



RESILIENCE

e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Resilience

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>

İklim Değişikliğinin Peyzaj Tasarımına Etkisi: Sürdürülebilirlik, Dirençlilik ve Adaptasyon Yaklaşımları

Impact of Climate Change on Landscape Design: Sustainability, Resilience and Adaptation Approaches

Halil DUYMUS^{1,*} 

ORCID: 0000-0002-8113-9674

Öne Çıkanlar / Highlights

- İklim değişikliği ile mücadelede peyzaj mimarlığının stratejik rolü
- Doğal altyapı çözümleri
- Adaptasyon stratejileri
- Su yönetimi ve doğal kaynakların korunması
- Ekosistem hizmetlerinin artırılması
- Gelecekte sürdürülebilir peyzaj projelerinin etkisi



Makale Bilgisi /

Article Info

Gönderim / Received:

23/10/2024

Kabul / Accepted:

04/02/2025

Anahtar Kelimeler

İklim değişikliği

Peyzaj mimarlığı

Sürdürülebilirlik,

Dirençlilik

Adaptasyon

Keywords

Climate change

Landscape architecture

Sustainability

Resilience

Adaptation

Özet

Bu çalışma, peyzaj mimarlığının iklim değişikliğiyle mücadeledeki stratejik rolünü incelemeyi amaçlamaktadır. Sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon kavramları temel alınarak, peyzaj mimarlığının çevresel ve toplumsal faydalar sunma potansiyeli değerlendirilmektedir. Araştırma kapsamında, peyzaj mimarlığı perspektifinden su yönetimi, yeşil altyapılar ve doğal kaynakların korunması gibi stratejiler ele alınmakta ve sürdürülebilirlik ile dirençlilik odaklı başarılı projeler incelenmektedir. Bu bağlamda, iklim değişikliğinin peyzaj tasarımına etkilerini belirlemek amacıyla sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon yaklaşımlarını konu alan akademik çalışmalar derlenmiştir. Veriler, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, IEEE Xplore, Google Scholar, JSTOR ve Scopus gibi veri tabanlarında "sustainable and resilient design approaches in landscape architecture" ve ilgili anahtar kelimelerle yapılan taramalar sonucunda elde edilmiştir. Yüksek atıf sayısına sahip makaleler önceliklendirilmiş ve dünya genelindeki başarılı peyzaj projeleri, sürdürülebilirlik ve dirençlilik bağlamında değerlendirilmiştir. Peyzaj mimarlığının, su taşkınları, kuraklık ve aşırı sıcaklık gibi iklim değişikliği etkilerine karşı dayanıklı ve uyumlu tasarımlar sunarak çevresel sürdürülebilirliği desteklediği ortaya konmuştur. Çalışma, peyzaj mimarlığının iklim değişikliğine karşı çevresel ve toplumsal direnç sağlama kapasitesini artırmadaki etkisini vurgulamakta ve gelecekteki projelerin sürdürülebilirlik ile adaptasyon odaklı stratejilerle daha etkili çözümler sunabileceğini öngörmektedir.

Abstract

The objective of this study is to examine the strategic role of landscape architecture in combating climate change. The potential of landscape architecture to provide environmental and social benefits is evaluated on the basis of the concepts of sustainability, resilience and adaptation. The research encompasses an examination of strategies such as water management, green infrastructure and the protection of natural resources, with a particular focus on their implementation within the context of landscape architecture. Additionally, it analyses the success of projects that have been designed with sustainability and resilience in mind. In this context, academic studies on sustainability, resilience and adaptation approaches were collated in order to determine the effects of climate change on landscape design. The data were obtained by searching a number of databases, including Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, IEEE Xplore, Google Scholar, JSTOR and Scopus, using the following keywords: 'sustainable and resilient design approaches in landscape architecture' and related keywords. The articles with the highest number of citations were given priority,

*Corresponding author, e-mail: hduymus@cu.edu.tr

and the successful landscape projects around the world were evaluated in the context of sustainability and resilience. It was revealed that landscape architecture supports environmental sustainability by providing resilient and adaptive designs against climate change impacts such as floods, droughts and extreme temperatures. The study emphasises the impact of landscape architecture in increasing the capacity of environmental and social resilience to climate change and predicts that future projects can offer more effective solutions with sustainability and adaptation-oriented strategies.

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, günümüzün en büyük küresel sorunlarından biri olarak, çevresel dengenin bozulmasına ve sürdürülebilir yaşam koşullarının tehdit edilmesine yol açmaktadır (Pettorelli 2012). Artan sıcaklıklar, değişen yağış rejimleri, deniz seviyesindeki yükselme, kuraklık ve sel gibi doğal afetlerin sıklığındaki artış hem doğal hem de yapıli çevreler üzerinde derin etkiler yaratmaktadır (Sheppard 2015). Bu değişiklikler, biyolojik çeşitliliği tehlikeye sokmakta, ekosistemlerin fonksiyonlarını zayıflatmakta ve insan yerleşimlerini giderek daha kırılgan hale getirmektedir (Hof vd., 2017). İklim değişikliğinin bu geniş kapsamlı etkileri, şehir planlaması, mühendislik ve peyzaj mimarlığı gibi disiplinlerin, çevresel riskleri en aza indirmeye yönelik stratejik müdahaleler geliştirmesini zorunlu kılmaktadır (Opdam vd., 2009).

Peyzaj mimarlığı, doğal ve yapıli çevrelerin sürdürülebilir yönetiminde merkezi bir rol oynamaktadır. Bu disiplin, iklim değişikliğinin neden olduğu baskılara karşı dirençli şehirler, kırsal alanlar ve ekosistemler tasarlayarak, ekolojik sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlamaktadır. Peyzaj mimarlığının iklim değişikliği bağlamındaki önemi, yalnızca estetik bir düzenleme aracı olmasından değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerini optimize edebilme, su ve enerji kaynaklarının verimli kullanımını teşvik etme, karbon emisyonlarını azaltma ve biyolojik çeşitliliği artırma işlevlerinden kaynaklanmaktadır (Lenzholzer ve Brown, 2013). İklim değişikliği bağlamında peyzaj mimarlığı, dirençli yeşil altyapılar oluşturmak, su yönetimini optimize etmek ve kentlerde mikro iklimi düzenlemek gibi çok yönlü işlevler üstlenmektedir (Stańczuk-Gałowiczek vd., 2018). Bu nedenle peyzaj mimarlığı, iklim krizine karşı uyum ve direnç stratejilerinin geliştirilmesinde kritik bir disiplin haline gelmiştir.

Bu çalışma, peyzaj mimarlığının iklim değişikliğine karşı stratejik rolünü değerlendirerek; sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon kavramlarına odaklanmaktadır. Çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin çevresel, toplumsal ve ekonomik etkilerini peyzaj mimarlığı perspektifinden incelemek ve peyzaj mimarlığı disiplininin sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon stratejileri ile bu etkileri hafifletmedeki rolünü açıklamaktır. Araştırmada, peyzaj mimarlığının iklim değişikliğine karşı geliştirdiği su yönetimi, yeşil altyapılar ve doğal kaynakları koruma stratejileri kapsamlı bir şekilde ele alınmaktadır.

Bu çalışmada, literatür taraması ve kavramsal çerçeve analizi kullanılarak peyzaj mimarlığında sürdürülebilir ve dirençli tasarım yaklaşımları değerlendirilmiştir. Örnek uygulamalar ve başarı hikayeleri üzerinden, doğa temelli çözümler ve yeşil altyapı projeleri bağlamında peyzaj mimarlığının iklim değişikliğine uyum ve direnç sağlama potansiyelleri incelenmiştir.

İklim değişikliği ve peyzaj mimarlığı alanında yapılan araştırmalar, bu iki konunun etkileşimini anlamak için önemli bir çerçeve sunmaktadır. Literatürde iklim değişikliğinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri geniş çapta ele alınmış olup, Shankar (2018) çalışmasında, iklim değişikliğinin doğal çevre ve insan yerleşimleri üzerindeki tehditlerine dikkat çekmektedir. Bu araştırmalar, peyzaj mimarlığının doğa temelli çözümler sunarak ekosistem hizmetlerini destekleme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Arcidiacono ve arkadaşları (2016), sürdürülebilir peyzaj tasarımının kentlerde karbon emisyonlarını azaltma, su döngüsünü düzenleme ve mikro iklim yaratma gibi etkilerini vurgulamaktadır.

Peyzaj mimarlığı açısından yapılan diğer literatür incelemelerinde, iklim değişikliğinin yol açtığı afetlerin etkilerini azaltmak için yeşil altyapı çözümlerinin önerildiği görülmektedir. Stefanakis (2019),

doğal su yollarının korunmasının taşkın risklerini azaltmada etkili olduğunu, Breed ve arkadaşları (2015) ise sulak alan yönetimi ve ağaçlandırma projelerinin su döngüsünü destekleyerek çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığını belirtmektedir. Peyzaj mimarları, doğa ile uyumlu tasarım çözümleri geliştirerek, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı esnek ve dirençli alanlar yaratma potansiyeline sahiptir.

Peyzaj mimarlığı, iklim değişikliğine karşı çevresel sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon stratejilerini bir araya getirerek doğal ve yapılı çevrelerin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı direnç kazanmasını sağlamayı hedeflemektedir. Wiens (2012) ve Angelstam ve arkadaşları (2018) gibi araştırmacılar, peyzaj mimarlığının insan faaliyetlerinin ekosistemler üzerindeki etkilerini azaltma ve doğal kaynakları koruma amacını desteklemesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda, peyzaj mimarlığının doğa temelli çözümlerle kentlerin sürdürülebilirliğini artırma ve iklim değişikliği karşısında dirençli yapılar inşa etme kapasitesi ön plana çıkmaktadır.

Yeşil altyapı çözümlerinin biyolojik çeşitliliği artırma, karbon emisyonlarını azaltma ve mikro iklim yaratma gibi avantajları literatürde sıkça vurgulanmaktadır. Demuzere ve arkadaşları (2014) ile Çetin ve arkadaşları (2024) gibi çalışmalar, kentsel alanlardaki yeşil alanların sıcak hava dalgalarına karşı serinleme noktaları oluşturarak ısı adası etkisini azalttığını ve hava kalitesini artırdığını belirtmektedir. Böylece peyzaj mimarlığı, iklim değişikliğine karşı sürdürülebilir kentler oluşturmanın yanı sıra, insan-çevre ilişkilerini iyileştirerek toplumsal faydalar da sunmaktadır.

Peyzaj mimarlığı, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarını ve su yönetimi stratejilerini entegre etmektedir. Hussain ve arkadaşları (2014) ile Elyan ve Mohamed (2019), doğal aydınlatma ve havalandırma sistemlerinin entegre edilmesinin karbon ayak izini azaltmada etkili olduğunu vurgulamaktadır. Mahanta ve Rajput (2019) ise su yönetimi stratejilerinin, peyzaj tasarımında sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir unsur olduğunu ifade etmektedir. Bu tür stratejiler, çevresel kaynakların verimli kullanımını teşvik ederken, peyzaj tasarımının iklim değişikliğine karşı dirençli hale gelmesine katkı sağlar.

Bu çalışmanın özgün katkısı, iklim değişikliğinin çevresel, toplumsal ve ekonomik etkilerini peyzaj mimarlığı perspektifinden ele alarak, peyzaj mimarlığının sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon stratejileriyle bu etkilerle başa çıkabilme potansiyelini ortaya koymasındır. Bu çerçevede çalışma, iklim değişikliği ve peyzaj mimarlığının kesişiminde yer alan çevresel sürdürülebilirlik ve insan-çevre ilişkilerini destekleyen tasarım yaklaşımlarına odaklanmaktadır.

Bu çalışma, peyzaj mimarlığı alanında yapılacak gelecekteki araştırmalar için değerli bir kaynak sağlamayı amaçlamaktadır. İklim değişikliğiyle mücadelede peyzaj tasarımının rolü ve etkileri üzerine yapılacak daha geniş çaplı çalışmaların, yerel yönetimler, mimarlar ve çevre bilimciler için pratik öneriler sunması beklenmektedir. Çalışma ayrıca, peyzaj tasarımında yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesine ve iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik disiplinler arası iş birliklerinin güçlendirilmesine zemin hazırlamaktadır.

Bu araştırma, mevcut literatürdeki çalışmaların geniş bir analizine dayanmakta olup, peyzaj mimarlığının sürdürülebilir kentleşme ve çevresel uyum stratejilerindeki kilit rolünü vurgulayarak iklim değişikliğine karşı daha dirençli topluluklar ve ekosistemler oluşturma hedefine katkı sağlamaktadır.

2. YÖNTEM

Çalışmada iklim değişikliğinin peyzaj tasarımına etkisini belirlemek için sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon yaklaşımlarını ele alan akademik çalışmalar Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, IEEE Xplore, Google Scholar, JSTOR ve Scopus veri tabanları üzerinde taramalar yapılarak derlenmiş ve incelenmiştir. Arama kriterleri, konu başlığı "sustainable and resilient design approaches in landscape architecture" ve "Climate Change," "Landscape Architecture," "Adaptation," "Sustainability," ve "Resilience" gibi anahtar kelimeler/terimleri içermektedir. Aramalar, Environmental Studies, Environmental Sciences, ve Architecture gibi kategorilerde yapılmış; Environmental Sciences Ecology

araştırma alanı dâhil edilmiştir. Araştırmalar, Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) ve Social Sciences Citation Index (SSCI) gibi endekslerde taranmış olup, incelenen makaleler yüksek atıf sayısına sahip araştırma ve derleme makaleleri arasından seçilmiştir. Makale değerlendirmeleri ilgili konu başlıkları altında literatüre katkı sağlaması açısından bütüncül olarak ele alınmış ve sunulmuştur. Bu kapsamda dünya genelinde iyi uygulama örneği olarak gösterilen peyzaj projeleri sürdürülebilirlik, dirençlilik, adaptasyon ve yeşil altyapı çözümlerinin başarı hikayeleri literatürle ilişkilendirilerek ele alınmıştır.

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE PEYZAJ MİMARLIĞI: GENEL BİR BAKIŞ

İklim değişikliği, son yıllarda dünya çapında en çok tartışılan konulardan biri haline gelmiştir. Atmosferde biriken sera gazlarının artması sonucu meydana gelen küresel ısınma, iklim sistemini etkileyerek doğal ve insan yapımı çevrelerde çeşitli değişimlere neden olmaktadır (Mitrenova et al., 2022; Dastgerdi & Kheyroddin, 2023). Bu süreç, sadece sıcaklıkların artmasıyla sınırlı kalmayıp, kuraklık, sel, aşırı hava olayları ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi geniş çaplı etkilerle kendini göstermektedir (Mina et al., 2022). İklim değişikliği, doğal ekosistemleri olduğu kadar insan yerleşimlerini ve yaşam tarzlarını da tehdit eder hale gelmiştir (Lambrou, 2022; Campbell et al., 2023). Bu bağlamda, çevresel sürdürülebilirlik kavramı her zamankinden daha kritik bir hal almıştır.

Peyzaj mimarlığı, iklim değişikliğine karşı geliştirilen sürdürülebilirlik stratejilerinde merkezi bir rol oynamaktadır (Tomatis et al., 2023; Alomari et al., 2023). Peyzaj mimarları, iklim değişikliğinin getirdiği çevresel baskılara yanıt vermek amacıyla doğa ile uyumlu, ekolojik sistemleri güçlendiren ve insan-çevre ilişkilerini iyileştiren tasarım çözümleri geliştirmektedirler (Yoffe et al., 2023; Brunckhorst & Trammell, 2023). Bu çalışmada, iklim değişikliği olgusunu ve etkilerini analiz ederken, peyzaj mimarlığının çevresel sürdürülebilirlik ve dirençlilik açısından oynadığı rolü ele almaktadır. Ayrıca, peyzaj tasarımının değişen iklim koşullarına nasıl uyum sağlayabileceği ve bu doğrultuda hangi stratejilerin geliştirilebileceği üzerinde durulmaktadır.

3.1. İklim Değişikliği Olgusu ve Etkileri

İklim değişikliği, son yüzyılda atmosferde biriken sera gazlarının neden olduğu, uzun dönemli sıcaklık artışlarına ve iklimsel değişimlere işaret eden bir olgudur. Sanayi devriminden bu yana fosil yakıtların yoğun şekilde kullanılması, ormansızlaşma ve endüstriyel faaliyetler, atmosferdeki karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve azot oksit (N₂O) gibi sera gazlarının birikmesine yol açmıştır (Shakoor vd., 2020; Tekalign, 2016). Bu gazlar, güneşten gelen enerjinin bir kısmını atmosferde tutarak Dünya'nın genel ısınmasına neden olmaktadır (Cox ve Jeffery, 2009; Houghton, 2005). Küresel ortalama sıcaklıkların artması, iklim sisteminde geniş çaplı değişimlere neden olurken, bu değişiklikler çevresel, ekonomik ve toplumsal sonuçlar doğurmaktadır (Shankar ve Shikha, 2018; Singh Malhi vd., 2021).

İklim değişikliğinin en belirgin etkilerinden biri sıcaklık artışıdır (Betts vd., 2007; Papadopol, 2000). Ancak bu durum, yalnızca hava sıcaklıklarında artış olarak değerlendirilemez. İklim değişikliği, yağış rejimlerinde önemli değişikliklere yol açmakta, bazı bölgelerde aşırı kuraklık, diğer bölgelerde ise yoğun yağış ve sel baskınlarına neden olmaktadır (Zaccheaus, 2015; Warren vd., 2009). Ayrıca, deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı yerleşimlerinde erozyon ve taşkın riskini artırmaktadır (Schneider, 1989; Gu, 2023). İklim değişikliğinin bir diğer önemli sonucu, biyolojik çeşitliliğin azalmasıdır. Pek çok tür, değişen iklim koşullarına uyum sağlayamadığı için yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır (Tekalign, 2016; Warren vd., 2011). Ekosistemlerin bozulması, doğal döngülerin ve hizmetlerin aksamasına neden olurken, bu durum tarım, su kaynakları ve insan sağlığı üzerinde de doğrudan etkiler yaratmaktadır.

Bu geniş kapsamlı etkiler, şehirler ve insan yerleşimleri için de ciddi tehditler oluşturmaktadır. Hızla artan şehir nüfusları, kentsel alanlarda yoğunlaşan enerji tüketimi ve doğal alanların hızla yapılaşmaya açılması, iklim değişikliğine karşı savunmasızlığı artırmaktadır. Bu bağlamda, iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum stratejilerinin geliştirilmesi, sadece hükümetlerin değil, mühendislik, mimarlık ve peyzaj mimarlığı gibi disiplinlerin de gündeminde yer almalıdır.

3.2. Peyzaj Mimarlığı ile Çevresel Sürdürülebilirlik Arasındaki İlişki

Peyzaj mimarlığı, doğal ve yapılı çevreleri planlayan, tasarlayan ve yöneten disiplin olarak, çevresel sürdürülebilirlik kavramıyla yakından ilişkilidir. Sürdürülebilirlik, insan faaliyetlerinin ekosistemler üzerindeki etkilerini en aza indirme ve doğal kaynakları koruma hedefini taşımaktadır (Wiens, 2012; Angelstam vd., 2018). Peyzaj mimarlığı ise bu sürecin merkezinde yer alır. Doğal sistemlerle uyumlu tasarımlar oluşturmak, yeşil altyapılar geliştirmek ve ekosistem hizmetlerini optimize etmek peyzaj mimarlığının temel görevlerindendir (Ramyar, 2017; Arcidiacono vd., 2016).

Peyzaj mimarlığının sürdürülebilirlik ile olan ilişkisi hem şehir planlaması hem de kırsal alanların yönetimi açısından önemlidir. Yeşil altyapılar, biyolojik çeşitliliği artırmanın yanı sıra karbon emisyonlarını azaltmada, su yönetiminde ve mikro iklimi düzenlemede etkili bir rol oynamaktadır (Pamukcu-Albers vd., 2021). Ağaçlandırma projeleri, kentlerde karbon emilim kapasitelerini artırarak hava kalitesini iyileştirirken, doğal su yollarının korunması ve sulak alanların yönetimi, su döngüsünü düzenleyerek taşkın risklerini azaltmaktadır (Stefanakis, 2019; Breed vd., 2015).

İklim değişikliğine karşı geliştirilen yeşil altyapılar, yalnızca ekolojik faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda insan sağlığı ve refahı üzerinde de olumlu etkiler yaratır. Örneğin, kentsel alanlardaki yeşil alanlar ve parklar, sıcak hava dalgalarına karşı serinleme noktaları oluşturur ve ısı adası etkisini azaltır (Ramyar, 2017; Demuzere vd., 2014; Çetin vd., 2024). Bu nedenle, peyzaj mimarlığı sürdürülebilir kentler inşa etmede ve insan-çevre ilişkilerini iyileştirmede kritik bir rol oynamaktadır (Arcidiacono vd., 2016). Aynı zamanda, yerel ekosistemleri güçlendirerek, iklim değişikliğinin getirdiği riskleri azaltmayı amaçlar.

Peyzaj mimarlığı, iklim değişikliği karşısında hem uyum sağlama hem de riskleri azaltma stratejileri geliştirme potansiyeline sahiptir (Mosler ve Hobson, 2021; Ramyar, 2017). Bu stratejilerin başarılı olabilmesi için peyzaj tasarımında iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınmalı ve buna yönelik çözümler üretilmelidir. Bu noktada, iklim değişikliği ile mücadelede peyzaj tasarımının üç temel yaklaşımı öne çıkmaktadır:

Sürdürülebilirlik, peyzaj tasarımında çevresel kaynakların verimli kullanımını teşvik etmektedir. Bu doğrultuda, enerji tüketimini azaltacak ve doğal sistemlerle uyumlu tasarımlar oluşturulmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, doğal aydınlatma ve havalandırma sistemlerinin entegre edilmesi gibi sürdürülebilir tasarım unsurları, karbon ayak izini azaltmaya yardımcı olur (Hussain vd., 2014; Elyan ve Mohamed, 2019). Ayrıca, su kaynaklarının korunması ve su yönetimi stratejileri, peyzaj tasarımında sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Doğal su döngüsünün desteklenmesi, yağmur suyu toplama sistemlerinin kullanılması ve permeabl yüzeylerin tasarlanması, suyun etkin kullanımını teşvik edici çözümler olarak değerlendirilmelidir (Mahanta ve Rajput, 2019).

Dirençlilik, peyzaj tasarımında doğal afetlere ve iklimsel streslere karşı esneklik kazandırmayı hedeflemektedir. İklim değişikliği ile artan sıcak hava dalgaları, seller ve kuraklık gibi olaylara karşı dayanıklı altyapılar geliştirilmelidir (Tran vd., 2020). Peyzaj tasarımı, bu tür olayların etkilerini en aza indirmek için doğal sistemleri güçlendiren çözümler sunmaktadır. Örneğin, taşkın riskini azaltmak için doğal su yollarının korunması ve su yönetim sistemlerinin iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, kuraklığa dayanıklı ve yöreye özgü bitki türlerinin kullanılması, peyzajların uzun vadeli sürdürülebilirliğini artırabileceği yapılan çalışmalarda görülmektedir (Ghazal, 2019; Beagan ve Dolan, 2015).

Adaptasyon, peyzaj tasarımının değişen iklim koşullarına uyum sağlamasına odaklanır. İklim değişikliği ile birlikte farklı coğrafi bölgelerde farklı iklimsel etkiler ortaya çıkmaktadır (Tubridy, 2020; Zandvoort vd., 2019). Peyzaj mimarları, bu etkileri göz önünde bulundurarak yerel koşullara uygun tasarım çözümleri geliştirmelidir. Örneğin, kıyı bölgelerinde deniz seviyesinin yükselmesine karşı doğal bariyerler oluşturulabilir (Nijhuis, 2021; Axelsson vd., 2011). Aynı şekilde, sıcak hava dalgalarına maruz kalan şehirlerde yeşil çatılar ve dikey bahçeler gibi çözümler, binaların soğutulmasına katkı

sağlayarak enerji tüketimini azaltabilir (Stangl vd., 2022). Bu kapsamda, peyzaj mimarlığı, iklim değişikliğine karşı çevresel sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon yaklaşımlarını birleştirerek önemli çözümler sunma potansiyeline sahip bir disiplindir. İklim değişikliğinin getirdiği geniş kapsamlı riskler karşısında, peyzaj tasarımının rolü giderek daha kritik hale gelmektedir. Peyzaj mimarları, doğal sistemleri koruyan ve güçlendiren, insan-çevre ilişkilerini iyileştiren ve değişen iklim koşullarına uyum sağlayan tasarım çözümleri geliştirerek, gelecekteki çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunabileceklerdir.

4. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI PEYZAJ TASARIMININ TEMEL İLKESİ

İklim değişikliğine karşı koyma çabalarında sürdürülebilirlik, peyzaj mimarlığının merkezinde yer alan bir prensiptir (Naveh, 2007). Günümüzde, ekosistemleri koruyarak ve insan-çevre etkileşimlerini daha sağlıklı hale getirerek, geleceğin yeşil alanlarını tasarlamak sürdürülebilir peyzaj mimarlığının temel hedefi haline gelmiştir (Axelsson vd., 2011). Bu hedef doğrultusunda, doğal kaynakların korunması, enerji verimliliği, su yönetimi ve yerel ekosistemlerin desteklenmesi gibi stratejiler, sürdürülebilir peyzaj tasarımının ana unsurlarını oluşturmaktadır (Hussain vd., 2014). Peyzaj tasarımı, iklim değişikliğinin etkilerini azaltma ve çevresel direnci artırma potansiyeline sahiptir (Derbyshire, 2009). Çalışmanın bu bölümünde, sürdürülebilir peyzaj tasarımının temel prensiplerine, doğal malzemelerin kullanımına, enerji verimliliği çözümlerine ve su yönetimi stratejilerine odaklanılmaktadır.

4.1. Sürdürülebilir Peyzaj Tasarımının Prensipleri

Sürdürülebilir peyzaj tasarımı, doğal ve yapılı çevreler arasında denge kurmayı hedeflerken (Wu ve Wang, 2011), ekosistemleri destekleyen ve çevresel kaynakları koruyan çözümler geliştirmeyi amaçlar (Barış ve Kaygusuz, 2023).

Bu bağlamda, sürdürülebilir peyzaj tasarımının temel prensipleri şunlardır:

Ekosistem Hizmetlerini Desteklemek: Peyzaj tasarımı, ekosistemlerin sunduğu hizmetleri destekleyen bir çerçeve içinde ele alınmalıdır. Örneğin, toprak koruma, biyolojik çeşitliliği artırma ve doğal su döngüsünü destekleme gibi ekosistem hizmetleri, sürdürülebilir peyzaj tasarımının başlıca hedefleri arasındadır (Machar, 2020). Ekosistem hizmetlerinin korunması, uzun vadede çevresel sürdürülebilirliği artırır (Werling vd., 2014).

Doğal Kaynakların Verimli Kullanımı: Sürdürülebilir peyzaj tasarımı, çevresel kaynakların israfını önleyerek, enerji, su ve toprak gibi kaynakları daha verimli kullanmayı hedefler. Bu doğrultuda, enerji tüketimini azaltan sistemler, su tasarrufu sağlayan bitki seçimi ve doğal malzemelerin kullanımı gibi stratejiler geliştirilir (Hussain vd., 2014).

Kendi Kendine Yeterlilik: Sürdürülebilir peyzaj projeleri, mümkün olduğunca dışarıdan müdahale ve bakım gerektirmeyen sistemler üzerine inşa edilmelidir. Bu doğrultuda, yerel iklim koşullarına ve ekolojik özelliklere uygun bitki türlerinin kullanılması, bakım maliyetlerini düşürürken, doğaya en az zarar verecek şekilde peyzajların yönetilmesini sağlar.

Uzun Vadeli Dirençlilik: İklim değişikliği ile mücadelede en önemli faktörlerden biri, peyzaj tasarımlarının uzun vadede değişen koşullara karşı dayanıklı olmasıdır. Sürdürülebilir peyzaj projeleri, artan sıcaklıklar, kuraklık, seller gibi iklimsel olaylara karşı Dirençlilik gösteren altyapılara ve yeşil alanlara sahip olmalıdır (Zohny vd., 2021).

Toplumsal ve Çevresel Faydaların Dengesi: Sürdürülebilir peyzaj projeleri sadece ekolojik değil, aynı zamanda toplumsal faydalar da sağlamalıdır. Yeşil alanlar, sosyal etkileşimi artıran, sağlık ve refahı destekleyen mekanlar sunarken, toplulukların yaşam kalitesini artıran alanlar yaratır. Sürdürülebilir peyzaj tasarımı, çevresel faydaların yanı sıra sosyal ve ekonomik katkılar sunarak, toplumun tüm kesimlerine hitap edebilmelidir (Yang vd., 2013).

4.2. Doğal Malzemelerin Kullanımı

Sürdürülebilir peyzaj tasarımının en önemli unsurlarından biri, doğal malzemelerin kullanımıdır. Doğal malzemeler, çevresel etkileri minimize ederek, yapılı çevre ile doğal ekosistemler arasında uyum sağlar (Meiyuan, 2014). Peyzaj tasarımında kullanılan malzemelerin doğayla bütünleşik olması, enerji tüketimini azaltırken çevresel sürdürülebilirliği de artırır (Zhang, 2009).

Yerel Malzemelerin Tercih Edilmesi: Sürdürülebilir peyzaj tasarımında yerel malzemelerin kullanımı, enerji tüketimini ve karbon ayak izini azaltır. Yerel taş, toprak ve ahşap gibi doğal malzemeler hem yerel ekosistemlerle uyumlu olur hem de taşıma kaynaklı enerji maliyetlerini en aza indirir. Ayrıca, yerel malzemeler genellikle daha az işlenmiş olup, çevre üzerinde daha düşük bir etkiye sahiptir (Demirkol vd., 2021).

Doğal Taş ve Ahşap Kullanımı: Peyzaj tasarımında taş ve ahşap gibi doğal malzemelerin kullanımı, yapılı çevrenin doğal ortamla bütünleşmesine katkı sağlar. Doğal taşlar, yürüyüş yolları, duvarlar ve su özellikleri gibi yapısal unsurlarda kullanılabilirken, geri dönüştürülebilir özellikleri sayesinde sürdürülebilir projelerin temelini oluşturur. Aynı şekilde, FSC (Forest Stewardship Council) sertifikalı ahşap kullanımı, sürdürülebilir orman yönetimini destekler ve çevresel etkileri azaltır (Nambiar, 2019).

Geri Dönüştürülebilir Malzemeler: Sürdürülebilir peyzaj tasarımında geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı, kaynak tüketimini azaltarak çevreye olan olumsuz etkileri en aza indirir. Örneğin, geri dönüştürülmüş beton, asfalt veya ahşap, yeni yapılar inşa etmek yerine var olan malzemelerin yeniden kullanımını teşvik eder. Bu yaklaşım hem ekonomik hem de ekolojik açıdan faydalar sağlar (Bahrami ve Jafari, 2019).

Biyolojik Çeşitliliği Destekleyen Malzemeler: Peyzaj tasarımında kullanılan malzemelerin biyolojik çeşitliliği destekleyecek şekilde seçilmesi de büyük önem taşır. Özellikle doğal bitki örtüsünü destekleyen zemin kaplamaları, böcekler, kuşlar ve diğer yerel hayvan türleri için doğal yaşam alanları sunar. Bu, ekosistemlerin sürdürülebilirliğine katkıda bulunur (Allouche vd., 2021).

4.3. Enerji Verimliliği Çözümleri

Enerji verimliliği, sürdürülebilir peyzaj tasarımında kritik bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır (Lemos vd., 2019). Geleneksel peyzaj projeleri genellikle enerji yoğun sistemler içerirken, sürdürülebilir peyzaj tasarımı, enerji tüketimini en aza indirerek doğal kaynakların korunmasını hedefler (Rao ve Gupta 2020). Bu bağlamda, enerji verimliliği çözümleri üç ana başlık altında ele alınabilir: doğal enerji kaynaklarının kullanımı, akıllı aydınlatma sistemleri ve bitki örtüsü düzenlemeleri.

Doğal Enerji Kaynaklarının Kullanımı: Sürdürülebilir peyzaj tasarımlarında doğal enerji kaynaklarının kullanımı, projelerin enerji bağımsızlığını artırır. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları, peyzaj projelerinde kullanılarak enerji maliyetlerini düşürür. Güneş panelleri, park alanlarında veya açık hava mekanlarında aydınlatma sistemlerini destekleyebilir ve enerji tüketimini azaltabilir (Sattler vd., 2020).

Akıllı Aydınlatma Sistemleri: Dış mekân aydınlatmasında kullanılan enerji miktarını minimize etmek için akıllı aydınlatma sistemlerinin kullanımı önemlidir. Hareket sensörlü ve güneş enerjili aydınlatmalar, sadece ihtiyaç duyulduğunda devreye girerek enerji israfını önler. Ayrıca, LED teknolojisi, geleneksel aydınlatma sistemlerine kıyasla daha düşük enerji tüketimi sağlar ve daha uzun ömürlüdür (Lemos vd., 2019).

Bitki Örtüsü Düzenlemeleri: Peyzaj tasarımında bitki örtüsünün düzenlenmesi, enerji verimliliğini artırmanın etkili bir yoludur. Stratejik olarak yerleştirilen ağaçlar ve yeşil bitkiler, yaz aylarında gölge sağlayarak binaların soğutma ihtiyacını azaltır. Aynı şekilde, kış aylarında yaprak döken ağaçların güneş ışığını engellememesi, doğal ısınmayı destekleyerek enerji tasarrufu sağlar (Douthat vd., 2020).

Yeşil Çatılar ve Dikey Bahçeler: Yeşil çatı ve dikey bahçe sistemleri, binaların enerji verimliliğini artırmanın yanı sıra şehir içi yeşil alanları artırma potansiyeli sunar. Bu sistemler, doğal izolasyon

sağlayarak binaların enerji tüketimini düşürürken, aynı zamanda yağmur suyu hasadı ve biyolojik çeşitliliği destekleme gibi ek faydalar sağlar (Azkorra-Larrinaga vd., 2023).

4.4. Su Yönetimi Stratejileri

Su kaynaklarının korunması ve verimli kullanımı, sürdürülebilir peyzaj tasarımında merkezi bir öneme sahiptir. Su yönetimi stratejileri, iklim değişikliği ile artan kuraklık riskine karşı su kaynaklarının etkin kullanımını sağlar. Bu bağlamda, yağmur suyu hasadı, geçirgen yüzeyler ve kuraklığa dayanıklı bitki türleri gibi stratejiler, su yönetiminin sürdürülebilirliğini desteklemektedir.

Yağmur Suyu Hasadı: Yağmur suyu hasadı, sürdürülebilir peyzaj tasarımının en önemli su yönetimi stratejilerinden biridir. Bu sistem, yağmur suyunun toplanarak peyzaj alanlarında sulama veya diğer amaçlarla kullanılmasını sağlar. Yağmur suyu toplama sistemleri, çevresel olarak düşük etkili olup, su israfını en aza indirir ve yeraltı su kaynaklarına olan talebi azaltır (Raimondi vd., 2023).

Geçirgen Yüzeylerin Kullanımı: Geçirgen yüzeyler, yağmur suyunun doğal olarak toprağa sızmasını sağlayarak, su döngüsünün desteklenmesine katkıda bulunmaktadır. Sürdürülebilir peyzaj tasarımında kullanılan geçirgen yüzeyler, taşkın riskini azaltırken, yeraltı su kaynaklarının korunmasına da olanak tanır. Özellikle beton veya asfalt gibi geleneksel zemin kaplamalarının yerine geçirgen malzemelerin tercih edilmesi, yağmur suyu yönetiminde önemli bir rol oynar (Sharma ve Malaviya, 2021).

Kuraklığa Dayanıklı Bitki Türlerinin Kullanımı: Sürdürülebilir peyzaj projelerinde, su tüketimini azaltmak amacıyla kuraklığa dayanıklı bitki türlerinin kullanılması önemlidir. Yerel bitki türleri, bölgenin iklim koşullarına doğal olarak uyum sağladıkları için daha az su ve bakım gerektirirler. Bu bitki türleri, su tasarrufu sağlarken aynı zamanda biyolojik çeşitliliği de destekler (Rafi vd., 2019).

Doğal Su Yollarının Korunması: Peyzaj tasarımında doğal su yollarının korunması, su döngüsünün sürdürülebilirliğini destekleyen bir diğer stratejidir. Doğal dere yatakları, göletler ve sulak alanlar, yağmur suyu depolama kapasitesine katkıda bulunurken, aynı zamanda ekosistemlerin korunmasını sağlar. Bu tür doğal su yönetimi stratejileri, iklim değişikliğiyle mücadelede peyzaj mimarlığının kritik unsurlarından biridir (Morash vd., 2019).

Sürdürülebilir peyzaj tasarımı, iklim değişikliğiyle mücadelede hayati bir rol oynar. Doğal malzemelerin kullanımı, enerji verimliliği çözümleri ve su yönetimi stratejileri, sürdürülebilir peyzaj projelerinin temel unsurlarıdır. Bu tasarım anlayışı, ekosistem hizmetlerini desteklerken, insan-çevre etkileşimlerini iyileştirir ve uzun vadeli çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunur. Peyzaj mimarlığı, sürdürülebilirlik prensiplerini benimseyerek, gelecekte iklim değişikliğinin getirdiği zorluklara karşı dirençli, esnek ve uyum sağlayabilen çevreler yaratmada kritik bir disiplin olmaya devam edecektir.

5. DİRENÇLİLİK: DOĞAL AFETLERE KARŞI PEYZAJ TASARIMI

İklim değişikliğinin hızla ilerleyen etkileri, dünya genelinde doğal afetlerin daha sık ve şiddetli bir şekilde yaşanmasına neden olmaktadır (Tóth, 2022). Küresel sıcaklıkların artması, deniz seviyelerinin yükselmesi, yağış rejimlerinin değişmesi ve buna bağlı olarak su taşkınları, kuraklık ve diğer doğal afetlerin sayısı ve şiddeti her geçen yıl artmaktadır (Sitzenfrei vd., 2020). Bu bağlamda, peyzaj mimarlığı, şehirler ve doğal alanların bu tür afetlere karşı dayanıklılığını artırma potansiyeline sahip olan önemli bir disiplindir (Snep vd., 2020).

Dirençlilik, yalnızca afetlerin etkilerini en aza indirme anlamına gelmez; aynı zamanda gelecekteki iklimsel ve çevresel değişikliklere uyum sağlama kapasitesini de içerir (Mahanta ve Rajput, 2019). Bu doğrultuda, peyzaj tasarımı hem doğal hem de yapılı çevrelerde dayanıklılığı artırarak ekosistemleri koruma ve toplulukları daha güvenli hale getirme hedefi taşır (Mosler ve Hobson, 2021).

Peyzaj mimarlığı alanındaki **dirençlilik** kavramı, özellikle yeşil altyapı çözümleri, doğa temelli tasarımlar ve su yönetimi stratejileri üzerinden şekillenmektedir (Hassan vd., 2023). Örneğin, yağmur

bahçeleri, biyoswales (biyolojik kanallar), geçirgen yüzeyler ve kuraklığa dayanıklı bitki türlerinin seçimi gibi yenilikçi yaklaşımlar, doğal afetlerin etkilerini hafifletirken aynı zamanda sürdürülebilir ve dirençli çevreler yaratmada kritik bir rol oynamaktadır (Stangl vd., 2022). Bu çalışmada, doğal afetlere karşı peyzaj tasarımında dirençlilik kavramını, literatürde yer alan çalışmalarla ilişkilendirerek incelenmiştir.

5.1. Doğal Afetler ve İklim Değişikliği

İklim değişikliğinin sonuçları arasında en dikkat çekenlerden biri, doğal afetlerin sayısındaki ve şiddetindeki artıştır. 2021 yılında IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından yayımlanan rapor, aşırı hava olaylarının sıklığının ve yoğunluğunun önümüzdeki on yıllarda artmaya devam edeceğini vurgulamaktadır (IPCC, 2021). Kuraklık, sel, sıcak hava dalgaları, kasırgalar ve fırtınalar gibi olaylar, özellikle şehirlerde ve altyapılarda büyük zararlar doğurabilir. Bu nedenle, doğal afetlere karşı dayanıklılığın artırılması, yalnızca kısa vadeli çözümlerle sınırlı kalmamalı; aynı zamanda uzun vadeli sürdürülebilir stratejilere odaklanmalıdır.

Peyzaj mimarlığı, afetlere karşı hem yapılı hem de doğal çevreleri daha dayanıklı hale getirecek çözümler sunmaktadır. Bu çözümler, geleneksel mühendislik yaklaşımlarının ötesine geçerek, doğa ile bütünleşik, ekosistem tabanlı stratejilere dayanmaktadır. Doğal altyapılar, su yönetimi sistemleri ve kuraklığa dayanıklı bitki türleri gibi doğa temelli çözümler, bu anlamda peyzaj mimarlığının afetlerle mücadeledeki önemli araçlarıdır.

5.2. Yeşil Altyapı Çözümleri ve Doğa Temelli Tasarımlar

Yeşil altyapı, doğal süreçleri kullanarak insan yapımı çevrelerde ekosistem hizmetlerini destekleyen ve çevresel dayanıklılığı artıran bir yaklaşımdır. Literatürde, yeşil altyapının doğal afetlere karşı Dirençlilik üzerindeki etkilerine dair birçok çalışma yer almaktadır. Benedict ve McMahon (2006) yeşil altyapının ekosistem hizmetlerini optimize ederek su yönetimi, biyolojik çeşitlilik ve hava kalitesini iyileştirdiğini vurgulamaktadır. Aynı zamanda yeşil altyapı, şehirlerde ısı adası etkisini azaltır ve sel gibi doğal afetlerin etkilerini hafifletir.

Yağmur bahçeleri ve biyoswales gibi doğa temelli tasarımlar, su taşkınlarını yönetmek için etkili araçlar sunar. Yağmur bahçeleri, yağmur suyunu depolamak ve yavaşça toprağa sızdırmak için tasarlanan bitkilendirilmiş alanlardır. Bu bahçeler, su taşkınlarının şiddetini ve süresini azaltırken aynı zamanda yeraltı su kaynaklarının yeniden doldurulmasına katkı sağlar. Doğa temelli tasarımların bu tür avantajları, özellikle su taşkınlarının sık yaşandığı şehirlerde büyük önem taşır. Wong ve Brown (2009) yağmur bahçelerinin ve biyoswales'lerin sel riskini azalttığını ve aynı zamanda su kalitesini artırdığını belirten çalışmalarına, bu tür sistemlerin kentlerde sürdürülebilir su yönetimi için kritik öneme sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Biyoswales'ler ise, yağmur suyunun kontrollü bir şekilde yönetilmesini sağlayan, bitkiler ve toprakla kaplı uzun, sığ hendeklerdir (Papuga vd., 2022). Bu yapılar, suyun doğal olarak filtrelenmesine ve yavaşça toprağa karışmasına yardımcı olur. Peyzaj tasarımında biyoswales kullanımı, yağışlı mevsimlerde su taşkınlarını önlerken, kurak mevsimlerde su kaynaklarını koruma stratejisi sunar (Faraj ve Hamaamin, 2023).

5.3. Kuraklığa Dayanıklı Bitki Türleri Seçimi ve Su Kıtlığına Karşı Dirençlilik

İklim değişikliği ile kuraklıklar ve su kıtlığı daha yaygın hale gelmektedir. Bu durum, peyzaj tasarımında bitki seçimi ve su yönetimi stratejilerinin önemini artırmıştır. Kuraklığa dayanıklı bitki türleri, az su tüketimleri ve sert iklim koşullarına dirençlilikleri nedeniyle, iklim değişikliği ile mücadelede peyzaj mimarlarının başvurduğu başlıca çözümlerden biridir (Nuzhyna ve Ivanova, 2023). Bu bitkiler, su kıtlığı dönemlerinde dahi canlılıklarını koruyarak peyzajın sürdürülebilirliğini sağlama kapasitesine sahiptir (Sjöman vd., 2023).

Yerel ve kuraklığa dayanıklı bitkilerin kullanımı, sadece su tüketimini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda peyzajın bakım maliyetlerini de düşürür (Rafi vd., 2019). Çöl iklimi ve yarı kurak bölgelerde yapılan peyzaj çalışmalarında, kaktüsler, sukulentler ve lavanta gibi bitkiler, minimum sulama ihtiyacı ile ekosisteme katkı sağlayan örneklerdir. Bhusal vd. (2021) bu tür bitkilerin kuraklık dönemlerinde su

tüketimini büyük ölçüde azalttığını ve yerel ekosistemlerle uyumlu bir şekilde çalıştığını belirtmektedir. Dolayısıyla, kuraklığa dayanıklı bitki türlerinin seçimi, iklim değişikliği ile gelen su kıtlığına karşı etkili bir çözüm olarak literatürde geniş bir yer bulmaktadır.

5.4. Peyzaj Tasarımı ile Toplumsal Dirençlilik

Peyzaj mimarlığının yalnızca çevresel değil, aynı zamanda toplumsal dayanıklılığa da katkı sunduğu göz ardı edilmemelidir. Afetler sonrasında toplulukların hızla toparlanabilmesi hem fiziksel hem de sosyal dayanıklılığı gerektirmektedir (French vd., 2019). Peyzaj tasarımı, topluluklara güvenli, dayanıklı ve sosyal etkileşimleri teşvik eden alanlar sunarak, bu dayanıklılığı artırma potansiyeline sahiptir (Lambrou, 2022). Doğal afetlerin etkilerini en aza indirmek için geliştirilen yeşil alanlar ve kamusal mekânlar, aynı zamanda toplumsal bağları güçlendiren unsurlar olarak da işlev görmektedir (Crăciun ve Nicolaescu, 2021).

Literatürde, doğal afetlere karşı dayanıklılığın artırılmasında yeşil kamusal alanların oynadığı role dair birçok çalışma bulunmaktadır. Cutter ve arkadaşları (2008) toplulukların afetlere karşı sosyal dayanıklılığının artırılmasında yeşil altyapının önemini vurgulayan çalışmalar yapmışlardır. Özellikle şehirlerde doğal afetlere maruz kalan topluluklar, sosyal bağları güçlü alanlarda afet sonrası toparlanma süreçlerini daha hızlı ve etkili bir şekilde yönetmektedir.

5.5. İklim Değişikliğine Karşı Peyzaj Mimarlığında Dayanıklılığın Geleceği

İklim değişikliği ile artan doğal afet riskleri, şehirler ve doğal alanlar için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Ancak peyzaj mimarlığı, bu risklere karşı çevresel ve toplumsal dayanıklılığı artırma potansiyeline sahip bir disiplindir. Yeşil altyapı çözümleri, doğa temelli tasarımlar ve kuraklığa dayanıklı bitki türleri gibi stratejiler, doğal afetlerin etkilerini hafifletirken, aynı zamanda ekosistemlerin sürdürülebilirliğini ve toplulukların güvenliğini sağlar (Stangl vd., 2022). Literatürde de vurgulandığı gibi, peyzaj mimarlığı, afetlerle mücadelede geleneksel mühendislik yaklaşımlarının ötesine geçerek, doğa ile uyumlu, uzun vadeli ve sürdürülebilir çözümler sunmaktadır (Pamukcu-Albers vd., 2021).

Gelecekte peyzaj tasarımında dayanıklılığın artırılması, iklim değişikliği ile mücadelede daha kritik bir rol oynayacaktır (Mitrenova vd., 2022). Özellikle şehirleşmenin artması ve doğal kaynakların hızla tükenmesiyle birlikte, sürdürülebilir ve esnek peyzaj projeleri hem çevresel hem de toplumsal olarak daha dayanıklı yapılar inşa etmemizi sağlayacaktır. Peyzaj mimarlarının bu süreçte, iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlayabilen, ekosistem hizmetlerini destekleyen ve doğal afetlerin etkilerini en aza indiren stratejiler geliştirmeye devam etmesi gerekmektedir.

6. ADAPTASYON: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ UYUMLU PEYZAJ TASARIMI

İklim değişikliği, peyzaj mimarlığı disiplininde önemli bir dönüşüm süreci başlatmıştır. Artan sıcaklıklar, değişen yağış rejimleri, deniz seviyelerinin yükselmesi ve aşırı hava olaylarının sıklığının artması gibi etkiler, çevresel tasarımların esnek ve uyarlanabilir olmasını zorunlu kılmaktadır (Alizadeh ve Hitchmough, 2019). Adaptasyon, bu bağlamda, peyzaj mimarlığının temel stratejilerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Adaptasyon odaklı peyzaj tasarımı, iklim değişikliğinin mevcut ve gelecekteki etkilerine uyum sağlama kapasitesini geliştirir (Sanna vd., 2020). Değişen çevresel koşullara karşı dirençli peyzajlar yaratmak, sadece ekolojik sürdürülebilirliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda toplumların iklim krizine karşı dayanıklılığını da güçlendirir (Nijhuis, 2021). Bu bölümde, adaptasyon kavramı, peyzaj tasarımında nasıl uygulanabileceği literatürdeki örneklerle ilişkilendirilerek incelenmiştir.

6.1. İklim Değişikliğine Uyum: Adaptasyonun Tanımı ve Önemi

Adaptasyon, iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlama süreci olarak tanımlanabilir. Bu süreç, değişen çevresel koşullara karşı daha dirençli sistemler geliştirmeyi ve bu sistemleri sürekli olarak güncelleyerek uzun vadede sürdürülebilir çözümler sunmayı amaçlar (Smit ve Wandel, 2006). Peyzaj mimarlığı bağlamında adaptasyon, tasarımın esnekliğini ve dayanıklılığını artırarak, iklim değişikliğinin getirdiği risklerle başa çıkmayı hedeflemektedir. Bu süreç, su yönetimi stratejilerinden mikroklima yaratma tekniklerine kadar geniş bir yelpazede uygulamaları içermektedir.

Peyzaj mimarlığındaki adaptasyon stratejileri, yalnızca mevcut iklim koşullarını dikkate almakla kalmaz, aynı zamanda gelecekteki çevresel değişikliklere de hazırlıklı olmayı sağlamaktadır. Bu bağlamda, iklim projeksiyonlarına dayalı olarak geliştirilen tasarım çözümleri, şehirlerin ve doğal alanların uzun vadeli dayanıklılığını artırır (IPCC, 2021). Adaptasyon, özellikle kıyı bölgeleri, kuraklık eğilimli alanlar ve aşırı yağışların yaşandığı bölgelerde kritik bir öneme sahiptir. Bu alanlarda peyzaj tasarımı, doğal afetlerin etkilerini hafifletmek ve toplulukların güvenliğini artırmak için uyarlanabilir çözümler sunar.

6.2. Su Yönetimi ve Adaptasyon: Değişen Yağış Rejimlerine Uyum

İklim değişikliğinin en belirgin etkilerinden biri, yağış rejimlerindeki değişikliklerdir. Bazı bölgelerde aşırı yağışlar ve taşkınlar artarken, diğer bölgelerde kuraklık ve su kıtlığı daha yaygın hale gelmektedir (Lobosco vd. 2023). Bu durum, peyzaj tasarımında su yönetimi stratejilerinin adaptasyon odaklı bir yaklaşımla ele alınmasını zorunlu kılar. Peyzaj mimarları, suyun korunması, depolanması ve etkin kullanımını sağlayan çözümler geliştirerek, değişen iklim koşullarına uyum sağlamak için yenilikçi yaklaşımlar sunar (Giridhar ve Shyama, 2022).

Literatürde, yağmur suyu hasadı ve su depolama sistemlerinin iklim değişikliğine uyum sağlama konusunda etkili olduğu vurgulanmaktadır. Wong ve Brown (2009) yağmur suyu toplama sistemlerinin hem su kaynaklarını koruma hem de taşkın risklerini azaltma potansiyeline sahip olduğunu belirtmektedir. Bu sistemler, özellikle su taşkınlarının sık yaşandığı kentlerde, suyun yeraltına sızmasını teşvik eden geçirgen yüzeylerle birleştirildiğinde etkinliklerini artırır. Aynı zamanda, kuraklık eğilimli bölgelerde suyun etkin kullanımını sağlayan su hasadı sistemleri, peyzajın uzun vadeli sürdürülebilirliğini desteklemektedir.

Örneğin, biyoswales (biyolojik kanallar) ve yağmur bahçeleri, suyun kontrollü bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyan doğal çözümler arasında yer alır. Bu sistemler, aşırı yağışlarda suyun yavaşça toprağa sızmasını sağlayarak taşkın riskini azaltırken, aynı zamanda yeraltı su kaynaklarının yeniden dolumuna katkıda bulunur. Peyzaj tasarımında bu tür doğa temelli su yönetimi çözümleri, adaptasyon odaklı bir yaklaşımla iklim değişikliği etkilerini hafifletir (Liu vd., 2017).

6.3. Kıyı Alanlarında Adaptasyon: Deniz Seviyesinin Yükselmesine Karşı Peyzaj Çözümleri

Deniz seviyesinin yükselmesi, özellikle kıyı şehirlerinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır. IPCC raporları, deniz seviyesindeki yükselmenin, sahil bölgelerinde yerleşim alanlarını, altyapıyı ve ekosistemleri tehlikeye soktuğunu belirtmektedir (IPCC, 2021). Kıyı alanlarında adaptasyon odaklı peyzaj tasarımı hem doğal kıyı ekosistemlerini korumayı hem de insan yerleşimlerini bu tehditlerden koruyacak stratejiler geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Peyzaj mimarlığı, kıyı bölgelerinde deniz seviyesinin yükselmesine karşı doğal bariyerler ve savunma mekanizmaları geliştirilmesi konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, mangrov ormanları, kumullar ve sulak alanlar, denizden gelen dalga enerjisini absorbe ederek kıyı erozyonunu önleyen doğal savunma mekanizmalarıdır (Temmerman vd., 2013). Peyzaj mimarları, bu tür doğal yapıların korunmasını ve güçlendirilmesini sağlayarak kıyı bölgelerinde iklim değişikliğine karşı adaptasyon stratejileri geliştirmektedir. Literatürde yer alan çalışmalar, doğal kıyı ekosistemlerinin hem biyolojik çeşitliliği desteklediğini hem de kıyı yerleşimlerini koruduğunu vurgulamaktadır (Barbier vd., 2011).

Ayrıca, kıyı bölgelerinde yapay altyapılar yerine doğa temelli çözümler tercih edilerek, deniz seviyesinin yükselmesine karşı daha esnek ve sürdürülebilir çözümler geliştirilebilir (Nelson vd., 2020). Örneğin, kıyı setleri ve duvarlar yerine, dalga enerjisini emen doğal kıyı tampon bölgeleri tasarlanabilir. Bu tür adaptasyon odaklı peyzaj çözümleri, kıyı bölgelerindeki toplulukları korurken, ekosistemlerin de dayanıklılığını artırıcı etkiler yaratmaktadır.

6.4. Mikroklima Yaratma ve Aşırı Sıcaklıklara Karşı Peyzaj Tasarımı

İklim değişikliğinin bir diğer önemli etkisi, sıcak hava dalgalarının artmasıdır. Aşırı sıcaklıklar, özellikle şehirlerde yaşayan insanlar için sağlık ve refah açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu bağlamda,

peyzaj tasarımı, mikroklima yaratma stratejileri ile aşırı sıcaklıklara karşı serin alanlar oluşturarak şehirlerin ısı adası etkisini azaltabilir.

Mikroklima yaratma, peyzaj tasarımında bitki örtüsünün stratejik olarak kullanılması ile gerçekleşir. Örneğin, ağaçlandırma projeleri, binaların çevresine yerleştirilen ağaçlar aracılığıyla doğal gölge sağlayarak serinletici bir etki yaratır. Ayrıca yeşil çatılar ve dikey bahçeler gibi çözümler, bina yüzeylerinde sıcaklıkların düşmesine yardımcı olarak enerji verimliliğini artırır. Akbari ve arkadaşları (2001) şehirlerde ağaçların ve yeşil alanların ısı adası etkisini azaltmada önemli bir rol oynadığını ve mikroklimaların iyileştirilmesine katkıda bulunduğunu belirtmektedir.

Bunun yanı sıra, açık alanlarda kullanılan geçirgen yüzeyler, ısı adası etkisini hafifletmek için de etkili bir çözüm sunmaktadır. Geçirgen yüzeyler, yağmur suyunun toprak altına sızmasına olanak tanırken, sert zeminlerin aşırı ısınmasını önler. Bu tür çözümler, şehirlerde aşırı sıcaklıklara karşı dirençli peyzajlar oluşturma bir yolu olarak literatürde geniş yer bulmaktadır (Gago vd., 2013).

6.5. Adaptasyon ve Toplumsal Dirençlilik

Peyzaj tasarımında adaptasyon, yalnızca ekosistemleri değil, aynı zamanda toplulukları da iklim değişikliğine karşı dirençli hale getirmeyi hedefler (Alizadeh ve Hitchmough, 2019). Toplulukların iklim krizine karşı adaptasyon kapasitelerinin artırılması, fiziksel dayanıklılığın yanı sıra sosyal dayanıklılığı da içermektedir (Nikologianni vd. 2021). Bu bağlamda peyzaj mimarlığı, iklim değişikliğinin etkilerine karşı güvenli ve dirençli kamusal alanlar yaratarak toplumsal dayanıklılığı artırma potansiyeline sahiptir (Torkfar ve Russo, 2023).

Doğa temelli çözümler, afet sonrası toparlanma süreçlerinde de kritik bir rol oynar. Örneğin, yeşil kamusal alanlar, sıcak hava dalgaları sırasında serinleme alanları sunarak halkın sağlığını koruma işlevi görebilir. Aynı şekilde, taşkın riskinin yüksek olduğu bölgelerde, su yönetimi stratejilerine dayalı kamusal parklar ve yeşil alanlar hem sel riskini azaltır hem de toplulukların afet sonrası toparlanma süreçlerini destekler (Cutter vd., 2008).

6.6. İklim Değişikliğine Uyum Sağlayan Peyzaj Tasarımının Geleceği

Peyzaj mimarlığında adaptasyon, iklim değişikliğinin getirdiği zorluklara karşı daha dirençli, esnek ve sürdürülebilir çözümler geliştirmeyi hedefleyen bir yaklaşımdır (Nijhuis 2021). Su yönetimi stratejileri, deniz seviyesinin yükselmesine karşı kıyı alanlarını koruyan doğal çözümler ve mikroklima yaratma teknikleri, bu bağlamda kritik öneme sahiptir (Lin ve Brown, 2021). Literatürde de vurgulandığı üzere, adaptasyon odaklı peyzaj tasarımı, gelecekte karşılaşılabilecek çevresel değişimlere hazırlıklı olmayı sağlar ve toplumların iklim krizine karşı direnç geliştirmesine katkı sunar (Eaton vd., 2019).

Peyzaj mimarlığının iklim değişikliği ile mücadelede üstlendiği rol, sadece doğal afetlerin etkilerini hafifletmekle sınırlı kalmayıp, uzun vadeli sürdürülebilirlik ve toplumsal refahı artıran çözümler sunmayı da içerir (Nikologianni vd., 2020). Gelecekte, adaptasyon stratejilerinin daha geniş çapta benimsenmesi ve uygulanması, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adım olacaktır (Jenewein 2020).

7. ÖRNEK UYGULAMALAR VE BAŞARI HİKAYELERİ

Peyzaj mimarlığı, sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon kavramları çerçevesinde iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır (Tóth, 2022). Bu bağlamda, dünyanın çeşitli yerlerinde hayata geçirilen peyzaj projeleri, iklim krizinin etkilerini azaltmak ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemek için yenilikçi ve etkili çözümler sunmaktadır (Pamukcu-Albers vd., 2021). Bu bölümde, sürdürülebilir peyzaj projeleri, dirençlilik ve adaptasyon odaklı uygulamalar ve yeşil altyapı çözümlerinin başarı hikayeleri, literatürle ilişkilendirilerek ele alınmıştır. Her bir örnek, peyzaj mimarlığının doğa tabanlı çözümlerle ekosistem hizmetlerini optimize etme kapasitesini ortaya koymaktadır.

7.1. Sürdürülebilir Peyzaj Projelerinden Başarılı Örnekler

Sürdürülebilir peyzaj projeleri, çevresel kaynakların korunması, ekosistem hizmetlerinin artırılması ve toplumsal fayda sağlanması amacıyla tasarlanmış projelerdir. Literatürde sürdürülebilir peyzaj tasarımının başarılı uygulamaları arasında New York, Kopenhag ve Singapur gibi şehirler öne çıkmaktadır. Bu şehirlerde geliştirilen projeler, su yönetimi, biyolojik çeşitlilik ve enerji verimliliği açısından büyük başarılar elde etmiştir.

Özellikle New York City'de uygulanan yeşil altyapı projeleri, sürdürülebilir peyzaj tasarımının önemli bir örneğidir. New York'ta geliştirilen "Green Infrastructure Plan", şehrin aşırı yağışlardan kaynaklanan su taşkınlarını azaltmak ve yeraltı su kaynaklarını korumak amacıyla başlatılan kapsamlı bir projedir (NYC Environmental Protection, 2010). Bu plan kapsamında, biyolojik kanallar (bioswales), yağmur bahçeleri, geçirgen yüzeyler ve yeşil çatılar gibi doğa tabanlı çözümler kullanılmıştır. Literatürde de belirtildiği gibi, yeşil altyapı çözümleri şehre çift yönlü fayda sunmaktadır: hem su taşkınlarını önlemek için etkili bir araç olarak kullanılmakta, hem de hava kalitesini artırarak biyolojik çeşitliliği desteklemektedir (Sharma vd., 2016).

Bununla birlikte, Kopenhag şehri de sürdürülebilir peyzaj projeleri açısından çarpıcı bir örnektir. Kopenhag'ın "Cloudburst Plan" isimli projesi, şehirdeki aşırı yağışlardan kaynaklanan su taşkınlarını önlemek amacıyla tasarlanmıştır. Bu plan çerçevesinde geliştirilen peyzaj projeleri, suyu depolayabilen parklar, biyolojik su kanalları ve su taşkınlarına karşı dirençli açık alanlar içermektedir (City of Copenhagen, 2012). Bu projeler, su yönetimi ve iklim değişikliğine uyum sağlama açısından literatürde sıklıkla vurgulanan başarı hikayelerindendir (Jensen ve Madsen, 2017).

Singapur ise, sürdürülebilir peyzaj projelerinde biyolojik çeşitliliği artırma ve çevresel sürdürülebilirliği sağlama konusunda önde gelen bir başka şehirdir. Gardens by the Bay, Singapur'un iklim değişikliği ile mücadelede simge projelerinden biri olarak gösterilmektedir. Bu devasa peyzaj alanı, enerji verimliliği ve su yönetimi stratejileri ile sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Barton, 2015). Ayrıca proje kapsamında yer alan "Supertrees" adı verilen yapılar, çevresel sürdürülebilirlik açısından benzersizdir. Bu yapılar, güneş enerjisi panelleri ve yağmur suyu toplama sistemleri ile donatılmıştır ve yerel ekosistemi desteklemek için dikey bahçeler içermektedir. Bu gibi projeler, peyzaj mimarlığının sürdürülebilir kentleşme stratejilerine olan katkısını vurgulayan önemli bir örnektir.

7.2. Dirençlilik ve Adaptasyon Odaklı Peyzaj Projeleri

İklim değişikliği, peyzaj tasarımlarının dayanıklı ve uyarlanabilir olmasını gerektiren önemli çevresel değişikliklere neden olmaktadır. Dirençlilik ve adaptasyon odaklı projeler, özellikle su taşkınları, kuraklık, sıcak hava dalgaları ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi aşırı iklim olaylarına karşı şehirlerin direncini artırmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda literatürde birçok başarılı proje örneği bulunmaktadır.

Hollanda, su taşkınları riski yüksek bir ülke olarak, adaptasyon odaklı peyzaj projelerinde öncü bir konumdadır. Rotterdam şehrinde uygulanan "Room for the River" projesi, nehir taşkınlarına karşı tasarlanmış en başarılı adaptasyon projelerinden biridir. Bu proje, suyun doğal akış yollarının yeniden düzenlenmesi ve suyun taşkın alanlarında serbestçe hareket etmesine izin verilmesi ilkesine dayanmaktadır (Warner vd., 2012). Rotterdam'da uygulanan peyzaj tasarımları, su taşkınlarını hafifletirken aynı zamanda yerel ekosistemlerin korunmasını ve geliştirilmesini amaçlamaktadır. Literatürde de vurgulandığı üzere, bu tür doğa temelli çözümler hem ekosistem hizmetlerini artırır hem de şehirlerin iklim değişikliğine karşı direncini güçlendirir (Duymus vd., 2024; Kabat vd., 2005).

Avustralya'da ise, kuraklık ve su kıtlığı ile mücadelede adaptasyon odaklı peyzaj projeleri öne çıkmaktadır. Melbourne şehrinde uygulanan su yönetimi projeleri, kuraklık dönemlerinde su kaynaklarının korunmasına yönelik çözümler sunmaktadır. Özellikle yerel ve kuraklığa dayanıklı bitki türlerinin kullanıldığı peyzaj projeleri hem su tasarrufu sağlar hem de bölgesel ekosistemlerle uyumlu bir şekilde çalışır (City of Melbourne, 2015). Melbourne'da kullanılan bu stratejiler, iklim değişikliğine karşı uyum sağlama kapasitesinin artırılması açısından önemli bir başarı örneği olarak literatürde yer bulmaktadır (Larsen ve Gunnarsson, 2015).

7.3. Yeşil Altyapı ve Doğa Tabanlı Çözümlerin Başarıları

Yeşil altyapı çözümleri, ekosistem hizmetlerini artırmak ve çevresel dayanıklılığı desteklemek amacıyla doğa tabanlı çözümler sunan bir stratejiler bütünüdür. Bu çözümler, su yönetimi, biyolojik çeşitlilik ve hava kalitesini iyileştirme gibi birçok alanda başarılı sonuçlar vermektedir (Valois vd., 2023). Yeşil altyapının iklim değişikliği ile mücadeledeki etkili rolü, literatürde geniş bir yer bulmaktadır (Roeland vd., 2019).

Londra’da uygulanan yeşil altyapı projeleri, şehirdeki hava kalitesini iyileştirmek ve biyolojik çeşitliliği artırmak amacıyla başlatılmıştır. "All London Green Grid" projesi, kentin yeşil alanlarını birbirine bağlayan ve doğa temelli çözümler sunan bir strateji olarak dikkat çekmektedir (Greater London Authority, 2012). Bu proje kapsamında, Londra’nın su yolları ve yeşil alanları genişletilerek, su taşkınlarına karşı koruma sağlanmış ve ekosistem hizmetleri artırılmıştır. Literatürde, yeşil altyapı çözümlerinin iklim değişikliği etkilerine karşı dayanıklılığı artırmada etkili olduğu vurgulanmaktadır (Gomez-Baggethun ve Barton, 2013).

Bir başka örnek olarak, Paris şehrinde uygulanan yeşil altyapı projeleri, sıcak hava dalgalarına karşı geliştirilmiş çözümler içermektedir. "Paris Resilience Strategy" isimli plan, şehrin ısı adası etkisini azaltmak ve aşırı sıcaklıklara karşı dirençli alanlar yaratmak amacıyla geliştirilmiştir (City of Paris, 2016). Bu plan kapsamında, yeşil çatılar, dikey bahçeler ve geçirgen yüzeyler gibi doğa tabanlı çözümler hayata geçirilmiştir. Literatürde de belirtildiği gibi, bu tür uygulamalar, şehirlerin mikroiklimini iyileştirerek, enerji verimliliğini artırmakta ve şehir sakinlerine daha sağlıklı yaşam alanları sunmaktadır (Santamouris, 2014).

Sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon temelli peyzaj projeleri, iklim değişikliğinin getirdiği zorluklara karşı etkili çözümler sunmaktadır. New York, Kopenhag, Singapur, Hollanda ve Avustralya gibi dünyanın farklı yerlerinde hayata geçirilen projeler, peyzaj mimarlığının iklim değişikliği ile mücadeledeki kritik rolünü vurgulamaktadır. Bu projeler, su yönetimi, biyolojik çeşitlilik, hava kalitesi ve toplumsal dirençlilik gibi alanlarda başarılar elde ederek, gelecekteki peyzaj tasarımı uygulamaları için bir model oluşturmaktadır. Literatürde de belirtildiği gibi, yeşil altyapı ve doğa tabanlı çözümler, iklim değişikliğiyle mücadelede sürdürülebilir ve esnek çözümler sunarak, şehirlerin ve doğal alanların dirençli hale getirilmesine katkıda bulunmaktadır.

8. TARTIŞMA

İklim değişikliği, 21. yüzyılın en büyük çevresel, toplumsal ve ekonomik tehditlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Artan sıcaklıklar, deniz seviyelerinin yükselmesi, aşırı hava olaylarının sıklığının artması gibi olgular, ekosistemler ve insan yerleşimleri üzerinde büyük baskılar oluşturmaktadır (IPCC, 2021). Bu bağlamda, peyzaj mimarlığı, sadece estetik düzenlemeler yapmanın ötesine geçerek, ekosistemlerin korunması, çevresel dayanıklılığın artırılması ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını hedefleyen stratejiler geliştiren disiplinler arası bir alan olarak ön plana çıkmaktadır. Peyzaj mimarları, sürdürülebilirlik, Dirençlilik ve adaptasyon kavramlarını merkezine alarak iklim değişikliğine karşı mücadelede kritik bir rol üstlenmektedir. Bu tartışma bölümünde, bu üç temel kavramın peyzaj mimarlığındaki etkilerini ve uzun vadeli sonuçlarını ele alınmıştır.

Sürdürülebilirlik, peyzaj mimarlığına entegre edilen en temel kavramlardan biridir. Bu kavram, doğal kaynakların korunmasını, ekosistemlerin işleyişinin desteklenmesini ve insan yerleşimlerinin ekolojik dengeyi bozmayacak şekilde düzenlenmesini hedefler (Benedict ve McMahon, 2006). Sürdürülebilir peyzaj tasarımı, sadece doğal kaynakların korunmasıyla sınırlı kalmaz; aynı zamanda toplumsal ve ekonomik sürdürülebilirliği de göz önünde bulundurur. Peyzaj mimarlığının ekolojik sürdürülebilirliği sağlamada oynadığı rol, özellikle su yönetimi, karbon emisyonlarının azaltılması ve biyolojik çeşitliliğin korunması bağlamında kritik öneme sahiptir (Akbari vd., 2001).

Sürdürülebilir peyzaj projelerinin başarılı örnekleri arasında, yağmur suyu hasadı sistemleri ve kuraklığa dayanıklı bitki türlerinin kullanımı öne çıkmaktadır. Örneğin, Melbourne’da geliştirilen su yönetimi

projeleri, peyzaj tasarımının, su kaynaklarını koruma ve kuraklık dönemlerinde su tüketimini azaltma yeteneğini göstermektedir (Larsen ve Gunnarsson, 2015). Ayrıca, New York'taki yeşil altyapı projeleri, yağmur suyunun etkin bir şekilde yönetilmesini ve su taşkınlarının kontrol altına alınmasını sağlamaktadır (NYC Environmental Protection, 2010). Bu tür projeler, peyzaj mimarlığının sürdürülebilirlik anlayışının pratik uygulamalara nasıl dönüştüğünü ve şehirlerin uzun vadeli çevresel hedeflerine nasıl katkıda bulunduğunu gösterir.

Sürdürülebilirlik ilkelerinin peyzaj mimarlığında uzun vadede yaratabileceği etki, doğal kaynakların korunmasının yanı sıra toplumsal fayda sağlamasıdır. Peyzaj tasarımı, sağlıklı ekosistemlerin sürdürülmesi yoluyla yerel topluluklara temiz hava, su ve doğal yaşam alanları gibi ekosistem hizmetleri sunar (Gomez-Baggethun ve Barton, 2013). Dolayısıyla, peyzaj mimarları, sürdürülebilirlik kavramını tasarımlarının merkezine yerleştirerek, hem mevcut iklim krizine karşı çözüm sunmakta hem de gelecekteki nesiller için sağlıklı ve yaşanabilir ortamlar yaratmaktadır.

Dirençlilik, peyzaj mimarlığının, doğal afetlere ve çevresel değişimlere karşı uyum sağlayabilen ve dirençli sistemler geliştirmesi anlamına gelir. İklim değişikliği ile artan doğal afet riskleri, şehirleri ve doğal alanları daha dayanıklı hale getirmek için peyzaj tasarımının önemini artırmıştır. Bu bağlamda, yeşil altyapı ve doğa temelli çözümler, sel, taşkın, kuraklık ve sıcak hava dalgaları gibi aşırı iklim olaylarına karşı etkili bir koruma sunar (Jensen ve Madsen, 2017).

Dirençlilik odaklı peyzaj projelerinin başarılı örneklerinden biri, Hollanda'nın "Room for the River" projesidir. Bu proje, nehir taşkınlarına karşı doğa temelli çözümler kullanarak suyun taşkın alanlarında daha geniş bir şekilde yayılmasına izin verir ve yerleşim alanlarına zarar vermesini engeller (Warner vd., 2012). Aynı şekilde, Londra'da uygulanan yeşil altyapı stratejileri, su taşkınlarına karşı etkili bir direnç sağlamış ve şehirde biyolojik çeşitliliği artırmıştır (Greater London Authority, 2012).

Dirençlilik kavramının peyzaj mimarlığına olan uzun vadeli etkisi, şehirlerin doğal afetlere karşı daha dirençli hale gelmesini sağlamasının ötesinde, ekosistemlerin ve toplumların bu değişimlere uyum yeteneklerini artırmasıdır. Peyzaj tasarımı, yerel koşullara uygun yeşil altyapılar oluşturarak, sadece çevresel riskleri azaltmakla kalmaz, aynı zamanda toplumların iklim değişikliği karşısında toparlanma kapasitelerini de artırır (Cutter vd., 2008). Bu nedenle, peyzaj mimarları, dirençlilik ilkelerini tasarımlarında kullanarak, şehirleri ve doğal alanları daha esnek ve uzun vadede sürdürülebilir kılmaktadır.

Adaptasyon, peyzaj mimarlığının değişen iklim koşullarına uyum sağlama kapasitesini ifade eder. İklim değişikliği, peyzajların dinamik ve uyarlanabilir olmasını zorunlu kılar. Adaptasyon stratejileri hem doğal hem de yapılı çevrelerde iklim değişikliğinin getirdiği riskleri azaltmaya yönelik çözümler sunar (Smit ve Wandel, 2006). Bu bağlamda, deniz seviyesinin yükselmesine karşı kıyı alanlarını koruyan peyzaj çözümleri veya aşırı sıcaklıklara karşı mikroklima yaratma stratejileri gibi uygulamalar, peyzaj mimarlığının adaptasyon kapasitesini göstermektedir.

Adaptasyonun başarılı bir örneği, Singapur'daki Gardens by the Bay projesidir. Bu projede hem su yönetimi stratejileri hem de enerji verimliliği artırılmıştır (Barton, 2015). Ayrıca, kıyı bölgelerinde mangrov ormanlarının korunması ve güçlendirilmesi, deniz seviyesinin yükselmesine karşı doğal bir savunma mekanizması olarak literatürde öne çıkmaktadır (Temmerman vd., 2013). Bu tür adaptasyon odaklı peyzaj projeleri, ekosistemlerin doğal direncini artırırken aynı zamanda toplumsal fayda da sağlamaktadır.

Adaptasyonun peyzaj mimarlığı üzerindeki uzun vadeli etkisi, tasarımın esneklik ve Dirençlilik kapasitesini sürekli olarak geliştirmesiyle doğrudan ilişkilidir. Gelecek çalışmalar, adaptasyon stratejilerinin daha geniş ölçekte uygulanmasına ve farklı coğrafi bölgelerdeki iklim değişikliği etkilerine uygun çözümler geliştirilmesine odaklanmalıdır. Peyzaj mimarlığının adaptasyon kapasitesi, şehirlerin ve doğal alanların iklim değişikliğiyle mücadelede en güçlü araçlarından biri olmaya devam edecektir.

İklim değişikliği, peyzaj mimarlığına olan ihtiyacı her zamankinden daha fazla artırmıştır. Peyzaj mimarları, doğal sistemleri koruyarak ve güçlendirerek, şehirleri ve doğal alanları daha dirençli, sürdürülebilir ve yaşanabilir hale getirebilecek stratejiler geliştirmektedirler. Sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon kavramları, peyzaj mimarlığının iklim değişikliği ile mücadelede gelecekte daha etkili olmasını sağlayacak temel stratejiler olarak öne çıkmaktadır.

Gelecek çalışmalarda, bu üç temel yaklaşımın genişletilmesi ve peyzaj tasarımında yeni uygulamaların geliştirilmesine odaklanılmalıdır. Örneğin, su kaynaklarının korunması, yeşil altyapıların daha yaygın hale getirilmesi ve iklim değişikliğine karşı esnek sistemlerin geliştirilmesi, peyzaj mimarlığının uzun vadeli başarıları açısından kritik olacaktır. Ayrıca, yerel ve ulusal yönetimlerin bu stratejileri desteklemesi, peyzaj mimarlığı uygulamalarının daha geniş bir çerçevede benimsenmesini ve yaygınlaşmasını sağlayacaktır (IPCC, 2021).

Bu bağlamda peyzaj mimarlığı, iklim değişikliğine karşı mücadelede stratejik bir disiplin olarak daha fazla öneme sahip olmaktadır. Sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon kavramları, peyzaj mimarlığının sadece bugünün değil, aynı zamanda geleceğin çevresel ve toplumsal sorunlarına çözüm üretme potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, peyzaj mimarlığı, iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmek ve daha dirençli, sürdürülebilir bir dünya yaratmak için kritik bir disiplindir.

9. SONUÇLAR

İklim değişikliğinin yarattığı tehditler, doğal ve yapılı çevrelerde köklü değişiklikleri zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede, peyzaj mimarlığı, sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon kavramlarını merkeze alarak, çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan daha dirençli ve esnek sistemler oluşturma potansiyeli taşımaktadır. İklim değişikliğinin peyzaj tasarımı üzerindeki etkileri incelendiğinde, su yönetimi, biyolojik çeşitlilik, enerji verimliliği gibi konuların yanı sıra, şehirlerin ve doğal alanların geleceğe hazırlanmasında peyzaj mimarlığının kilit rol oynadığı görülmektedir. Bu disiplin, sadece estetik düzenlemeler değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerini iyileştirme ve çevresel direnç oluşturma konusunda da stratejik bir konumda yer almaktadır.

Sürdürülebilirlik, peyzaj mimarlığının uzun vadeli hedefleri arasında en önemli unsurlardan biridir. İklim değişikliğinin etkileri ile mücadelede, doğal kaynakların etkin kullanımını sağlamak ve ekosistem hizmetlerini korumak kritik bir rol oynamaktadır. Yağmur suyu hasadı, yerel bitkilerin kullanımı ve geçirgen yüzeyler gibi sürdürülebilir tasarım yaklaşımları, çevresel etkileri minimize ederken, aynı zamanda ekosistemleri ve doğal döngüleri desteklemektedir. Bu tür stratejiler, su kaynaklarının korunmasına yardımcı olurken, bakım maliyetlerini de düşürmekte ve peyzaj tasarımının uzun vadede sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, sürdürülebilirlik odaklı peyzaj projeleri, toplumsal faydalar sağlayarak, sağlıklı ve yaşanabilir kentsel alanların oluşturulmasına katkıda bulunur. Gelecek çalışmalarda, peyzaj tasarımında sürdürülebilirliğin daha fazla vurgulanması ve doğal kaynakların korunmasına yönelik yeni stratejilerin geliştirilmesi gerekecektir.

Dirençlilik ise, doğal afetlerin ve iklim değişikliğinin getirdiği zorluklarla başa çıkmada peyzaj mimarlığının hayati bir unsuru olarak öne çıkmaktadır. Peyzaj tasarımında dirençlilik kavramı, şehirlerin doğal afetlere karşı dirençli hale getirilmesini hedefler. Bu bağlamda, biyolojik kanallar, yağmur bahçeleri ve yeşil çatılar gibi yeşil altyapı çözümleri, su taşkınları, kuraklık ve aşırı hava olaylarına karşı etkili bir koruma sağlar. Örneğin, biyolojik kanalların ve yağmur suyu hasadı sistemlerinin kullanımı, taşkın risklerini azaltırken aynı zamanda suyun toprağa sızmasını sağlayarak yeraltı su kaynaklarını besler. Benzer şekilde, ağaçlandırma projeleri ve yeşil çatı sistemleri, kentsel alanlarda ısı adası etkisini azaltarak, aşırı sıcaklıklara karşı doğal bir soğutma mekanizması sunmaktadır. Bu tür projeler hem doğal hem de yapılı çevrelerin iklim değişikliğine karşı uzun vadeli dayanıklılığını artırmaktadır.

Adaptasyon kavramı, iklim değişikliğinin getirdiği belirsizliklere karşı esnek ve uyum sağlayabilir tasarımların geliştirilmesini ifade eder. İklim değişikliğinin etkilerine karşı daha uyumlu ve esnek peyzajlar yaratmak, peyzaj mimarlığının temel görevlerinden biri haline gelmiştir. Deniz seviyesinin

yükselmesine karşı kıyı bölgelerinde doğal savunma mekanizmalarının geliştirilmesi veya aşırı sıcak hava dalgalarına karşı şehirlerde serinletici mikroklima yaratma stratejileri gibi çözümler, peyzaj mimarlığının adaptasyon kapasitesini ortaya koymaktadır. Kıyı bölgelerinde yer alan mangrov ormanları ve sulak alanlar gibi doğal yapılar, denizden gelen dalgaların enerjisini emerek kıyı erozyonunu önlemekte ve bu bölgelerde yaşayan toplulukları korumaktadır. Adaptasyon stratejileri, peyzaj tasarımının hem çevresel hem de toplumsal açıdan iklim değişikliğine karşı daha dirençli olmasını sağlamaktadır.

Bu değerlendirmeler ve sonuçlardan da anlaşılacağı üzere sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon kavramları, peyzaj mimarlığında iklim değişikliği ile mücadelede merkezi bir konuma sahiptir. Bu üç temel kavram, peyzaj tasarımının uzun vadede hem doğal hem de yapı çevreleri üzerinde nasıl bir etki yaratacağını şekillendirmektedir. Gelecek çalışmalarda, bu kavramların daha geniş ölçekte uygulanması ve peyzaj mimarlığının iklim değişikliğine karşı daha etkili çözümler sunabilmesi için yeni stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Peyzaj mimarlığının gelecekteki rolü, sadece ekosistemlerin korunmasına katkı sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda toplumsal refahın artırılmasına ve iklim değişikliğine karşı daha dirençli toplumların inşa edilmesine de olanak tanıyacaktır.

10. ÖNERİLER

Bu çalışma, iklim değişikliğinin peyzaj mimarlığı üzerindeki etkilerini ele alırken, sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon stratejilerinin bu alanda daha geniş bir çerçevede uygulanabilmesi için çeşitli öneriler sunmaktadır. Peyzaj mimarlığının iklim değişikliğiyle mücadelede daha etkili çözümler geliştirmesi adına aşağıdaki adımların atılması faydalı olacaktır:

- Yeşil altyapı çözümlerinin yaygınlaştırılması, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Peyzaj projelerinde yeşil çatı, yağmur bahçesi ve biyoswales gibi doğa temelli çözümlerin kullanılması, su yönetimini iyileştirmenin yanı sıra, sıcak hava dalgalarına karşı serinleme alanları yaratarak şehirlerdeki ısı adası etkisini azaltıcı etkiler oluşturacaktır.
- Kuraklığa dayanıklı ve yerel bitki türlerinin peyzaj tasarımlarında tercih edilmesi, su kaynaklarının korunmasına ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Yerel bitkilerin kullanımı aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunmasına yardımcı olmaktadır.
- Su yönetimi stratejilerinin peyzaj projelerine entegre edilmesi, artan kuraklık ve taşkın riskleri karşısında kentlerin dayanıklılığını artırmaktadır. Yağmur suyu hasadı, geçirgen yüzeyler ve doğal su yollarının korunması gibi yöntemler, çevresel sürdürülebilirliği desteklemekte ve iklim değişikliğine uyum sağlamada etkili çözümler sunmaktadır.
- Peyzaj mimarlarının ve ilgili profesyonellerin iklim değişikliği, sürdürülebilirlik ve dirençlilik stratejileri konusunda eğitim alması gerekmektedir. Üniversiteler ve meslek odaları tarafından düzenlenecek eğitim programları ve atölyeler, peyzaj profesyonellerinin iklim değişikliğine uyumlu tasarımlar geliştirmelerine olanak tanımaktadır.
- İklim değişikliği ile mücadelede peyzaj mimarlığının katkısını artırmak için yasal düzenlemelerin güçlendirilmesi gerekmektedir. Yeşil altyapı çözümlerinin teşviki, su yönetimi stratejilerinin zorunlu hale getirilmesi ve doğal ekosistemlerin korunması için yerel ve ulusal yönetimler tarafından daha etkin politikalar geliştirilmesi önerilmektedir.
- İklim değişikliğinin peyzaj mimarlığı üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak ve yenilikçi çözümler geliştirebilmek için araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yatırım yapılması gerekmektedir. Özellikle iklim değişikliğine uyum sağlayabilecek bitki türleri, su yönetimi teknolojileri ve enerji verimliliği sağlayan peyzaj tasarımı çözümleri üzerine daha fazla araştırma yapılması faydalı olacaktır.
- Peyzaj mimarlarının, değişen iklim koşullarına uyum sağlayacak esnek ve adaptasyon odaklı tasarım ilkeleri geliştirmesi gerekmektedir. Özellikle kıyı bölgelerinde deniz seviyesinin yükselmesine karşı doğal bariyerlerin oluşturulması, sıcak hava dalgalarına maruz kalan şehirlerde ise yeşil alanların artırılması önem taşımaktadır.
- Toplumsal dayanıklılığı artırmak amacıyla afetlere karşı dirençli ve sosyal etkileşimi teşvik eden yeşil alanların oluşturulması gerekmektedir. Bu tür kamusal alanlar, doğal afetler

sonrasında toplulukların hızla toparlanmasına yardımcı olmakta ve iklim değişikliğine karşı toplumsal dayanıklılığı artırmaktadır.

- İklim değişikliği küresel bir sorun olduğu için peyzaj mimarlığı alanında uluslararası iş birlikleri teşvik edilmelidir. Farklı coğrafi koşullara sahip ülkeler arasındaki bilgi ve deneyim paylaşımı, iklim değişikliğine karşı daha etkili peyzaj çözümlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.
- Peyzaj projelerinde sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon hedeflerinin başarıyla sağlanıp sağlanmadığını ölçmek için izleme ve değerlendirme mekanizmalarının kurulması gerekmektedir. Bu süreçler, projelerin iklim değişikliğine karşı ne kadar etkin olduğunu belirlemekte ve gerektiğinde stratejilerin güncellenmesini sağlamaktadır.

Bu öneriler doğrultusunda, peyzaj mimarlığı disiplininin iklim değişikliği ile mücadelede daha güçlü, sürdürülebilir ve dirençli çözümler sunabilmesi mümkündür. Peyzaj mimarlığında sürdürülebilirlik, dirençlilik ve adaptasyon stratejilerinin geniş ölçekte benimsenmesi, gelecekteki çevresel ve toplumsal hedeflere ulaşmada önemli bir katkı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

Akbari H, Pomerantz M, Taha H (2001) Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 70(3), 295-310. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X)

Alizadeh B, Hitchmough J (2019) A review of urban landscape adaptation to the challenge of climate change. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-10-2017-0179>.

Allouche F, Hamaideh A, Hammami S, Gatta E, Khasawneh A (2021) Envisioning Sustainable Landscape Management In The Environmentally Sensitive Areas of Ksour Essef, Tunisia. *International Journal of Research*, 9, 85-98. <https://doi.org/10.29121/GRANTHAALAYAH.V9.I1.2021.2715>.

Alomari, O., AlShomali, M., Albtoush, A., AlRawashdeh, M., & AlRawashdeh, S. (2023). Climate change as challenges and prospects for architecture development. проект байкал. <https://doi.org/10.51461/issn.2309-3072/77.2204>.

Angelstam P, Elbakidze M, Lawrence A, Manton M, Melecis V, Perera A (2018) Barriers and Bridges for Landscape Stewardship and Knowledge Production to Sustain Functional Green Infrastructures. 127-167. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74515-2_6.

Arcidiacono A, Ronchi S, Salata S (2016) Managing Multiple Ecosystem Services for Landscape Conservation: A Green Infrastructure in Lombardy Region. *Procedia Engineering*, 161, 2297-2303. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.08.831>.

Axelsson R, Angelstam P, Elbakidze M, Stryamets N, Johansson K (2011) Sustainable Development and Sustainability: Landscape Approach as a Practical Interpretation of Principles and Implementation Concepts., 4, 30- 5. <https://doi.org/10.2478/v10285-012-0040-1>.

Azkorra-Larrinaga Z, Romero-Antón N, Martín-Escudero K, Lopez-Ruiz G (2023) Environmentally Sustainable Green Roof Design for Energy Demand Reduction. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings13071846>.

Bahrami B, Jafari P (2019) Paper recycling, directions to sustainable landscape. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17, 371-382. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02354-y>.

Barbier EB, Hacker SD, Kennedy C, Koch EW, Stier AC, Silliman BR (2011) The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169-193.

- Bariş ME, Kaygusız SZ (2023) Landscape planning and design approaches for ecologically sustainable cities. *Asian Research Journal of Agriculture*. <https://journalarja.com/index.php/ARJA/article/view/395>
- Barton C (2015) Gardens by the bay: Singapore's cutting-edge green development. *Sustainable Cities and Society*, 19, 273-284. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.04.010>
- Beagan C, Dolan S (2015) Integrating Components of Resilient Systems into Cultural Landscape Management Practices. *Change Over Time*, 5, 180- 199. <https://doi.org/10.1353/COT.2015.0015>.
- Benedict MA, McMahon ET (2006) *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.
- Betts R, Falloon P, Goldewijk K, Ramankutty N (2007) Biogeophysical effects of land use on climate: Model simulations of radiative forcing and large-scale temperature change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 142, 216-233. <https://doi.org/10.1016/J.AGRFORMET.2006.08.021>.
- Bhusal N, Lee M, Lee H, Adhikari A, Han A, Han A, Kim H (2021) Evaluation of morphological, physiological, and biochemical traits for assessing drought resistance in eleven tree species. *The Science of the total environment*, 779, 146466. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146466>.
- Breed C, Cilliers S, Fisher R (2015) Role of Landscape Designers in Promoting a Balanced Approach to Green Infrastructure. *Journal of Urban Planning and Development-asce*, 141. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000248](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000248).
- Brunckhorst, D., & Trammell, E. (2023). Future Options Redundancy Planning: Designing Multiple Pathways to Resilience in Urban and Landscape Systems Facing Complex Change. *Urban Science*. <https://doi.org/10.3390/urbansci7010011>.
- Campbell, J., Fulcher, M., Grewell, B., & Young, S. (2023). Climate and pest interactions pose a cross-landscape management challenge to soil and water conservation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 78, 39A - 44A. <https://doi.org/10.2489/jswc.2023.1025A>.
- Cetin M, Ozenen Kavlak M, Senyel Kurkcuoglu MA (2024) Determination of land surface temperature and urban heat island effects with remote sensing capabilities: the case of Kayseri, Türkiye. *Nat Hazards* 120, 5509–5536 <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06431-5>
- City of Copenhagen (2012) Cloudburst management plan 2012. City of Copenhagen. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/cloudburst-management-plan-for-copenhagen> (Erişim tarihi: 27 Eylül 2024).
- City of Melbourne (2015) Water sensitive urban design guidelines. City of Melbourne. <https://www.melbourne.vic.gov.au/SiteCollectionDocuments/wsud-guidelines.pdf> (Erişim tarihi: 27 Eylül 2024).
- City of Paris (2016) Paris resilience strategy. City of Paris. <https://www.100resilientcities.org/strategies/paris/> (Erişim tarihi: 27 Eylül 2024).
- Crăciun C, Nicolaescu AM (2021) Raising the Quality of Life Through the Therapeutic Urban and Architectural Landscape. *Logos Universality Mentality Education Novelty: Philosophy & Humanistic Sciences*, 9(1), 09-25. <https://doi.org/10.18662/lumenphs/9.1/54>
- Cox P, Jeffery H (2009) Engineering the climate. *Physics World*, 22, 24-27. <https://doi.org/10.1088/2058-7058/22/09/34>.

Cutter S, Burton C, Emrich C (2010) Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 7(1). <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>

Dastgerdi, A., & Kheyroddin, R. (2023). Building Resilience in Cultural Landscapes: Exploring the Role of Transdisciplinary and Participatory Planning in the Recovery of the Shushtar Historical Hydraulic System. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151310433>.

Demirkol RS, Algur Marşoğlu H, İleri G (2021) Research of locally sourced stone usage in the scope of sustainable materials based on examples. *ATLAS JOURNAL*. <https://doi.org/10.31568/atlas.707>

Demuzere M, Orru K, Orru K, Heidrich O, Olazabal E, Geneletti D, Orru H, Bhawe A, Mittal N, Feliu E, Faehnle M (2014) Mitigating and adapting to climate change: multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of environmental management*, 146, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>.

Derbyshire A (2009) Modular Sustainability within the Landscape. *Design Principles and Practices: An International Journal*, 3, 227-248. <https://doi.org/10.18848/1833-1874/CGP/V03I02/37654>.

Douthat T, Morgan J, Alibašić H, Grant A (2020) Passive building characteristics, and summertime residential energy use: A spatial analysis of energy efficiency in Gainesville, FL. *Building and Environment*, 169, 106542. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106542>.

Duymuş H, Çabuk SN, Çabuk A (2024) Ecological Planning and Design for Disaster Resilient and Sustainable Cities. In: Tün, M. (ed.), *Hazards and Disaster Resilient Cities I*. Özgür Publications. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub455.c1947>

Eaton M, Yurek S, Haider Z, Martin J, Johnson F, Udell B, Charkhgard H, Kwon C (2019) Spatial conservation planning under uncertainty: adapting to climate change risks using modern portfolio theory. *Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America*, e01962. <https://doi.org/10.1002/eap.1962>.

Faraj B, Hamaamin Y (2023) Optimization of Locations for Bioswales Stormwater Management Using BMP Siting Tool- Case Study of Sulaymaniyah City-KRG-Iraq. *Journal of Engineering*. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2023.01.05>.

French E (2019) Designing public open space to support seismic resilience: A systematic review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2018.11.001>.

Frighi V, Kolisnychenko S (2022) Sustainable Architecture. *Industry, Innovation and Infrastructure*. <https://doi.org/10.18848/1832-2077/cgp/v06i02/54756>.

Gago EJ, Roldan J, Pacheco-Torres R, Ordóñez J (2013) The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749-758.

Ghazal A (2019) Criteria for Sustainable Planting Design Applications in Landscape Architecture Projects Under Arid Conditions. *Engineering and Technology Journal*. <https://doi.org/10.30684/etj.37.1c.3>.

Giridhar M, Shyama M (2022) Rainwater harvesting: A climate change mitigation. *i-manager's Journal on Future Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.26634/jfet.17.4.18993>.

Gomez-Baggethun E, Barton DN (2013) Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>

Greater London Authority (2012) All London Green Grid: Supplementary planning guidance. London: Greater London Authority. <https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/parks-green-spaces-and-biodiversity/all-london-green-grid> (Erişim tarihi: 27 Eylül 2024).

Gu S (2023) The Impact of Increasing Forest Loss Areas on the Global Temperature, and Tourism Industry. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*. <https://doi.org/10.9734/ajraf/2023/v9i3205>.

Harvey CA, et al. (2014). Climate-Smart Landscapes: Opportunities and Challenges for Integrating Adaptation and Mitigation in Tropical Agriculture. *Conservation Letters*, 7, 77-80. <https://doi.org/10.1111/conl.12066>

Hassan Z, Shahbaz B, Lopez F (2023) Enhancing Blue/Green Infrastructure for Resilient Urban Environments: Smart Solutions and Nature-Based Strategies. 3rd International Congress on Engineering and Life Science Proceedings Book. <https://doi.org/10.61326/icelis.2023.18>.

Hof A, Dymond C, Mladenoff D (2017) Climate change mitigation through adaptation. *Ecosphere*.

Houghton J (2005) Global warming. *Reports on Progress in Physics*, 68, 1343- 1403. <https://doi.org/10.1088/0034-4885/68/6/R02>.

Hussain M, Nizarudin N, Tukiman I (2014) Landscape Design as Part of Green and Sustainable Building Design. *Advanced Materials Research*, 935, 277- 280. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.935.277>.

IPCC (2021) Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Jenewein O (2020) Post-Oil Environments: Responsive Design Strategies for Coastal City-Landscapes of Oil. 2020 AIA/ACSA Intersections Research Conference: CARBON. <https://doi.org/10.35483/acsa.aia.fallintercarbon.20.4>.

Jensen MB, Madsen H (2017) Water resilience in cities through sustainable urban drainage. *Urban Water Journal*, 14(4), 372-381. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2015.1057181>

Kabat P, Fresco LO, Stive MJF, Veerman CP, van Alphen JSLJ, Parmet BWAH, Hazeleger W, Katsman CA (2005) Climate proofing the Netherlands. *Nature*, 438(7066), 283-284. <https://doi.org/10.1038/438283a>

Lambrou N (2022) Resilience Design in Practice: Future Climate Visions from California's Bay Area. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land11101795>.

Larsen TA, Gunnarsson A (2015) Adaptation strategies for water scarcity and drought in urban environments. *Sustainability*, 7(1), 273-285. <https://doi.org/10.3390/su7010273>

Lemos G, Faria A, Viajante G, Domingues E, Domingos J, Silva S, Souto O, Velloso E, Franca J (2019) Energy Efficiency Project with Actions to Encourage the Rational and Sustainable Use of Electric Energy. 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), 1-6. <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2019.8783270>.

Lenzholzer S, Brown R (2013) Climate-responsive landscape architecture design education. *Journal of Cleaner Production*, 61, 89-99. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2012.12.038>.

Lin J, Brown R (2021) Integrating Microclimate into Landscape Architecture for Outdoor Thermal Comfort: A Systematic Review. *Land*. <https://doi.org/10.3390/LAND10020196>.

Liu Y, Yuan L, Zhao Q, Zhang H, Duan H (2017) Stormwater runoff pollution control using bioretention under different land use types. *Water*, 9(7), 493.

Lobosco G, Tinti L, Magagnoli B (2023) Landscapes of drought. Future scenarios between agriculture and land aptitudes. *Ri-Vista. Research for landscape architecture*. <https://doi.org/10.36253/rv-14112>.

Machar I (2020) Sustainable Landscape Management and Planning. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12062354>.

Mahanta N, Rajput B (2019) Landscape Interventions for Resilience and Sustainability in Urban Wetland Parks: a review. 2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET), 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICASET.2019.8714401>.

Malhi G, Kaur M, Kaushik P (2021) Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/SU13031318>.

Meiyuan Y (2014) The Study on Application of Natural Materials in Landscape Architecture Design Based on the Experimental Simulation. 2014 7th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, 857-860. <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2014.205>.

Mina, M., Messier, C., Duveneck, M., Fortin, M., & Aquilué, N. (2022). Managing for the unexpected: Building resilient forest landscapes to cope with global change. *Global Change Biology*, 28, 4323 - 4341. <https://doi.org/10.1111/gcb.16197>.

Mitrenova E, Aichholzer M, Sosa A (2022) Climate-resilient and resource-conserving architecture through renewable building materials and microclimate improvement. *Acta Polytechnica CTU Proceedings*. <https://doi.org/10.14311/app.2022.38.0443>.

Morash J, Wright A, Lebleu C, Meder A, Kessler R, Brantley E, Howe J (2019) Increasing Sustainability of Residential Areas Using Rain Gardens to Improve Pollutant Capture, Biodiversity and Ecosystem Resilience. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/SU11123269>.

Morecroft M (2012) Adapting conservation to a changing climate. *Journal of Applied Ecology*, 49, 546-546. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2012.02147.X>.

Mosler S, Hobson P (2021) Close-To-Nature Heuristic Design Principles for Future Urban Green Infrastructure. *Urban Planning*. <https://doi.org/10.17645/up.v6i4.4451>.

Nambiar E (2019) Tamm Review: Re-imagining forestry and wood business: pathways to rural development, poverty alleviation and climate change mitigation in the tropics. *Forest Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2019.06.014>.

Naveh Z (2007) Landscape ecology and sustainability. *Landscape Ecology*, 22, 1437-1440. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9171-x>.

Nelson D, Bledsoe B, Ferreira S, Nibbelink N (2020) Challenges to realizing the potential of nature-based solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 45, 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.09.001>.

Nijhuis S (2021) Future-proofing estate landscapes. *Bulletin KNOB*. <https://doi.org/10.48003/knob.120.2021.4.732>.

Nikologianni A, Larkham P, Moore K (2021) Built Environment and Landscape Design as Tools for Climate Resilient Cities and Regions. *ATHENS JOURNAL OF ARCHITECTURE*. <https://doi.org/10.30958/AJA.7-3-1>.

Nikologianni A, Moore K, Larkham P (2020) Climate Emergency Adaptation and Sustainable Management Strategies in Rural and Agricultural Landscapes. *Infrastructures*. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5110097>.

Nuzhyna N, Ivanova I (2023) Drought Resistance Monitoring Of Introduced Tall Trees Species Under Changed Urban Climatic Conditions. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Biology*. <https://doi.org/10.17721/1728.2748.2023.94.23-27>.

NYC Environmental Protection (2010) NYC Green Infrastructure Plan: A sustainable strategy for clean waterways. City of New York. <https://www1.nyc.gov/assets/dep/downloads/pdf/environment/education/green-infrastructure/nyc-green-infrastructure-plan-2010.pdf> (Erişim tarihi: 27 Eylül 2024).

Pamukcu-Albers P, Ugolini F, Rosa D, Grădinaru S, Azevedo J, Wu J (2021) Building green infrastructure to enhance urban resilience to climate change and pandemics. *Landscape Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01212-y>.

Papadopol C (2000) Impacts of climate warming on forests in Ontario: Options for adaptation and mitigation. *Forestry Chronicle*, 76, 139-149. <https://doi.org/10.5558/TFC76139-1>.

Papatya Seckin N (2018) Environmental control in architecture by landscape design. *A/Z Itu Journal Of The Faculty Of Architecture*, 15(2), 197–211. <https://doi.org/10.5505/itujfa.2018.90022>

Papuga S, Seifert E, Kopeck S, Hwang K (2022) Ecohydrology of Green Stormwater Infrastructure in Shrinking Cities: A Two-Year Case Study of a Retrofitted Bioswale in Detroit, MI. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w14193064>.

Pettorelli N (2012) Climate change as a main driver of ecological research. *Journal of Applied Ecology*, 49, 542-545. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2012.02146.X>.

Rafi Z, Kazemi F, Tehranifar A (2019) Effects of various irrigation regimes on water use efficiency and visual quality of some ornamental herbaceous plants in the field. *Agricultural Water Management*. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2018.08.012>.

Raimondi A, Quinn R, Abhijith G, Becciu G, Ostfeld A (2023) Rainwater Harvesting and Treatment: State of the Art and Perspectives. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w15081518>.

Ramyar R (2017) Green Infrastructure Contribution For Climate Change Adaptation In Urban Landscape Context. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15, 1193-1209. https://doi.org/10.15666/AEER/1503_11931209.

Rao P, Gupta J (2020) Energy-Efficient Landscape Design. *Design of Cities and Buildings-Sustainability and Resilience in the Built Environment*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.94904>.

Roeland S, Moretti M, Amorim J, Branquinho C, Fares S, Morelli F, Niinemets Ü, Paoletti E, Pinho P, Sgrigna G, Stojanovski V, Tiwary A, Sicard P, Calfapietra C (2019) Towards an integrative approach to evaluate the environmental ecosystem services provided by urban forest. *Journal of Forestry Research*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00916-x>.

Sanna G, Serreli S, Biddau G (2020) Policies and Architectures for the Unthinkable Era: New Resilient Landscapes in Fragile Areas of Sardinia. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12208714>.

Santamouris M (2014) Cooling the cities—A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, 103, 682-703. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003>

Sattler S, Zluwa I, Österreicher D (2020) The “PV Rooftop Garden”: Providing Recreational Green Roofs and Renewable Energy as a Multifunctional System within One Surface Area. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app10051791>.

Schneider S (1989) The Greenhouse Effect: Science and Policy. *Science*, 243, 771- 781. <https://doi.org/10.1126/science.243.4892.771>.

Shakoor A, Ashraf F, Shakoor S, Mustafa A, Rehman A, Altaf M (2020) Biogeochemical transformation of greenhouse gas emissions from terrestrial to atmospheric environment and potential feedback to climate forcing. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 38513- 38536. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10151-1>.

Shankar SS (2018) Impacts of Climate Change on Agriculture and Food Security., 207-234. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00007-6>.

Sharma A, Gardner T, Begbie D (2016) Rainwater tanks and their impact on water demand. *Journal of Hydrology*, 538, 138-150. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.03.063>

Sharma R, Malaviya P (2021) Management of stormwater pollution using green infrastructure: The role of rain gardens. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 8. <https://doi.org/10.1002/wat2.1507>.

Sheppard S (2015) Making climate change visible: A critical role for landscape professionals. *Landscape and Urban Planning*, 142, 95-105. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2015.07.006>.

Sitzenfrei R, Kleidorfer M, Bach P, Bacchin T (2020) Green Infrastructures for Urban Water System: Balance between Cities and Nature. *Water*, 12, 1456. <https://doi.org/10.3390/w12051456>.

Sjöman H, Ignell S, Hirons A (2023) Selection of Shrubs for Urban Environments—An Evaluation of Drought Tolerance of 120 Species and Cultivars. *HortScience*, 58(5), 573-579. Retrieved Sep 28, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17063-22>

Smit B, Wandel J (2006) Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 282-292. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>

Snep R, Voeten J, Mol G, Hattum T (2020) Nature Based Solutions for Urban Resilience: A Distinction Between No-Tech, Low-Tech and High-tech Solutions., 8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.599060>.

Stańczuk-Gałwiazek M, Sobolewska-Mikulska K, Ritzema H, van Loon-Steensma JV (2018) Integration of water management and land consolidation in rural areas to adapt to climate change. *Land Use Policy*. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2018.06.005>

Stangl R, Minixhofer P, Wulsch T, Briefer A, Scharf B (2022) Green-blue infrastructure in the built environment – sustainable and resource-saving designs for urban structures and open spaces. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1078. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012132>.

Staniewska, A., Sykta, I., Ozimek, A., Barnaś, K., Dudek, M., Marasik, M., & Racoń-Leja, K. (2023). Framework for the Design of a Small Transport Hub as an Interdisciplinary Challenge to Implement Sustainable Solutions. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151410975>.

- Stefanakis A (2019) The Role of Constructed Wetlands as Green Infrastructure for Sustainable Urban Water Management. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11246981>.
- Tekalign W (2016) Effects of Global Climate Change on Wildlife: A Review. *Civil and environmental research*, 8, 1-13.
- Temmerman S, Meire P, Bouma TJ, Herman PM, Ysebaert T, De Vriend HJ (2013) Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature*, 504(7478), 79-83.
- Tomatis, F., Egerer, M., Correa-Guimarães, A., & Navas-Gracia, L. (2023). Urban Gardening in a Changing Climate: A Review of Effects, Responses and Adaptation Capacities for Cities. *Agriculture*. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020502>.
- Torkfar P, Russo A (2023) Assessing the Benefits of Climate-Sensitive Design with Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation in Urban Regeneration: A Case Study in Cheltenham, UK. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su152215855>.
- Tóth A (2022) Planning and designing green infrastructure across landscapes and scales. *Acta Horticulturae et Regioteecturae*, Slovak University of Agriculture in Nitra, vol. 25 no. 1, pp. 1-7. <https://doi.org/10.2478/ahr-2022-0001>
- Tran D, Pearson D, Palmer A, Gray D (2020) Developing a Landscape Design Approach for the Sustainable Land Management of Hill Country Farms in New Zealand. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land9060185>.
- Tubridy D (2020) Green climate change adaptation and the politics of designing ecological infrastructures. *Geoforum*, 113, 133-145. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.04.020>.
- Valois L, Brachet A, Schiopu N, Barot S (2023) Performance assessment of the ecosystem services provided by urban Nature-based solutions: focus on rainwater management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1196. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1196/1/012028>.
- Warner J, Van Buuren A, Edelenbo J (2012) Making space for the river: Governance experiences with multifunctional river flood management in the Netherlands. *International Journal of Water Governance*, 1(1-2), 83-104. <https://doi.org/10.7564/12-IJWG2>
- Warren R, Price J, Fischlin A, Santos S, Midgley G (2009) Increasing impacts of climate change upon ecosystems with increasing global mean temperature rise. *Climatic Change*, 106, 141-177. <https://doi.org/10.1088/1755-1307/6/30/302037>.
- Warren R, Price J, Fischlin A, Santos S, Midgley G (2011) Increasing impacts of climate change upon ecosystems with increasing global mean temperature rise. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/S10584-010-9923-5>.
- Werling B, Dickson T, Isaacs R, Gaines H, Gratton C, Gross K, Liere H, Malmstrom C, Meehan T, Ruan L, Robertson B, Robertson B, Robertson G, Schmidt T, Schmidt T, Schrotenboer A, Schrotenboer, A, Teal T, Wilson J, Landi D (2014) Perennial grasslands enhance biodiversity and multiple ecosystem services in bioenergy landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 1652- 1657. <https://doi.org/10.1073/pnas.1309492111>.
- Wiens J (2012) Is landscape sustainability a useful concept in a changing world? *Landscape Ecology*, 28, 1047- 1052. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9801-9>.
- Wong THF, Brown RR (2009) The water sensitive city: Principles for practice. *Water Science and Technology*, 60(3), 673-682. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.436>

Wu W, Wang H (2011) Landscape ecological design of sustainable utilization of resources. 2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, 5058-5061. <https://doi.org/10.1109/RSETE.2011.5965450>.

Yang B, Li M, Li S (2013) Design-with-Nature for Multifunctional Landscapes: Environmental Benefits and Social Barriers in Community Development. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10, 5433- 5458. <https://doi.org/10.3390/ijerph10115433>.

Yoffe, H., Raanan, N., Fried, S., Plaut, P., & Grobman, Y. (2023). Sustainable urban landscapes: a computation framework for enhancing sustainability in early-stage design. Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research. <https://doi.org/10.1108/arch-06-2023-0152>.

Zaccheaus O (2015) The Effects and Linkages of Deforestation and Temperature on Climate Change in Nigeria. Global Journal of Science Frontier Research, 14.

Zandvoort M, Kooijmans N, Kirshen P, Brink A (2019) Designing with Pathways: A Spatial Design Approach for Adaptive and Sustainable Landscapes. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/SU11030565>.

Zhang Z (2009) The Application of Energy-saving and Environmental-protection Materials in Landscape Design. Journal of Sustainable Development, 1, 129. <https://doi.org/10.5539/JSD.V1N2P129>.

Zohny H, Moaawad A, El-salam H (2021) Xeriscape design to solve regional problems. International Design Journal. <https://doi.org/10.21608/IDJ.2021.153635>.