst for social interaction*. *Urban Studies Research*, 2018, Article ID 5462937.
- Sarp, G. (1999). *Afetlerin sosyo-ekonomik etkileri üzerine değerlendirme*. Akt. AFAD (2012).
- Şahin, C. (2009). *Afetlerin sınıflandırılması ve etkileri*. *Afet ve Risk Yönetimi Dergisi*, 1(1), 11–24.
- Tarabanis, K., & Tsionas, I. (1999). *Using network analysis for emergency planning in case of earthquake*. *Transactions in GIS*, 3(2), 187–197.
- Ulay, B., & Yeler, G. (2020). *Ahşap esaslı malzemelerin kent mobilyasında sürdürülebilir kullanım potansiyeli*. *Politeknik Dergisi*, 23(4), 1129–1141.
- UNDRR. (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- UN-Habitat. (2020). *The role of public space in post-disaster reconstruction*. United Nations Human Settlements Programme.
- URL 1, (2025). <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu>
- URL-2. (2025). <https://tr.pinterest.com/pin/595038169555003354/> erişim tarihi 13.10.2025
- URL-3 (2025). <https://tr.pinterest.com/pin/584834701650571702/> erişim tarihi 13.10.2025

- Url-4. (2025). <https://urbaniture.com/project/cure-disaster-oriented-urban-furniture/?utm>
- Uyar, H. E., & Töre, E. (2023). *Deprem sonrası ilk durak: İstanbul'da toplanma alanlarına dair bir inceleme. Afet ve Risk Dergisi*, 6(1), 226–242.
- Yang, J., Zhang, P., & Wu, L. (2022). *Smart adaptive public furniture with IoT integration for urban resilience. Frontiers in Built Environment*, 8, 993254.
- Yüksel, A., Türel, G., & Demir, A. (2021). *Afet sonrası kent mobilyalarının psikolojik iyileşme sürecindeki rolü. Journal of Urban Psychology*, 2(2), 65–79.
- Zhou, Q., & Chen, S. (2018). *Transformable and foldable furniture systems for compact post-disaster spaces. Journal of Interior Design Research*, 7(2), 58–75.

Bölüm 5

Orman Ürünleri Endüstrisinde Sürdürülebilirlik

Bahadır Çağrı BAYRAM¹

Giriş

Küresel ölçekte artan çevresel sorunlar, doğal kaynakların hızla tükenmesi ve iklim değişikliğinin etkileri, insanlığın üretim ve tüketim biçimlerini yeniden değerlendirmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilirlik kavramı hem çevresel hem de ekonomik ve toplumsal dengeleri gözeten bir kalkınma anlayışını temsil etmektedir. Brundtland Raporu'nda (World Commission on Environment and Development [WCED], 1987) sürdürülebilir kalkınma, “gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan, mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılayabilmesi” olarak tanımlanmıştır. Bu tanım, tüm sektörlerin üretim süreçlerini çevreye duyarlı bir biçimde yeniden yapılandırma gerekliliğini ortaya koymuştur.

Bu noktada ülkemizin güçlü imalat sanayi alanlarından biri olan: orman ürünleri endüstrisi, doğrudan yenilenebilir kaynaklara dayalı olması nedeniyle sürdürülebilirliğin en kritik alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Ancak ormanların aşırı ve plansız kullanımı, biyolojik çeşitliliğin azalmasına, toprak erozyonuna ve karbon dengesinin bozulmasına yol açmaktadır (FAO, 2022). Bu sorunlar, orman kaynaklarının sadece ekonomik bir meta olarak değil, aynı zamanda ekolojik bir sistem olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Sürdürülebilir orman ürünleri endüstrisi, bu doğrultuda, üretim süreçlerinde çevresel etkileri minimize eden, kaynak yenilenmesini garanti altına alan ve toplumsal refahı destekleyen bir yaklaşımı benimsemektedir (UNECE/FAO, 2020).

Dolayısıyla, sürdürülebilirlik ilkelerinin orman ürünleri sektörüne entegre edilmesi hem doğal kaynakların korunması hem de uzun vadeli ekonomik istikrarın sağlanması açısından hayati bir öneme sahiptir. Bu bölümde, sürdürülebilirliğin orman ürünleri endüstrisine ne şekilde entegre edilebileceği ele alınacaktır.

¹ Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü,
Orcid: 0000-0002-8563-0233, bcbayram@kastamonu.edu.tr

Orman Ürünleri Endüstrisi

İnsanların ağaç malzemeyi kullanmaları, ormanlarla kurdukları bağla başlamış olup sanayileşmeden önce ve sonra dahi süregelmıştır. Ahşap malzemenin mağlup edilemez malzeme şeklinde ifade edilmesi de bu bağlamda ahşabın vazgeçilmezliğini ispatlar niteliktedir (Soygüder, 2025; Radkau, 2012). Sanayileşme öncesi devirlerde insanlar odunu işlemede hayvan gücü, insan gücü, su gücü gibi çeşitli ilkel yöntemleri kullanmış olup, özellikle sanayi devriminden sonra teknolojik ahşap işleme aletleri ve CNC makineler gibi daha gelişmiş donanımlara yönelmişlerdir (Balaban, 2007).

Mobilya endüstrisinde kullanılan ahşap işleme makinelerinin üretimine yönelik sanayileşme girişimleri, Türkiye’de ilk kez 1940’lı yıllarda başlamıştır (Çabuk vd., 2016). Bu dönemde Türkiye, orman endüstri makineleri üretiminde tamamen dışa bağımlı bir konumdayken, 1945 yılında basit ağaç işleme makinelerinin yerli olarak üretilmesiyle orman ürünleri endüstrisi bu noktada bir kırılma yaşamıştır (Kurtoglu ve Kahveci, 1989). 1963 yılında planlı kalkınma dönemine geçilmesiyle birlikte bıçkı sanayisinde belirgin bir gelişme kaydedilmiş olup bu süreç, orman ürünleri endüstrisinin gelişimi için de yapısal bir zemin oluşturmuştur (Kurtoglu vd., 2000).

Ormanlardan elde edilen birincil ve ikincil nitelikteki ürünleri işleyerek yarı mamul veya nihai ürün haline dönüştüren orman ürünleri sektörü, Türkiye’de farklı ölçeklerde faaliyet gösteren çok sayıda işletmeden oluşmakta ve bu işletmeler coğrafi olarak dağınık bir yerleşim düzeni sergilemektedir. İmalat sanayi yapılanması içerisinde “birincil” ve “ikincil” imalat sanayi kolları şeklinde sınıflandırılan orman ürünleri sanayi; birincil imalat sanayi grubunda odunu doğrudan hammadde olarak kullanan sektörleri, yani kereste ve ambalaj sanayi, levha sanayi (kaplama, yonga levha, lif levha, kontrplak, kontrtabla) ile kâğıt hamuru ve kâğıt sanayi alt sektörlerini kapsamaktadır. Buna karşılık, ikincil imalat sanayi grubu ise birincil imalat sanayinin ürünlerini hammadde olarak değerlendiren mobilya, doğrama, ahşap parke, prefabrik yapı gibi üretim alanlarını içermektedir (Akyüz, 2006).

Orman ürünleri endüstrisinde üretim teknolojileri yoğun bir şekilde uygulanmakta olup, hızlı küreselleşme sürecinin etkisiyle geçmiş dönemlere kıyasla bilgi ve sermaye kullanımı daha da önem kazanmıştır (Tank vd, 1998; Akyüz vd., 2013). Orman ürünleri sanayisinde üretilip pazara sunulan ürünler, bireylerin çalışma ve dinlenme gibi farklı yaşam alanlarında sürekli olarak kullandıkları materyalleri kapsamaktadır (Sevim Korkut ve Bozkurt Küçük, 2016).

Orman ürünleri sektörü, ülke ekonomisinin temel dinamiklerinden biri olarak, birçok sanayi dalı için vazgeçilmez bir konuma sahiptir. Bu sektör; inşaat,

mobilya, demir-çelik ve taşımacılık gibi farklı endüstrilere önemli katkılar sağlayarak ekonomik yapının bütüncül bir parçası hâline gelmektedir (Şahin, 2016). Sektörün başlıca ticari ürünü olan odun, dünya genelinde çeşitli endüstriyel amaçlarla kullanılmaktadır. Bilhassa, kâğıt hamuru ve kâğıt üretiminde orman ürünleri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Yıldırım ve Emiroğlu, 2022). Geniş bir ürün ve hizmet yelpazesine sahip olan orman ürünleri sektörü, çok sayıda sanayi koluna yarı mamul ya da hammadde girdisi sağlaması nedeniyle, orman varlıklarıyla birlikte ülkelerin ekonomik kalkınmasında stratejik bir rol üstlenmektedir (Kara vd., 2019). Odun hammaddesinin ekonomik değerini artırmaya yönelik üretim faaliyetlerinde bulunan orman ürünleri sanayi, zaman içerisinde ülke ekonomisinde giderek artan bir ağırlık kazanmıştır. İstihdama sağladığı katkı ve üretim süreçlerine dâhil ettiği ürünlerle ekonomik kalkınmayı destekleyerek, genel ekonomik faaliyetlerin gelişiminde önemli bir etken olmuştur (Yıldırım, 2006).

Orman ürünleri endüstrisi; ormanlardan elde edilen odun hammaddesini bükme, kesme, yarma, soyma, biçme, yongalama, presleme, buharlama, kurutma ve emprenye etme gibi çeşitli mekanik işlemlerle yapısal bütünlüğünü koruyarak veya kimyasal süreçler aracılığıyla bileşimini değiştirerek yarı mamul ya da mamul hâline dönüştüren bir üretim alanıdır. Ayrıca bu endüstri, orman ağaçları ve diğer bitkisel kaynaklardan elde edilen ürünleri işleyerek farklı sanayi kollarına hammadde sağlayan ve daha önce de vurgulandığı üzere diğer alt sektörlerin ürünlerini hammadde olarak kullanabilen kapsamlı bir endüstridir (Gökçe ve Akçıldız, 2010).

Türk orman endüstrisini günümüzde sadece kereste üretimiyle ele almak ve bu bağlamda değerlendirmek olanaksızdır. Kaplama, parke, kontrplak, lif levha, yonga levha, doğrama ve marangozluk ürünleri, kâğıt ve karton, palet ve ambalaj, mobilya üretimi gibi çeşitli alanlarda faaliyet gösteren (Akkaya vd., 2021) dünya çapında ki Türk işletmeleri ve çok sayıda KOBİ ülkemiz orman ürünleri endüstrisine hizmet etmekte, ülke ekonomisine gerek yarattıkları istihdam gerekse bölgeler arası gelişmişlik farklarını kapatma noktasında katkı sağlamaktadırlar.

Bunla beraber, Türkiye orman ürünleri endüstrisinin gerek çeşitli ürün gruplarının gereksinimleri doğrultusunda, gerekse piyasadaki tüketim ve üretim talebini karşılamak adına ithal hammaddeye olan (oduna) ihtiyacı bilinmektedir. Özellikle kaplama ve mobilya sektörlerinde ki üretimi aksatmamak adına, ithalata doğru yönelim bilinmektedir (Akkaya vd., 2020).

Küreselleşmenin de etkisiyle günümüzde global krizler bütün ülkeler tarafından şiddetle hissedilmekte, güçlü ekonomisi olmayan veya gelişmekte olan ülkeler bu krizlerden çok daha fazla etkilenmektedir. Ülkemiz orman ürünleri

endüstrisi için yapılan bazı çalışmalarda da belirtildiği üzere Türkiye orman ürünleri sektörünün daha güçlü bir yapıya bürünebilmesi için odun hammaddesi ithalatının en aza indirgenmesi ve yerli üretim miktarının artırılması, ormanların ve doğal kaynaklarımızın daha sürdürülebilir şekilde kullanılması önerilmektedir (Yıldırım ve Emiroğlu, 2022).

Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik kavramı geleneksel ve belki de en kabul gören haliyle: mevcut kuşağın ihtiyaçlarını karşılarken gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmamayı ve bu doğrultuda planlanması gereken bir büyümeyi ifade etmektedir (Agostinho vd., 2019). Sürdürülebilirlik kavramının ilk kullanımı, Alman orman mühendisi Hans Carl von Carlowitz tarafından 18. yy. başında yayımlanan *Sylvicultura Oeconomica* adlı ormancılık el kitabına dayanmaktadır. Odun kıt bir kaynak olduğundan, ormanların korunması ve yetişmesini geliştirmek maksadıyla öne sürülmüştür (Von Carlowitz, 1713). Sonraki süreçte, sürdürülebilirlik farklı disiplinlerce de kabul gören, etkili bir kavram halini almıştır. Zaman içerisinde sürdürülebilirlik kavramı gelişmiştir ve 1992'de Rio de Janeiro'da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansında ekonomik, çevresel ve sosyal alanlar sürdürülebilir kalkınmanın üç temel direği olarak belirlenmiştir (Santos vd., 2019).

Dünya nüfusu katlanarak artmaktadır. Nüfusun 2050 yılına kadar, %32'lik bir artışla 9.425 milyara ulaşması beklenmektedir (United Nations, 2015). Kaçınılmaz bu nüfus artışı neticesinde artacak olan tüketici talepleri mevcut ve sınırlı miktarda olan çevresel kaynakların ve sahip olunan üretim girdilerinin en akılcı ve yenilenebilir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle gerek çevre gerek ekonomi ve gerekse toplum açısından sürdürülebilirlik kavramı son derece önem arz etmektedir. Uygulamada, sürdürülebilirlik; çevresel kaynaklardan ödün vermeden, makul bir ekonomi ile sosyal refahı sağlamayı amaçlamaktadır (Koehler ve Hecht, 2006).

Günümüzde sürdürülebilirlik kavramı çok çeşitli alanlarda karşımıza çıkmaktadır. Literatür incelendiğinde sürdürülebilirliğin işletme yönetimine entegre edilmeye çalışıldığı görülmektedir. Pek çok bilim insanı kalıcı rekabet gücü sağlamak için, paydaşların, çalışanların ve toplumun refahı için, sürdürülebilirliğin işletmenin stratejilerine dahil edilmesi gerektiğini tartışmaktadır (Calabrese vd., 2019). Stratejik yönetimde kullanılan bu yaklaşım kurumsal sürdürülebilirlik olarak adlandırılmaktadır. Zaman içerisinde gelişen diğer bir yaklaşım ise sürdürülebilir üretimdir. Sürdürülebilir üretim ekonomik fayda sağlarken: çevresel etkileri en aza indirerek; bir ürünün yaşam döngüsü

boyunca çalışanlar, toplum ve tüketiciler için sosyal sorumluluklar üstlenerek üretim yapmak olarak tanımlanabilir (Zhang ve Haapala, 2015). Bu tanıma göre, çevresel etkiler en aza indirildiğinde, sosyal gereksinimler göz önünde bulundurulduğunda ve ekonomik faydalar elde edildiğinde sürdürülebilir üretim sağlanabilir (Zarte vd., 2019).

Döngüsel Ekonomi

Döngüsel ekonomi çevresel faydanın ön planda olduğu bir üretim modeli yaklaşımıdır (Hatipler ve Köksalan, 2021). Bu yaklaşımla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, geri dönüşüm, ürünlerin farklı amaçlarla tekrar değerlendirilmesi, ürünlerin ömrünün uzatılmaya çalışılması gibi uygulamalar teşvik edilerek sürdürülebilir bir yaşam döngüsünün ortaya konulması amaçlanmaktadır. Döngüsel ekonomi ile hem bakir hammadde kaynaklarının korunması hem de mevcutta üretime girmiş unsurların tekrar değerlendirilerek çevresel atıkların azaltılması hedeflenmektedir. Pratikte dünyada hâkim olan ekonomik model doğrusal yani lineer kullan at ekonomi modeli iken, özellikle son yıllarda artan dünya nüfusu, global ekonomik krizler vb. pek çok mesele, bütün ülkeleri lineer ekonomi modelinden döngüsel ekonomi yaklaşımına geçmeye zorlamaktadır.

Doğrusal ekonomik sistemde bir ürün üretmek için hammadde alınır, çeşitli üretim süreçlerinden geçirilerek o hammadde ürüne dönüştürülür, sonrasında tüketicinin kullanımına sunulur ve nihayetinde ürün tüketilerek atık halini alır (Önder, 2018). Döngüsel ekonominin temelinde ise yapıcı bir tutum yatmaktadır. İsrafin önlenmesi temel alınmaktadır (MacArthur, 2013). Döngüsel ekonominin temel dinamiklerini tanımlamak için 3R kavramından faydalanılır. Bu 3 R harfi İngilizce Recycle, Reuse, Reduce kelimelerinin baş harflerinden gelmektedir (Liu vd., 2017).

Konsepti incelediğimizde, Geri Dönüşüm: Atıkların doğrudan tekrar hammadde olarak kullanılabilmesi için geri dönüştürülmesini veya atık geri kazanma sistemlerinin işlevsel hale getirilmesini; Yeniden Kullanım: Kullanım ömrünü tamamlamış, atık haline gelmiş ürünlerin tamir, yenileme veya yeniden üretim ile ya bütünüyle ya da kısmen diğer ürünlerin üretiminde kullanılmasını; Azaltma: Üretim ve tüketim aşamalarında ortaya çıkan atıkların ve çevreyi kirleten unsurların azaltılmasını ifade etmektedir (Yang vd., 2014).

Döngüsel ekonomi uygulamalarına geçiş, kapsamlı ve yapısal değişiklikler gerektirmekte olup hem makro hem de mikro düzeyde çeşitli engellerle karşılaşmaktadır. Bu yaklaşımın yaygınlaştırılması, üretim süreçleri ile tüketim alışkanlıklarında temel dönüşümleri zorunlu kılmaktadır. Öte yandan, döngüsel ekonomi uygulamalarının etkinleştirilmesi için, mevcut durumda doğrusal

ekonominin neden hâlâ baskın bir model olarak sürdüğüünün anlaşılması da kritik öneme sahiptir (Veral, 2021).

Sürdürülebilir kalkınma paradigması içinde yer alan sürdürülebilir üretim yaklaşımları aracılığıyla, döngüsel ekonomi modeli uygulanabilir hâle gelmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir üretim süreçleri sayesinde çevresel dışsallıklar azaltılabilir; enerji ve doğal kaynakların verimli kullanımı teşvik edilebilir (örneğin, üretim ve tüketim süreçlerinde entegre çevre–ekonomi–toplum yaklaşımları benimsenmektedir). Ayrıca, yeniden kullanım, yeniden üretim ve atıkların geri dönüşümü gibi döngüsel ekonomi ilkeleri; sürdürülebilir üretim uygulamalarının yaygınlaştırılması ve etkinliğinin artırılması noktasında önemli araçlar olarak kabul edilmektedir (Moktadir vd., 2018). Öte yandan, döngüsel ekonomi ilkelerinin hayata geçirilmesi, mevcut doğrusal üretim ve tüketim modellerinin yerini alabilecek bir çözüm olarak giderek daha fazla vurgulanmaktadır (Saidani vd., 2019). Bu çerçevede, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için döngüsel ekonomi stratejilerinin benimsenmesi önem kazanmaktadır.

Sürdürülebilirlik Orman Ürünleri Endüstrisine Nasıl Entegre Edilebilir

Hızla değişen dünyada orman ürünleri sanayi de aynı şekilde değişmektedir. Sektörde önemli yapısal değişiklikler olmaktadır. Değişen müşteri talepleri ve değerleri, birçok ürün için ortaya çıkan yeni pazarlar ve rekabetçi yeni ürünlere olan ihtiyaç, küreselleşme, iklim değişikliği, hammadde kıtlığı, sürdürülebilirlik sorunları konusunda farkındalığın artması ve döngüsel biyoekonomiye doğru yönelim mevcut iş ortamını giderek daha karmaşık hale getirmektedir (Näyhä, 2019). Ormancılık faaliyetlerine dayalı işletmeler, ahşabın yenilenebilir bir doğal kaynak olma durumundan dolayı genellikle sürdürülebilir olarak görülmektedir. Bununla birlikte, ahşabın endüstriyel kullanımı değişime neden olur ve ekosistemler üzerinde olumsuz etkilere yol açar. Özellikle, birçok paydaş büyük ölçekli hasadı (örneğin, biyoenerji üretimi için) ve bunun karbon dengesi ve biyoçeşitlilik üzerindeki etkilerini eleştirmektedir ve bu nedenle, ahşabı kullanmanın çevresel ve toplumsal olarak kabulüne dair eleştiriler giderek daha fazla dile getirilmektedir (Näyhä ve Horn, 2012; Kleinschmit vd., 2014; de Besi ve McCormick, 2015).

Sürdürülebilir üretimin net ve yaygın bir biçimde kabul görmüş bir tanımı yoktur (Bonvoisin vd., 2017). Yine de literatürde uzlaşmaya varılmış temel noktaları mevcuttur. Bunlar: Bir ürünün son hali ve üretimi (yaşam döngüsü) bu süreçte dikkate alınmalıdır, çevreye verilen zarar en aza indirgenmelidir, toplumsal ve ekonomik bir katkı yaratmalıdır. Bu noktalar ışığında sürdürülebilir üretimi şu şekilde kısaca tanımlamak mümkündür: ekonomik açıdan sağlam

süreçlerle olumsuz çevresel etkileri en aza indirgeyen, enerji ve doğal kaynaklardan tasarruf ederek yapılan üretim (Akbar ve Irohara, 2018). Bu tanımlama gösteriyor ki sürdürülebilir üretim sürdürülebilirliğin üç temel direğinden en az iki temel direğini ele almaktadır. Yani: ekonomik boyut ile birlikte çevresel ya da sosyal boyut (Badurdeen ve Jawahir, 2017). Sürdürülebilir üretimi başarmak için imalatın üç ayrılmaz unsuru olan ürün, süreç ve sistem, ürünün veya sürecin kalitesini korurken veya arttırırken; olumsuz çevresel etkiyi azaltmalı, enerji ve kaynakların verimliliğini arttırmalı, atığı azaltmalı, operasyonel güvenliği sağlamalı ve kişisel sağlığı iyileştirmelidir (Jawahir vd., 2013). Sürdürülebilir üretim ile ilgili yapılan çalışmalara rağmen hala üretimin bütün unsurları için gelişmiş modellere, sürdürülebilirlik değerlendirmesi için ölçütlere ve optimizasyon yöntemleri gibi araçlara ihtiyaç vardır (Jayal vd., 2010).

Döngüsel ekonomi, orman ve orman ürünleri sektöründe etkili bir şekilde uygulanabilir; bu yaklaşım, bakir hammadde kullanımının ve CO₂ emisyonlarının azaltılmasını, ahşap ürünlerin tekrar kullanımını, geri dönüşümünü ve kullanım ömürlerinin uzatılmasını teşvik etmektedir (Lazaridou vd., 2021). Orman ürünleri sektöründe döngüsel ekonomi uygulamaları, ahşap türlerinin en uygun ve değerli kullanım alanlarına göre optimize edilmesini, odunsu maddelerden enerji geri kazanımını, değeri düşük orman artıklarının pazarlanabilir unsurlara dönüştürülmesi vb. uygulamaları kapsamaktadır. Bu uygulamalar, çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan çeşitli faydalar sağlarlar; örneğin yeni istihdam yaratma ve sürdürülebilir büyüme. Ahşap ürünlerin kademeli olarak kullanımı (cascading) ve atık ahşabın geri dönüşümü, döngüsel ekonomi stratejilerinin önemli bir parçasıdır (Lazaridou ve ark., 2021).

Sektörel açıdan ele alındığında, orman ürünleri endüstrisi önemli miktarda atık üretmektedir ve bu atıklar uygun şekilde işlendiğinde yeniden kullanılabilir; örneğin, atık mobilyalar, yonga levha üretiminde değerlendirilebilir. Avrupa ülkelerinde geri dönüşüm sistemleri başarıyla uygulanmış olup, yonga levhalarda geri dönüştürülmüş ahşap oranı %30 ile %75 arasında değişmektedir (Kies ve Jancke, 2022); ancak Türkiye’de atık mobilya toplama verileri eksik olduğundan, maliyet-etkinlik ve fizibilite analizleri sınırlıdır. Geri dönüştürülmüş ahşapta bulunan kimyasal maddeler, verimli ve ekonomik, büyük ölçekli geri dönüşüm tesislerini zorunlu kılmaktadır. Bu durumda, ciddi bir zorluk oluşturmaktadır. Bu bağlamda üreticiler, yerel toplayıcılar ve kamu kurumları arasında iş birliği, etkili bir atık yönetimi ve toplama sisteminin kurulmasında kritik öneme sahiptir (Kies ve Jancke, 2022).

Düşük yoğunluklu lif levhalar ve yalıtım malzemeleri, tamamen geri dönüştürülmüş ahşap liflerinden üretilebilir; bu uygulamalar teknik olarak uygun,

ekonomik olarak değerli ve çevresel açıdan faydalıdır; enerji gereksinimi dk ve karbon emisyonları daha azdır (Kies ve Jancke, 2022). Ancak Türkiye’de geri dönüşüm altyapısının yetersizliği, sınırlı tüketiciler farkındalığı ve yasal teşvik eksikliği, geri dntrlm aap tedarikini engellemektedir. Devlet destekli belediye toplama sistemleri ve hedefli geri dönüşüm çalışmaları, sanayi için kaliteli atık malzemelerin temini açısından kritik öneme sahiptir.

Sonuç

Günümüzde küresel ölçekte hiçbir ülke ve endüstrinin sürdürülebilir yaklaşımlara yüz çevirme şansının olmadığı aıkarır. Bu bağlamda gerek ülkemiz gerekse Türkiye Orman rnleri Endüstrisi bu bölümde değinilen sebepler bağlamında sürdürülebilirliği mümkün olan her alanda benimsemek ve uygulamak zorundadır. Orman rnleri endüstrisinde sürdürülebilir yaklaşımların temel olarak iki farklı alanda uygulanabileceği düşünülmektedir. Bunlardan ilki hammadde bazlı, diğeri ise üretim ve ürün bazlıdır.

Türkiye’de sürdürülebilir orman yönetimi prensipleri benimsenmekte ve uygulanmaktadır. Bu noktada yapılacak olan bütün iyileştirmeler doğrudan sürdürülebilirlik konseptine katkı sunmakta ve hammaddenin sürdürülebilirliği noktasında direkt etkilidir. İkinci husus olan üretim ve ürün bazlı sürdürülebilirlik ise döngüsel ekonominin orman ürünleri endüstrisine entegrasyonu ile olabilir. Halı hazırda ülkemizde ve dünya genelinde dolaşan, kullanım ömrünü tamamlamış ve hurda aap olarak nitelenen aap ve odun esaslı malzeme atıkları toplanarak endüstrideki işletmeler tarafından kullanılabilir. Bu sayede hem bakir hammadde kullanımı azalacak hem de düşük enerji maliyetleri ile, atık durumda olan ürünler tekrar değerlendirilecektir. Tüketicilerin ve işletmelerin bilinlendirilmesiyle, özellikle mobilya gibi ürünlere ikinci bir hayat verilerek tekrar farklı alanlarda kullanılabilirliklerine dair pek çok örnek mevcuttur. Döngüsel ekonomi çok detaylı bir alan olup, her aşamasının ürün ve alt sektör bazlı nasıl entegre edilebileceğine dair kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır. Yine de Avrupa Birliğinin yayınlamış olduğu raporlar, sektöre ışık tutar bir niteliktedir.

Sürdürülebilir üretime katkı sağlayan diğer bir ürün ve üretim yaklaşımı ise, daha çevreci ve daha düşük karbon emisyonuna sebep veren ürün eitleri ve üretim yöntemlerini benimsemektir.

Kaynaklar

- Agostinho, F., Richard Silva, T., Almeida, C. M. V. B., Liu, G., & Giannetti, B. F. (2019). Sustainability assessment procedure for operations and production processes (SUAPRO). *Science of the Total Environment*, 685, 1006–1018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.261>
- Akbar, M., & Irohara, T. (2018). Scheduling for sustainable manufacturing: A review. *Journal of cleaner production*, 205, 866-883.
- Akkaya, M., Ok, K., Koç, M., Akseki, İ. & Akkaş, M. E., (2020). Türkiye’de ithal odun hammaddesinin sektörel kullanımı, *Turkish Journal of Forestry*, 21(3): 279-293. doi:10.18182/tjf.766501.
- Akkaya, M., Ok, K., Koç, M., Akseki, İ., & Akkaş, M. E. (2021). Türkiye’de İthal Odun Hammaddesiyle İlişkili Orman Endüstri İşletmelerinin Genel Yapısı. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(1), 57–77. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.828264>
- Akyüz, K. C. (2006). Avrupa Birliği Sürecinde Türkiye Orman Ürünleri Sanayinin Rekabet Düzeyi.
- Akyüz, K.C., Külahlı, C., Yıldırım, İ., Balaban, Y. 2013. İnegöl Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinde İleri İmalat Teknolojilerinin Kullanımı, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 14, 113-120.
- Badurdeen, F., Jawahir, I.S., 2017. Strategies for value creation through sustainable manufacturing. *Proc. Manuf.* 8, 20-27
- Balaban, Y. (2007). Orman ürünleri sanayi ve ekonomik büyüme. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Bonvoisin, J., Stark, R., & Seliger, G. (2017). Field of research in sustainable manufacturing. In *Sustainable manufacturing: Challenges, solutions and implementation perspectives* (pp. 3-20). Cham: Springer International Publishing.
- Çabuk, Y., Yeşilkaya, M., & Karayılmazlar, S. (2016). Türkiye ahşap işleme makineleri üretim sektörünün işletme yapısının incelenmesi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 18(1), 72-80.
- Calabrese, A., Costa, R., Levaldi, N., & Menichini, T. (2019). Integrating sustainability into strategic decision-making: A fuzzy AHP method for the selection of relevant sustainability issues. *Technological Forecasting and Social Change*, 139, 155-168.
- de Besi, M., McCormick, K., 2015. Towards a BE in Europe: national, regional and industrial strategies. *Sustainability* 7 (8), 10461-10478.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). The State of the World’s Forests 2022. FAO.
- Gökçe, A., & Akyildiz, M. H. (2010). Kastamonu İli Orman Ürünleri Endüstrisi.

- Hatıplı, M., & Köksalan, N. (2021). Döngüsel Ekonomi ve Yeşil Pazarlama. 20–21.
- Jawahir, I.S., Badurdeen, F., Rouch, K.E., 2013. Innovation in sustainable manufacturing education. In: Proc. 11th Global Conference on Sustainable Manufacturing. Berlin, Germany, September 23-25, pp. 9e16. ISBN 978-3-7933-2609-5
- Jayal, A.S., Badurdeen, F., Dillon Jr., O.W., Jawahir, I.S., 2010. Sustainable manufacturing: modelling and optimization challenges are the product, process and system levels. CIRP J. Manuf. Sci. Technol. 2, 144-152
- Kara, O., Şahin, Ö., Bekar, İ., Kayacan, B., (2019). Endüstriyel ağaç ve ahşap ürünleri sektörünün uluslararası rekabet gücü analizi: Türkiye örneği. Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi. 15(1): 15-32.
- Kies, U., & Jancke, O. (2022). Innovative Practices of Wood Industries in the Circular Economy in Europe. WoodCircus D3.2 final report. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5865052>
- Kleinschmit, D., Lindstad Hauger, B., Thorsen Jellesmark, B., Toppinen, A., Roos, A., Baardsen, S., 2014. Shades of green: a social scientific view on bioeconomy in the forest sector. Scand. J. For. Res. 29 (4), 402-410.
- Koehler, D., Hecht, A.D., 2006. Sustainability, well-being, and environmental protection: perspectives and recommendations from an Environmental Protection Agency forum. Sustain. Sci. Pract. Policy 2 (2):22–28. <https://doi.org/10.1080/15487733.2006.11907981>
- Kurtoğlu, A., & Kahveci, M. (1989). Dünya'da ve Türkiye'de ağaç işleyen makine üretimi ve ticareti. Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University, 39(3), 14-24.
- Kurtoğlu, A., Koç, K. H., & Aksu, B. (2000). Türkiye ağaç malzeme işleme makineleri sanayiinin yapısal görünümü. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, B50(2), 60-75.
- Lazaridou, D. C., Michailidis, A., & Trigkas, M. (2021). Exploring environmental and economic costs and benefits of a forest-based circular economy: A literature review. Forests, 12(4), 436.
- Liu L., LiangY., Song Q. ve Li J., (2017). A review of waste prevention through 3R under the concept of circular economy in China, Journal of Material Cycles and Waste Management, 19(4):1314-1323.
- MacArthur, E. (2013). Towards the Circular Economy, Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK.
- Moktadir, A., Rahman, T., Rahman, H., Ali, S.M. ve Paul, S.K. (2018). “Drivers to Sustainable Manufacturing Practices and Circular Economy: A

- Perspective of Leather Industries in Bangladesh”, *Journal of Cleaner Production* 174, 1366-1380.
- Näyhä, A. (2019). Transition in the Finnish forest-based sector: Company perspectives on the bioeconomy, circular economy and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 209, 1294-1306.
- Nayha, A., Horn, S., 2012. Environmental sustainability: aspects and criteria in forest biorefineries. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal* 3 (2), 161e185.
- Önder, H. (2018). Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışında Yeni Bir Kavram: Döngüsel Ekonomi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 57, 196–204.
- Radkau, J. (2012). *Wood: A history* (P. Camiller, Trans.). Polity Press
- Şahin, D., (2016). Türkiye’de ormana dayalı sektörlerin dış ticaret yapısının analizi. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(3): 181-196.
- Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F. ve Kendall, A. (2019). “A Taxonomy Of Circular Economy Indicators”, *Journal of Cleaner Production* 207, 542-559.
- Santos, R., Castanho, R. A., & Lousada, S. (2019). Return Migration and Tourism Sustainability in Portugal: Extracting Opportunities for Sustainable Common Planning in Southern Europe. *Sustainability*, 11(22), 6468. <https://doi.org/10.3390/su11226468>
- Sevim Korkut, D., & Bozkurt Küçük, B. (2016). İnegöl Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinin Yapısal Analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 107–107. <https://doi.org/10.24011/barofd.267298>
- Soygüder, A. (2025). Türkiye’deki Orman Endüstri Makineleri Sektörünün Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler Vasıtasıyla Rekabet Gücünün Belirlenmesi. *İşletme Bilimi Dergisi*, 13(2), 229–252. <https://doi.org/10.22139/jobs.1623136>
- Tank, T., Göker, Y., Kurtoğlu, A., Erdin, N. 1998. Türkiye’de Orman Ürünleri Endüstrisindeki Gelişmeler, Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu Bildiri Kitabı, 21-23 Ekim 1998, İstanbul, 471-479.
- United Nations (2015). Population division (2015). World population prospects: The 2015 revision, key findings and advance tables (No. ESA/P/WP.241). Retrieved from https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/fles/key_findings_wpp_2015.pdf.

- United Nations Economic Commission for Europe / Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). Forest products annual market review 2019–2020. UNECE/FAO.
- Veral, E. S. (2021). Döngüsel Ekonomi: Engeller, Stratejiler ve İş Modelleri. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 8(1), 7–18.
- von Carlowitz, Hans Carl, 1713. *Sylvicultura Oeconomica*
- World Commission on Environment and Development. (1987). Our common future. Oxford University Press.
- Yang Q. Z., Zhou J., & Xu K., (2014). A 3R Implementation Framework to Enable Circular Consumption in Community, International Journal of Environmental Science and Development, 5(2):217-222.
- Yıldırım, İ. & Emiroğlu, E. (2022). Türkiye ve dünyada orman ürünleri sanayi sektörüne ait bazı ürünlerin karşılaştırmalı analizleri. Ormancılık Araştırma Dergisi, Karok 2021, 155-164. DOI: 10.17568/ogmoad.1090122
- Yıldırım, İ., (2006). Orman Endüstrisine Ait Bazı Ürün Gruplarının Avrupa Birliği Sürecindeki Rekabet Edilebilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zarte, M., Pechmann, A., & Nunes, I. L. (2019). Decision support systems for sustainable manufacturing surrounding the product and production life cycle—A literature review. Journal of Cleaner Production, 219, 336-349.
- Zhang, Hao, Haapala, Karl R., 2015. Integrating sustainable manufacturing assessment into decision making for a production work cell. J. Clean. Prod. 105, 52e63. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.038>. Zhao,