



### İKLİM ADAPTASYONUNUN ANAHTARI OLARAK YEŞİL ALTYAPI: KENTSEL DOĞA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Veli ORTAÇEŞME<sup>1</sup>, Pınar ZEĞEREK ALTUNBEY<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> [zegerek.pinar@gmail.com](mailto:zegerek.pinar@gmail.com), Akdeniz Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Antalya

<sup>2</sup> [veliortacesme@gmail.com](mailto:veliortacesme@gmail.com), Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Antalya

#### Öz

İklim değişikliği, ekosistemlerin, insan sağlığının ve doğal kaynakların küresel güvenliğini tehdit etmektedir. Bu tehditler, çeşitli etkileri azaltmaya yönelik teknolojik çözümlerin yanı sıra beklenen etkilere uyum sağlamak için etkili stratejilere olan talebi artırmıştır. Gün geçtikçe etkisi daha fazla hissedilen küresel iklim değişikliğinin neden olduğu iklim olaylarının olumsuz etkilerini azaltmak için alınması gereken önlemler arasında kentlerde yeşil altyapı sistemlerinin geliştirilmesi önemli bir yer almaktadır. Yeşil altyapı unsurları ve teknolojileri, şehirlerdeki en iyi iklim uyum stratejilerinden biri olarak görülmektedir. Bu çalışma, yeşil altyapı unsurlarını kullanarak şehirlerde iklim değişikliğinin azaltılması ve uyum sağlanması için bir çeşit çerçeve sunmayı amaçlamaktadır. Bu çerçeve yeşil altyapı uygulamalarının incelenmesi kapsamında ele alınarak araştırmacılara ve karar vericilere, iklim değişikliğinin hafifletilmesi ve uyum sağlanması ve kentsel planlamaya etkili bir şekilde uyarlanması için rehberlik edecektir.

**Anahtar Kelimeler:** İklim değişikliğine uyum, Kentsel ısı adası, Yeşil altyapı,

#### GREEN INFRASTRUCTURE AS KEY OF CLIMATE ADAPTATION: URBAN NATURE AND CLIMATE CHANGE

#### Abstract

Climate change threatens the global security of ecosystems, human health and natural resources. These threats have increased the demand for effective strategies to adapt to expected impacts as well as technological solutions to mitigate various impacts. The development of green infrastructure systems in cities is among the measures that should be taken to reduce the negative effects of climate events caused by global climate change, the impact of which is felt more and more day by day. Green infrastructure elements and technologies are seen as one of the best climate adaptation strategies in cities. This study aims to provide a kind of framework for climate change mitigation and adaptation in cities using green infrastructure elements. This framework will be considered within the scope of the examination of green infrastructure practices and will guide researchers and decision makers in mitigating and adapting to climate change and effectively adapting it to urban planning.

**Keywords:** Climate change mitigation, Urban heat island, Grene infrastructure,

\*Sorumlu Yazar Corresponding Author | Pınar ZEĞEREK ALTUNBEY, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı ABD, Antalya, E-mail: [zegerek.pinar@gmail.com](mailto:zegerek.pinar@gmail.com). ORCID: 0000-0002-5855-1484 / Veli ORTAÇEŞME, Akdeniz Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, E-mail: [veliortacesme@gmail.com](mailto:veliortacesme@gmail.com) ORCID: 0000-0003-1832-425X

Geliş Received 18.12.2022 | Kabul Accepted 23.12.2022 | Basım Published 31.12.2022

ISSN 2687-2358 | DERLEME/ (Review) DOI: 10.53784/peyzaj.1220747

## 1. Giriş

İklim değişikliği senaryoları, kentsel bölgelerin aşırı yağış ve sıcaklık, değişen aşırı hava olayları, deniz seviyesindeki yükselişler olarak öngörmektedir. Kentsel alanların halihazırda başa çıkmakta olduğu sorunlar, iklim değişikliği etkilerinin ortaya çıkmaya başladığını ve muhtemel gelecekte daha da kötüye gideceğini göstermektedir.

İklim değişikliği, ekosistemlerin, insan sağlığının ve doğal kaynakların küresel ölçekte güvenliğini tehdit etmektedir. Bu tehditler, küresel, ulusal ve bölgesel düzeyde uygulanabilecek çeşitli iklim değişikliğine uyuma dair teknolojik çözümlere (örn; enerji etkin teknolojiler ile sera gazı emisyonunun azaltılması, düşük karbon teknolojileri vb.) olan ihtiyacı artırmıştır (Foster et al, 2011). Etkilerin azaltılmasına dair stratejilerin yanı sıra, iklim değişikliğinin etkileriyle başa çıkmak için etkili uyum stratejileri geliştirmek ve uygulamak da aynı derecede önemlidir.

Küresel bağlamda şehir yapıları baskın yaşam alanları olma eğilimini sürdürmektedir. Bugün dünya nüfusunun yaklaşık %56'sı – 4,4 milyar kişi – şehirlerde yaşamaktadır. 2050 yılına kadar kentsel nüfusun mevcut boyutunun iki katından fazla artmasıyla bu eğilimin devam etmesi beklenirken, bu noktada yaklaşık 10 kişiden 7'si şehirlerde yaşayacağı düşünülmektedir (World Bank, 2022). Şehirlerin bu ölçüde hızla genişlemesi özellikle kentsel alanlarda yaşayan insanların yaşam kalitesi kadar ekolojik kaynaklar üzerinde de muazzam bir etkiye sahip olup, sağlıksız çevreler yaratma riskini de getirmektedir (Ramyar et al., 2021). Artan nüfus, sınırlı kaynaklar, savunmasız ekosistemler ve iklim değişikliği, şehirlerin yaşanabilirliğini korumak ve gelecek nesiller için daha iyi yaşamları garanti etmek için kentsel planlama ve kalkınmayı kritik hale getirmektedir. Sürekli artan bu nüfusa temel yaşam

hizmetlerinin sağlanması ve sürdürülebilir olması büyük öneme sahiptir. Bu temel hizmetleri neyin sunduğuna ve kentsel çevreleri yaşanabilir, güvenli, sağlıklı ve sürdürülebilir hale getiren olguların araştırılması, gelecekte yaşanacak iklimsel zorluklar için yön sağlayıcı olacaktır.

Kentsel ekolojik planlamada son zamanlarda küresel çapta dikkat çeken ana kavramlardan biri, yalnızca ekolojik kaynaklar veya altyapı anlamına gelen yeşil altyapının aksine, yeşil altyapı planlamasıdır. Kentsel bağlamlarda, yeşil altyapı bazı çevrelerce yeşil çatılar veya bahçeler de dahil olmak üzere tüm kentsel yeşil alanlar olarak tanımlarken (Liberalesso et al., 2020), bazıları ekolojik değeri olan doğal olarak oluşan (mavi veya yeşil) kaynaklar olarak tanımlar ve bir ağ örgüsü olarak görür (Davies et al., 2006).

Yeşil altyapı planlaması ilk olarak ekolojik ve koruma planlamasına bütünlük bir yaklaşım olarak geliştirilmiştir. Yeşil altyapı sosyo-ekolojik sistemlerin dinamiklerinin bütüncül bir şekide anlaşılmasını sağlayarak iklim değişikliğine dirençli kentsel peyzaj planlamasını teşvik etme potansiyeline sahip bir planlama stratejisidir. Yeşil altyapı planlaması, çeşitli ekosistem hizmetleri üreterek ve planlamada çok işlevli ve çok disiplinli bir yaklaşıma sahip olarak, kentsel ölçekte iklim değişikliği ile başa çıkma yeteneğimizi geliştirir.

Yeşil Altyapı, mevcut ve gelecekteki kentsel çevrelerin sağlığını, yaşanabilirliğini ve sürdürülebilirliğini güvence altına almayı amaçlayan (Pitman & Ely, 2012; Pitman et al,2015), doğal ekosistemin değer ve fonksiyonunu koruyarak insana yarar sağlayan, bağlantılı bir yeşil alan sistemine dayanan, şehirlerin tasarımına ve işlevine yönelik sistem tabanlı bir planlama ve tasarım yaklaşımıdır.

Birçok literatürde ve uygulamalarda yeşil altyapının üç ana perspektifi ele alınmıştır. Bunlar, yeşil altyapının doğal süreçlerden sağlananlara benzer hizmetler ve faydalar sunduğu bir ekosistem hizmetleri yaklaşımını (Avrupa Komisyonu, 2019) ve yeşil altyapının geleneksel gri veya kentsel altyapılara sağlıklı ve sürdürülebilir bir alternatif sağladığı bağlantılı yeşil alanlar yaklaşımını içerir. Yeşil altyapı, "doğal kaynakları ve değerleri ile nüfusa ilgili faydalar için planlanan ve yönetilen birbirine bağlı bir yeşil alan ağı (doğal alanlar ve özellikler, kamu ve özel koruma alanları ve diğer korunan açık alanlar dahil)" olarak kabul edilir. (Benedict ve McMahon, 2012).

Yeşil altyapı başlı başına kentsel çevrelerin değişen iklim koşullarına uyum sağlamasına yardımcı olmanın bir yoludur. Uyum önlemi olarak iki temel alanda yarar sağlar.

Bu makalenin odak noktası, şehirler ve kentsel alanların içinde ve çevresinde uzanan birbirine bağlı arazi alanlarını kapsayan peyzaj ölçeğindeki yeşil altyapı üzerinedir. Peyzaj ölçeğinde yeşil altyapı, ormanlar, ormanlık alanlar, bozkırlar, tarım arazileri, parklar, nehirler ve göller gibi kentsel yeşil alanlar dahil olmak üzere çeşitli arazi kullanımlarını kapsar.

## 2. Yeşil Altyapı Sistemi ve Bileşenleri

İklim değişikliğine dirençli, sağlıklı ve yaşanabilir kentler, yapıları alanla dengeli bir dağılıma sahip ve ekolojik özellikleri yüksek açık yeşil alan ağı olan kentlerdir (Coşkun Hepcan, 2019). Yeşil altyapı, ekosistem değerlerini ve işlevlerini dengeli kullanan, doğal ve yarı doğal alanları, kentsel alanlarla bütünleştiren bir yeşil alan ağıdır. Yeşil altyapı sistemleri ekosistem hizmetlerinden faydalanabilmeyi en üst düzeye çıkaran ve kente sunan parçalar ve koridorlardan oluşur. Yeşil altyapıyı geleneksel açık alan planlamadan ayıran temel özellik, doğal ekosistem hizmetlerini koruyan, habitat bağlantılılığı, ekosistem sağlığının

korunması, iklim değişikliği ile mücadele, türlerin ve habitatların korunması, su kaynaklarının korunması ve yönetimi gibi ekolojik faydalar sağlamasıdır (MEA, 2005).

Yeşil altyapının bu çok yönlü yapısına ekosistem hizmetlerinin önemli katkıları bulunmaktadır. Sürdürülebilir ve iklim değişikliğine dirençli bir arazi kullanım planı oluşturmak için şehirlerin işlevlerinin ve hizmetlerinin doğa ile çalışmasını garanti altına almak gerekmektedir (Sant'Anna and Bezerra, 2019; Pozoukidou, 2020).

### 2.1. Ekosistem Hizmetleri

Bir ekosistem, birbiriyle etkileşime giren bitkiler, hayvanlar, mikroplar ve fiziksel çevresel özelliklerden oluşan dinamik bir komplekstir. Ekosistem hizmetleri, insanların ekosistemlerden elde ettiği faydalardır ve ekosistem içindeki etkileşimlerle üretilirler. Ormanlar, otlaklar ve kentsel alanlar gibi ekosistemler topluma farklı hizmetler sunar. Bunlar, insanları doğrudan etkileyen tedarik, düzenleme ve kültürel hizmetleri içerir. Ayrıca, diğer tüm hizmetleri sürdürmek için gereken destekleyici hizmetleri de içerir. Bazı ekosistem hizmetleri yereldir (tozlayıcıların sağlanması), diğerleri bölgeseldir (taşkın kontrolü veya su arıtma) ve yine diğerleri küreseldir (iklim düzenlemesi). Ekosistem hizmetleri, yiyecek ve barınma, bireysel sağlık, güvenlik, iyi sosyal ilişkiler ve seçim ve eylem özgürlüğü gibi temel malzeme ihtiyaçları dahil olmak üzere, insanın refahını ve tüm bileşenlerini etkiler (MEA, 2005).

Kentlerde iklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve dayanıklılığın artırılmasında ekosistemlerin (Şekil 1) düzenleyici ekosistem servisleri önemli bir yere sahiptir. Ekosistem servisleri, *tedarik* (gıda ve malzeme), *düzenleyici* (ılımlı çevresel koşullar ve kalite), *kültürel* (estetik ve psikolojik faydalar) ve *destekleyici* (tüm ekosistem hizmetlerinin temelinde

yatan) hizmetleri içerir ve küreselden (örneğin, çevreye katkıda bulunmak ve iklim değişikliğinin hafifletilmesi) yerele (yerel kentsel su döngüsünün daha sürdürülebilir yönetimi gibi) çeşitli ölçeklerde uygulanır (Ely & Pitman, 2012).



Şekil 1. Ekosistem Kesiti (MEA, 2005).

Bu servisler; doğal ekosistem süreçlerinin sağladığı, hava ve toprak kalitesinin iyileştirilmesi, iklim düzenleme, sel ve taşkın gibi doğal afetleri önleme, suyun artırılması vb. kentlerde iklim kontrolünü düzenleyici ekosistem servisleri arasında sayılabilir (Çizelge 1). Sağlıklı ekosistemler, insan sağlığı ve refahı için gerekli olan mal ve hizmetleri sağlar ve bu nedenle yeşil altyapının temelini oluşturur. Yeşil altyapı, başlı başına kentsel çevrelerin değişen iklim koşullarına uyum sağlamasına yardımcı olmanın bir yoludur (MEA, 2005; Coşkun Hepcan, 2019).

Çizelge 1. Ekosistemlerin sağladığı servisler (MEA,2005).

Ekosistem	Servisleri
<b>Dağlar</b>	Gıda Temiz su Erozyon kontrolü İklim düzenleme Rekreasyon ve turizm Estetik değer Kültürel değer
<b>Nehirler ve sulak alanlar</b>	Temiz su Gıda Kirlilik kontrolü Taşkın önleme Hastalık önleme Besin döngüsü Rekreasyon ve turizm

<b>Ekili alanlar</b>	Estetik değer Gıda Temiz su Biyoyakıt İlaç Hammadde Besin döngüsü Zararlı düzenleme Estetik değer Kültürel miras
<b>Kıyı alanları</b>	Gıda İklim düzenleme Besin döngüsü Fırtına ve taşkından korunma Rekreasyon ve turizm Estetik değer
<b>Ormanlar</b>	Gıda Kereste/yakıt Temiz su Karbon tutumu Bölgesel iklim düzenleme Hastalık önleme Erozyon kontrolü Rekreasyon ve turizm Estetik değer
<b>Kumullar</b>	Gıda Yakıt Bölgesel iklim düzenleme Kültürel miras Rekreasyon ve turizm
<b>Kentsel Yeşil Alanlar</b>	Hava kalitesini düzenleme Su kalitesini düzenleme Bölgesel iklim düzenleme Kültürel miras Rekreasyon
<b>Adalar</b>	Gıda Temiz su Rekreasyon ve turizm
<b>Deniz</b>	Gıda İklim düzenleme Besin döngüsü Rekreasyon

Bugün birçok proje ve program, biyoçeşitliliğin ve ekosistem hizmetlerinin korunması yoluyla etkili azaltma ve uyum stratejilerine katkıda bulunmaktadır (World Bank, 2009), ancak bunlar nadiren hem uyum hem de azaltmayı dikkate almaktadır (Locatelli et al., 2015).

Kapsamlı bir yaklaşım üç boyutu kapsamaludur: ekosistem tabanlı hafifletme, ekosistem tabanlı uyum ve ekosistemler için uyum. Ekosistemlerin iklim değişikliğini azaltmasını ve insanların uyum sağlamasına yardımcı olmasını sağlamak için ilk adım olarak ekosistem hizmetlerine yönelik mevcut tehditleri (örn. ormansızlaşma) azaltmalıdır. Uyum önlemleri geliştirerek gelecekteki tehditleri de ele almalıdır. İklim değişikliğine yönelik ekosistem temelli yaklaşımlarda, ekosistem tabanlı uyum ve hafifletmenin uzun vadede çalışmasını sağlamak için "ekosistemler için uyum" bu nedenle gereklidir.

Çünkü çoğu ekosistem, düşük ve orta vadeli küresel ısınma senaryoları altında bile iklim değişikliğine karşı savunmasızdır. Diğer tehditlerle (örneğin, arazi kullanımı değişikliği, kirlilik, kaynakların aşırı kullanımı) bağlantılı olarak sıcaklık veya yağıştaki kademeli değişikliklerden ve iklimle ilgili doğal felaketlerden (örneğin sel, kuraklık ve orman yangını) etkilenmeleri muhtemeldir. Bu değişiklikler ve rahatsızlıklar, ekosistem yapısını ve işlevini, türler arasındaki ekolojik etkileşimleri ve coğrafi dağılımlarını etkileyerek biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinde değişikliklere neden olacaktır (Locatelli et al., 2008).

### 2.2. Sıcaklığın Azaltılması

Özellikle sıcaklığın düşürülmesi yoluyla kentsel iklimlerin değiştirilmesi, yeşil altyapının öne çıkan faydalarından biridir. Son zamanlarda yapılan çok sayıda araştırma, bitki örtüsünün ve suyun şehirlerdeki "kentsel ısı adası" etkisini hafifletmeye

(Zölch et al., 2016; Emmanuel & Loconsole, 2015; Lee et al., 2016) yardımcı olabileceğini göstermiştir.

Kentsel Isı Adası etkisi, çevredeki alanlara kıyasla yoğun yapılaşma alanlarında daha yüksek sıcaklıklar ile karakterize edilen belirgin bir kentsel iklim olarak tanımlanabilir (Oke,1982). Bu olgu, binaların ve geçirimsiz yüzeylerin gelişimi gibi doğal çevrenin antropojen etkiyle değişiminden kaynaklanır. Bu değişiklikler, daha fazla enerji ve radyasyonu hapseden daha yüksek bir ısı kapasitesini belirler ve sonuç olarak sıcaklıkta artış olur. Ek olarak, ısınma ve ulaşım gibi antropojenik faaliyetler, kentsel alanlarda salınan ısı miktarını doğal peyzaja kıyasla daha da artırır (Marando et al., 2022).

Kentsel yeşil altyapının soğutma kapasitesi bitki örtüsü türleri (ağaç, çalı, çim gibi) arasında farklılık gösterir ve kent ormanlarında en yüksek değerine ulaşır. Aslında bu süreç bitkinin yapısına, terleme hızı gibi fizyolojik özelliklerine ve dikim sıklığına bağlı olarak değişir (Yoshida et al., 2015; Ruiz et al., 2015). Kentlerde oluşturulan sağlıklı ekosistemler ve yeşil altyapı, şehirlerdeki iklim değişikliğinin etkilerine karşı etkili bir doğa temelli çözümleri temsil eder, dayanıklılığı artırır ve kentsel alanların soğumasına yardımcı olur ve sıcak hava dalgaları gibi tehlikeleri önler.

### 2.3. Evapotranspirasyon

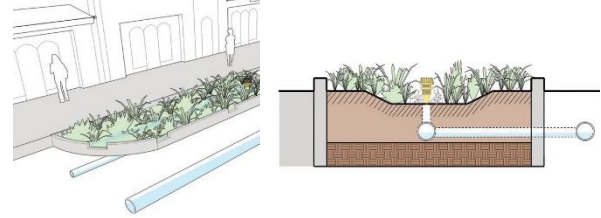
Ağaçları, çalıları ve diğer bitki örtüsünü kapsayan yeşil altyapının tümü, gölgeleme yoluyla soğutma kapasiteleri, buharlaşma ve evapotranspirasyon özellikleri nedeniyle enerji tasarrufuna katkıda bulunur. Bitki örtüsünün doğrudan gölge sağlamasıyla, yaprak ve dallarla kaplı alanda daha soğuk hava ve azalan güneş radyasyonu/ısı iletimi nedeniyle enerji tüketimi azalır. Evapotranspirasyon, suyun buharlaşması için havadan gelen ısıyı kullanır. Sonuç olarak, hava soğutulur.

Önceki çalışmalar, bitki örtüsü kullanılarak maksimum 25°C'lik bir sıcaklık düşüşü ve yakındaki alandaki hava sıcaklığı için 1-5°C'lik bir azalma olduğunu göstermiştir. Yeşil çatı uygulamaları için, farklı çalışmalar maksimum yüzey sıcaklığını 11-25°C'ten düşürme potansiyel kapasitesini ortaya koymuştur (EPA, 2008).

#### 2.4. Su Yönetimi

Başlangıçta, "yeşil" altyapı, gelişmiş yaşam kalitesi veya su filtrasyonu ve taşkın kontrolü (Farrugia et al., 2013) gibi "ekosistem hizmetleri" sağlayan şehirlerin içinde ve çevresinde park alanları, ormanlar, sulak alanlar, yeşil kuşaklarla tanımlanmıştır. Günümüzde ise yeşil altyapı, şehirlerin doğal yaklaşımların bir karışımı yoluyla ulaşmaya çalıştığı çevresel veya sürdürülebilirlik hedefleriyle daha sıkı bağlantılıdır. Bu nedenle yağmur suyu, yeraltı suyu, geri dönüştürülmüş su, nehir, göl veya sulak alanlardaki suyu ayırt etmeksizin her bir mavi altyapı unsuru yeşil altyapının ayrılmaz bir parçasıdır.

Etkili yeşil altyapı, etkili su yönetimi ile yakından bağlantılıdır. Ekosistemin ayrılmaz bir parçası olan su kaynakları, kentsel ısı adası etkisi ile mücadele etmeye yardımcı olur (Wong, 2011) ve yeşil altyapı unsurları arasında koridor niteliği görür. Özellikle kentsel alanlarda yağmur suyu akış yönetimi ön plana çıkmaktadır. Periyodik yağış döngüleri sırasında aşırı yağış seviyeleri, drenaj sistemlerini, yolları ve kaldırımları taşıyabilir ve önemli hasarlara neden olabilir. Bu nedenle geçirgen yüzey alanını artırmak ve bitkili bir drenaj sistemine akışı yönlendiren bir peyzaj ögesi olan bioswales gibi yeşil altyapıyı uygulamak, su taşkınlarını kontrol altına almayı sağlar ve yağmur suyu akışını ortadan kaldırır (ARUP, 2016). Bioswale'ler (Şekil 2), alttaki yeraltı suyu tablasını doldururken akış hızını yavaşlatmada ve suyu temizlemede en etkili yeşil altyapı tesisi türüdür.



Şekil 2. Bioswale (NACTO,2022)

Biyo-filtreleme sistemleri, yağmur suyu hasadı, etkin sulama yöntemleri, geçirgen yüzeylerin kullanımı gibi "suya duyarlı kentsel tasarım" uygulamaları, toplanan yağmur suyu ve bitkilendirilmiş yağmur suyu yönetim sistemleri sağlayarak yeşil altyapıya katkıda bulunur. Kentsel iklim yönetiminde serinlik ve temiz hava sağlayarak yeşil alanları destekler (Wong, 2011; Ciria, 2013; Rodriguez et al., 2014).

#### 2.5. Taşkın ve Fırtına Önleme

İklim değişikliğinin kentlere getirdiği tek kötü sonuç yüksek hava sıcaklıkları değildir. Doğal döngünün değişmesi ile aşırı hava olayları ve seller uzun zamandır dünyadaki birçok şehrin karşılaştığı bir sorun olmuştur.

Yeşil altyapı, daha fazla dayanıklılık için planlama ve tasarlama yönelik etkin ve kolay bir yaklaşımı ifade eder ve yağmur suyu hasadı ve yeniden kullanımı da dahil olmak üzere suya duyarlı kentsel tasarım gibi uygulamalar, bir dizi riskin olasılığını ve sonuçlarını azaltan en etkili iklim değişikliği uyum tepkilerinden biridir (Carter et al., 2018; Lennon et al., 2014). Geçirgen yüzeylere sahip iyi bitki örtüsünün yanı sıra suyu tutma ve yeniden kullanma kapasitesi, fırtınalara ve sele karşı daha iyi bir uyumu sağlar. Kent ağaçlandırması, toprağa suyun sızmasını sağlayarak yüzey akışını kontrol etmeye yardımcı olur.

Sel ve taşkınlar, yükselen deniz seviyelerinden ve değişen yoğunluktaki dalgalanmalardan etkilenen kıyı yerleşimleri için önemli bir sorun teşkil

etmektedir. Fırtına ve taşkınlardan korunmada kıyı sulak alanları oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Kıyı sulak alanları, kentsel ortamlarda yeşil altyapının hem temelini oluşturan hem de bir parçası olan doğal ekosistemlerin bir örneğini sunar. Sağlıklı ekosistemler tarafından sağlanan ekosistem hizmetleri, bir şehrin aşırı hava olayları karşısında dayanıklılık kapasitesinin temelini oluşturur.

### 2.6. Hava Kalitesi

İklimdeki değişiklikler, yerel hava kalitesinde etkilere neden olabilir. Aynı zamanda kirleticilerin havaya salınması da iklimde değişikliklere neden olabilir. Sera gazları da dahil olmak üzere bu kirletici maddelere genellikle iklim zorlayıcılar denir. Atmosferdeki ozon iklimi ısıtır, partikül maddenin farklı bileşenleri ise iklim üzerinde hem ısıtır hem de soğutur (EPA, 2022).

Şehirlerin boyutu ve yoğunluğu büyüdükçe, partikül madde, orman yangınlarından çıkan duman ve polenler gibi kirletici seviyelerinin artmasının, insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri olan kentsel hava kalitesinin bozulmasına neden olması beklenmektedir (Patrick and Kinney, 2008).

Hava kirliliğini azaltmak için giderek daha fazla teşvik edilen bir yöntem, yeşil altyapının kullanılmasıdır: sokak ve park ağaçları, yeşil duvarlar, yeşil çatılar ve bitki örtüsünü kentsel peyzaja dahil etmenin diğer yolları, kirleticilerin bitki örtüsü üzerinde geçirimsiz yapay yüzeylere göre daha verimli şekilde biriktiği temelinde şekillenmektedir (Hewitt et al., 2020).

Yeşil altyapı, karbon tutma, gölgeleme ve sıcaklık düşürme, enerji tasarrufu yoluyla azaltılmış emisyonlar, bitki örtüsü tarafından partikül madde yakalama, rüzgar koruması, iyileştirilmiş su yönetimi ve sağlıklı ekosistemler aracılığıyla hava kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunur.

### 2.7. Biyoçeşitliliğin Korunması

Biyoçeşitliliğin korunmasında şehirlerin önemi yoğunlaşan kentleşme ile artmaktadır. Biyoçeşitliliğin korunması, habitat parçalanmasını azalttığı ve tür çeşitliliğine ve sağlığına katkıda bulunduğu bilinen yeşil alan ve su sistemlerinin etkin ağları ile yeşil altyapının önemli bir faydası ve işlevi olma potansiyeline sahiptir (Benedict & McMahon, 2012; Angold et al., 2006).

Kentsel çevreleri iklim değişikliği etkilerine hazırlamanın ilk adımı, kentsel biyoçeşitliliği etkileyen peyzaj (matris etkileri) ile yerel faktörler (yama etkileri) arasındaki etkileşimin iyi sağlanması olmalıdır. Pek çok şehir, yarı doğal habitatlar, ruderal ve açık alanlardan oluşan habitatlar ve kentsel yeşil yollara sahiptir. Bu habitatlar hem sabit hem de geçici habitatlar olarak biyoçeşitlilik için önemli özelliklere sahip olabilir ve türlerin yayılmasını kolaylaştırmak için koridorlar ve geçişler oluşturarak olası işlevleri açısından değerlidirler (Angold, et al., 2006). Bu nedenle ekolojik planlamanın önemli bir parçasıdır. Kentsel peyzaj planlamasında, kentsel yeşil yollar ve yaşam koridorları, hayvanları ve bitkileri kentsel alanlarda hareket etmeye teşvik etmek ve kentsel biyoçeşitliliği korumak veya geliştirmek için önemlidir.

### 3. Yeşil Altyapının Diğer Faydaları

Yeşil altyapı iklimlendirme için azaltılmış enerji kullanımı, yüzey sıcaklıklarının düşürülmesi (Leo, & Escobedo, 2016), UV ışınlarından ve ilgili sağlık sorunlarından korunma (Knight et al., 2021) gibi iklimle ilgili başka birçok noktada da fayda sağlamaktadır.

Yeşil Altyapı aynı zamanda insan topluluklarının fiziksel, psikolojik ve sosyal sağlığına da katkıda bulunur; mahallelerin ve merkezlerin ekonomik canlılığını olumlu yönde etkiler, arazi değerini artırır; gürültüye karşı tampon görevi görür, mahalleleri

daha güvenli hale getirir ve kentsel çevrelerin çekiciliğine, konforuna, yer duygusuna ve keyif alınmasına katkıda bulunur. Yeşil altyapı, bireyleri ve toplulukları doğa ile birleştirir.

#### 4. Sonuç

Yapılan bu literatür incelemesinde, özellikle sıcaklıkların düşürülmesi yoluyla kentsel iklimlerin değiştirilmesinin hem insan refahı hem de kentleri paylaştığımız flora ve fauna için yeşil altyapının olağanüstü faydaları olduğu görülmüştür. Yeşil alanların ve su ekosistemlerinin kentsel iklimleri serinletmede ve düzenlemede oldukça etkili olduğu ve iklim değişikliğine uyum sağlama kapasitesini artırdığı gösterilmiştir.

Gölgeleme, buharlaşma-terleme, rüzgar hızı kontrolü, aşırı hava olaylarından koruma, yüzey akışının azaltılması, hava kalitesinin iyileştirilmesi, yeşil altyapının kentsel iklim uyumuna yardımcı olacağı yollardan bazılarıdır.

Birbirine bağlı yeşil alan ve su sistemleri ağları, kentler ve şehirlerin işlevselliğini destekler ve toplum sağlığı ve refahı, yaşanabilirlik ve sürdürülebilirlik üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Bitkiler ve su, yaşamın temelini oluşturur ve giderek kentleşen bir dünyada, geleceğin birincil insan yaşam alanları olan kentler ve şehirlere yaşam desteği sağlamada yeşil altyapı esastır.

Yeşil altyapının şehirlerde hem flora hem de faunayı koruma ve muhafaza etmedeki rolü henüz büyük ölçüde kavranmamış olsa da biyoçeşitliliğin korunması için ekosistem sağlığı ve iyileştirilmesini de sağlayabilecek olanaklar sunmaktadır.

Yeşil altyapı, doğayı ve doğal süreçleri koruma ve desteklemenin, kasıtlı olarak mekansal planlama ve gelişmeye entegre edilmeleri halinde insan toplumu için çeşitli faydalar sağladığı ilkesine dayanmaktadır. Tek amaçlı gri altyapı ile karşılaştırıldığında, yeşil

altyapı mekansal gelişimle sınırlı değildir; eğer en iyi alternatifi temsil ediyorsa doğal çözümleri destekler. Yeşil altyapı bazen standart gri altyapı biçimlerine alternatif veya karşılaştırılabilir çözümler sunabilir (European Commission, 2013).

Kentsel yeşil altyapıyı oluşturan doğal ve yarı doğal alanların, değişen iklimin insan ortamları üzerindeki etkisini hafifletmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzün en büyük çevre sorunu olarak düşünüldüğünde iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak veya değişimin artmasını önlemek için sürdürülebilir ve ekolojik unsurları temel alan, ekosistem hizmetlerinin niteliğini artıran yeşil altyapı sistemleri kent planlama aracı olarak değerlendirilebilir özelliktedir.

Bu nedenle, kentsel yeşil altyapının mevcut bileşenlerini korumak, sürdürmek ve iyileştirmek ve yağmur bahçeleri veya kentsel yağmur suyu yönetiminin diğer yeşil biçimleri gibi yeni alternatif kentsel yeşil alan biçimleri geliştirmek veya geleneksel olmayan alanları veya terk edilmiş alanları kullanmak önemlidir.

Kentsel yeşil altyapıyı iyileştirmek ve kentsel gelişme ve iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarını hafifletmek için stratejik bir araç geliştirmek üzere duvarlar, çatılar (veya diğer yükseltilmiş alanlar) ve açık alanlar gibi mevcut kentsel yeşil altyapıyı genişletmek gerekmektedir. Bu yaklaşım, Avrupa 2020 gibi birçok kalkınma stratejisinde belirtildiği gibi, geleceğin akıllı, sürdürülebilir ve dirençli kentsel alanlarını geliştirme potansiyeline sahiptir.



### Kaynaklar

- Angold, P. G., Sadler, J. P., Hill, M. O., Pullin, A., Rushton, S., Austin, K. Thompson, K. (2006). Biodiversity in urban habitat patches. *Science of the Total Environment*, 360(1-3), 196-204.
- ARUP, (2016). Cities Alive. Towards a walking world. Retrieved [09.12.2022] from <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-towards-a-walking-world>
- European Commission, (2013). Ecosystem services and Green Infrastructure. Web online [08.12.2022]: [https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index\\_en.htm#:~:text=Green%20infrastructure%20is%20a%20strategically,and%20climate%20mitigation%20and%20adaptation.](https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm#:~:text=Green%20infrastructure%20is%20a%20strategically,and%20climate%20mitigation%20and%20adaptation.)
- Benedict M. A., and McMahon E. T., (2012). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities* Island Press, Washington, DC (2012).
- Carter, J.G., Handley, J., Butlin, T., and Gill, S., (2018). Adapting cities to climate change-exploring the flood risk management role of green infrastructure landscapes. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(9), pp; 1535-1552.
- Ciria, (2013). Water sensitive urban design in the UK. Ideas for built environment practitioners. Retrieved from [09.12.2022] [https://www.susdrain.org/files/resources/ciria\\_guidance/wsud\\_ideas\\_book.pdf](https://www.susdrain.org/files/resources/ciria_guidance/wsud_ideas_book.pdf)
- Ely, M., and Pitman, S., (2012). Green Infrastructure Life Support for human habitats. The compelling evidence for incorporating nature into urban environments. *Infrastructure Australia Amendment Bill 2013* 8(1).
- EPA, (2008) Reducing urban heat islands: Compendium of strategies. *Urban Heat Island Basics*. Retrieved from [12.12.22] <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-06/documents/basicscompendium.pdf>
- EPA, (2022). Air Quality and Climate Change Research. Web online [15.12.2022]: <https://www.epa.gov/air-research/air-quality-and-climate-change-research#:~:text=Changes%20in%20climate%20can%20result,ozone%20standards%20in%20the%20future.>
- Davies, C., MacFarlane, R., McGloin, C., and Roe M., (2006). *Green infrastructure planning guide*. Retrieved from [09.12.2022] [http://www.greeninfrastructurenw.co.uk/resources/North\\_East\\_Green\\_Infrastructure\\_Planning\\_Guide.pdf](http://www.greeninfrastructurenw.co.uk/resources/North_East_Green_Infrastructure_Planning_Guide.pdf)
- Emmanuel, R., and Loconsole, A., (2015). Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK. *Landscape and Urban Planning*, 138(2015), pp;71-86.
- Farrugia, S., Hudson, M. D., and McCulloch, L., (2013). An evolution of flood control and urban cooling ecosystem services delivered by urban green infrastructure. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 9(2), pp;
- Foster, J., Lowe A. and Winkelman, S. (2011) The value of green infrastructure for urban climate adaptation. Center for Clean Policy. Retrieved from [10.12.2022] [https://savetherain.us/wp-content/uploads/2011/10/Green\\_Infrastructure\\_Urban\\_Climate\\_Adaptation.pdf](https://savetherain.us/wp-content/uploads/2011/10/Green_Infrastructure_Urban_Climate_Adaptation.pdf)
- Coşkun Hepcan, Ç., (2019). Kentlerde İklim Değişikliği ile Mücadele İçin Yeşil Altyapı Çözümleri. İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (iklimİN), Ankara, ss:37
- Hewitt, C. N., Ashworth, K., and MacKenzie A. R., (2020). Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ). *Ambio* (49), pp; 62-73.
- Knight, T., Price, S., Bowler, D. et al. (2021). How effective is 'greening' of urban areas in reducing human exposure to ground-level ozone concentrations, UV exposure and the 'urban heat island effect'? An updated systematic review. *Environ Evidence* 10, 12(2021).
- Lee, H., Mayer, H., and Chen, L., (2016). Contribution of trees and grasslands to the mitigation of human heat stress in a residential district of Freiburg, Southwest Germany. *Landscape and Urban Planning*, 148(2016), pp; 37-50.
- Lennon, M., Scott, M., and O'Neill, E., (2014). Urban Design and Adapting to Flood Risk: The Role of Green Infrastructure. *Journal of Urban Design*, 19(5), pp;745-758.
- Leo, N., and Escobedo, F., J., (2016). The role of urban green infrastructure in mitigating land surface temperature in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Environ Dev Sustain* 18(2016), pp;373-392.
- Liberalesso, T., Cruz, C. O., Silva, C. M., and Manso, M., (2020). Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives. *Land Use Policy*, 96(2020).
- Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, C., Murdiyasaro & D., Santoso H., (2008). *Facing an Uncertain Future: How Forest and People Can Adapt to Climate Change*. CIFOR, Bogor.
- Marando F., M. P. Heris, G., Zulian, A., Udías, L., Mentaschi, N., Chrysoulakis, D., Parastatidis and J., Maes, (2022).

- Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas, *Sustainable Cities and Society*, Volume 77, [08.12.2022]  
<https://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1047&context=fabos>
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Opportunities and Challenges for Business and Industry*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Yoshida, A., Hisabayashi, T., Kashihara, K., Kinoshita, S., and Hashida S., (2015). Evaluation of effect of tree canopy on thermal environment, thermal sensation, and mental state. *Urban Climate*, 14, pp; 240-250
- NACTO, (2022). National Association of City Transportation Officials. *Urban Street Design Guide*. Web online [15.12.2022]:  
<https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/stormwater-management/bioswales/>
- Wong, T. H. (2011). *Stormwater management in a water sensitive city: Blueprint 2011*. Melbourne, Australia: The Centre for Water Sensitive Cities, Monash University.
- Oke T.R., (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108 (1982), pp; 1-24,
- World Bank (2009). *Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-Based Approaches to Climate Change*. The World Bank, Washington DC.
- World Bank (2022). *Urban Development*, Washington DC. Web online [09.12.2022]  
<https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview#:~:text=Today%2C%20some%2056%25%20of%20the,people%20will%20live%20in%20cities.>
- Patricik, L., and Kinney, ScD., (2008). Climate Change, Air Quality and Human Health. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5), pp;459-467.
- Zölch, T., Maderspacher, J., Wamsler, C., and Pauleit, S., (2016). Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20(2016), pp;305-316.
- Pitman, S., and Ely, M., (2012). From grey to green: Life support for human habitats. 6th International Conference and Workshop on the Built Environment in Developing Countries, 4-5 December 2012, Adelaide, Australia. Retrieved from [10.12.2022]  
<https://cdn.treenet.org/wp-content/uploads/2021/10/Treenet13D1S03.pdf>
- Pitman, S., Christopher, D., Ely, M., (2015). Green infrastructure as life support: urban nature and climate change. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, 139(1), pp;97-112.
- Pozoukidou, G., (2020). Designing a green infrastructure network for metropolitan areas: a spatial planning approach *Euro-Mediterranean Journal of Environmental Integration*, (5), pp;1-15.
- Ramyar, R., Ackerman, A., and Johnston, D., M., (2021). Adapting cities for climate change through urban green infrastructure planning. *Cities* 117(2021).
- Rodríguez, M. I., Cuevas, M. M., Martínez, G., & Moreno, B. (2014). Planning Criteria for Water Sensitive Urban Design. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 191, pp;1579-1591.
- Ruiz, M. A., Sosa, M. B., Cantaloube E. and Canton, M. A., (2015). Suitable configurations for forested urban canyons to mitigate the UHI in the city of Mendoza, Argentina. *Urban Climate*, 14(2), pp;197-212.
- Sant'Anna, C., and Bezerra M., C., (2019). Urban Landscape Planning and the Contribution of Green Infrastructure in Promoting Ecosystem Services. " Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning: Vol. 6, Article 23. Retrieved from