Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 12

KENTLERDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELE İÇİN YEŞİL ALTYAPI ÇÖZÜMLERİ

Modüller
Elektronik versiyonu için QR kodu

Kent Modülü - Yeşil Altyapı
Elektronik versiyonu için QR kodu

KENTLERDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELE İÇİN YEŞİL ALTYAPI ÇÖZÜMLERİ

Hazırlayan:
Doç. Dr. Çiğdem Coşkun Hepcan

2019, Ankara

KENTLERDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELE İÇİN YEŞİL ALTYAPI ÇÖZÜMLERİ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **2**
YÖNETİCİ ÖZETİ **3**
1. KENTLERDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELE İÇİN YEŞİL ALTYAPI ÇÖZÜMLERİ **4**
1.1. Yeşil Altyapı Sistemi ve Bileşenleri 4
2. EKOSİSTEM SERVİSLERİ **8**
2.1. Hava Kalitesini İyileştirme 9
2.2. İklim Düzenleme 11
2.3. Toprak Kalitesini İyileştirme-Biyolojik Parçalanma 11
2.4. Tozlaşma - Polenizasyon 12
2.5. Sel ve Taşkın Önleme 12
3. YEŞİL ALTYAPI YÖNETİMİ **13**
4. DÜNYA'DAN ÖRNEKLER **16**
5. YEŞİL ALTYAPIYLA SU YÖNETİMİ **20**
5.1. Geçirgen (Gözenekli) Döşeme 20
5.2. Yağmur Bahçesi 21
5.3. Yağış Suyu Bitki Şeridi 22
5.4. Yağmur Hendeği 23
5.5. Yeşil Çatı 23
5.6. Örnek Uygulamalar 24
5.6.1. High Line Park 24
5.6.2. Boston Rose Kennedy Greenway 25
5.6.3. CheongGye Nehri 25
5.6.4. Tanner Springs Park in Portland 26
6. TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER **27**
7. TÜRKİYE'DEKİ YASA VE YÖNETMELİKLER **30**
7.1. Türkiye Kentleri İçin Öneriler 32
KAYNAKÇA **37**

KISALTMALAR

C	Karbon
CoM	Covenant of Mayors *Belediye Başkanları Sözleşmesi*
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
KENTGES	Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı
NO_2	Azotdioksit
O	Ozon
PM	Partikül Madde
SO_2	Sülfürdioksit
US	United States *Amerika Birleşik Devletleri*

YÖNETİCİ ÖZETİ

Dünya nüfusunun büyük bölümü kentlerde yaşamaktadır ve bu oran giderek artmaktadır. İklim değişikliği, yeryüzünde ani ve beklenmedik hava olaylarının yaşanmasına neden olmaktadır. Kentler, iklim değişikliğinin neden olduğu etkilerin en yoğun hissedildiği alanlardır. Bu etkiler kentlerde ısı adası etkisinin artması, hava kirliliği, sıcak hava dalgaları ve su kıtlığı yaşanması, yağış rejiminin değişmesi, kurak gün sayısının artması, yağmur sularının sel ya da taşkınlara neden olması şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Ekosistemler bulundukları ortamlarda insanlar ve diğer canlılara birçok yarar sağlar. Ekosistemlerde devam eden doğal süreçlerin bir parçası olarak ortaya çıkan bu faydalar ekosistem servisleri (hizmetleri) olarak tanımlanır. Kentlerde iklim değişikliğinin neden olduğu etkilerin azaltılması ve kentlerin bu etkilere karşı dayanıklılığının arttırılmasında ekosistemlerin sağladığı düzenleyici ekosistem servislerinin önemli rolü bulunmaktadır. Bu servisler; ekosistemlerin düzenleyici olarak görev yaptığı, ekosistem süreçlerinden sağlanan yararlardır (örneğin hava ve toprak kalitesinin iyileştirilmesi, iklim regülasyonu, taşkın ve heyelan gibi doğal afetlerin etkisini azaltma, hastalık kontrolü, suyun arıtılması, atık yönetimi, polenizasyon/tozlaşma, biyolojik parçalanma ya da zararlı türlerin kontrolü).

Kentlerde yapılı alan yoğunluğunun fazla olması kentleri iklim değişikliğinin etkilerine karşı kırılgan hale getirmektedir. Küresel iklim değişikliğinin neden olduğu ani ve beklenmedik hava olaylarının olumsuz etkilerini azaltmak ve kentleri bu etkilere dirençli hale getirmek, ekosistemlerin sağladığı yararları korumak ve/veya arttırmakla mümkündür. Kentlerde ekosistem değerlerini ve işlevlerini koruyan (ekolojik nitelikleri yüksek) birbirleriyle bağlantılı doğal, yarı doğal ve kültürel alanların oluşturduğu bir yeşil alan ağının (yeşil altyapı sisteminin) sağladığı ekosistem servisleri iklim değişikliğinin etkilerini azaltmada önemli bir rol oynar.

Yeşil altyapı sisteminin mekansal planlama sürecinin bir parçası haline gelmesi bu sistemi oluşturan bileşenlerin yağış suyu yönetimi çözümlerini içermesi, kentlerin kırılgan ekosistemlerinin korunması, yeşil alanlardan sağlanan ekosistem servislerinin iyileştirilmesine yönelik akılcı çözümler geliştirilmesi kentin iklim değişikliği etkilerine dirençli ve dayanıklı hale gelmesine olumlu katkılar sağlayacaktır.

1. KENTLERDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELE İÇİN YEŞİL ALTYAPI ÇÖZÜMLERİ

İçinde yaşadığımız yerküre yaşayan bir organizmadır ve tüm canlılar gibi sağlıklı bir şekilde yaşayabilmesi için belirli sıcaklık koşullarına ihtiyaç duymaktadır. Atmosferin bileşimini bozan insan kaynaklı etkiler dünyada sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. İklimin doğal düzeninin dışında değişmesine bağlı olarak günümüzde atmosfer sıcaklığının 1800'lü yıllara oranla bir derece artış göstermesi nedeniyle ne yazık ki yerküredeki doğal sistemlerin işleyişi zarar görmektedir. Dünyadaki tüm canlıların yaşamı, yerküredeki ekolojik süreç ve döngülerin sağlıklı işleyişine bağlıdır.

Dünya nüfusunun büyük bölümü kentlerde yaşamakta ve bu oranın gidecek artacağı öngörülmektedir. Yaşadığımız alanlarda küresel iklim değişikliğinin neden olduğu ani ve beklenmedik hava olaylarının olumsuz etkilerini azaltmak ve kentleri bu etkilere dirençli hale getirmek, ekosistemlerin sağladığı yararlarla mümkündür.

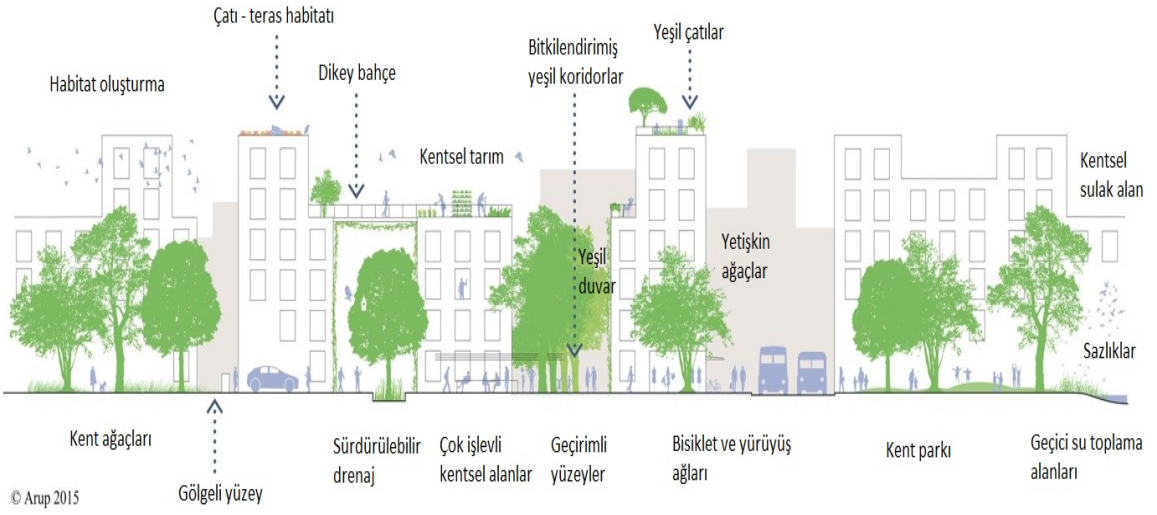
1.1. Yeşil Altyapı Sistemi ve Bileşenleri

Kentleşmenin etkisiyle yeni yerleşim ve ticaret alanlarının oluşturulmasına yönelik yapılaşma ve alt yapı talepleri, doğal ekosistemler ve kentsel yeşil alanlar üzerinde ciddi baskı oluşturmaktadır. Ülkemiz kentleri ağırlıklı olarak çok katlı yüksek yoğunluklu binaların bulunduğu yapı alanlarından oluşmaktadır. Bu doku içinde çoğunlukla yapı adaları arasında kalan küçük ve izole alanlar şeklindeki yeşil alanların kent içindeki oranı oldukça düşüktür.

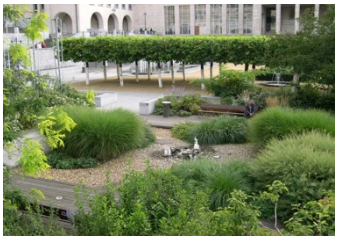
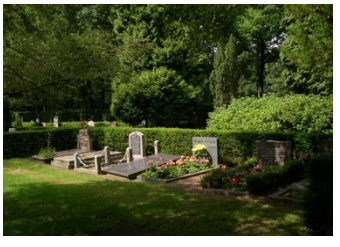
Sağlıklı ve yaşanabilir kentler yeşil alan – yapı alanı arasında dengeli bir dağılım bulunan, ekolojik nitelikleri yüksek yeşil alanların bir arada bulunduğu açık-yeşil alan sistemine (yeşil altyapı) sahip kentlerdir.

Yeşil altyapı, ekosistem değerlerini ve işlevlerini koruyan birbirleriyle bağlantılı doğal, yarı doğal ve kültürel alanların oluşturduğu bir yeşil alan ağı olarak tanımlanır (Benedict, 2000; European Commission, 2013). Parçalar (merkezler) ve koridorlardan oluşan bu ağ; ormanlar, çalılık, çayırlık, sulak alanlar, akarsu koridorları gibi doğal alanlar ile parklar, spor alanları, okul bahçeleri, kampüsler, şahıs ve kurum bahçeleri, çatı bahçeleri, dikey/düşey bahçeler, hayvanat bahçeleri, botanik bahçeleri, tarım arazileri, mezarlıklar, bitkilendirilmiş yollar vb. yarı doğal ve kültürel bileşenleri içerir (Şekil 1, Çizelge 1).

Şekil 1: *Yeşil Altyapı Bileşenlerinin Kentsel Peyzajlara Entegrasyonu (Arup, 2019)*



Çizelge 1. Kentsel Yeşil Altyapı Bileşenleri	
	Kentsel alanlarda bulunan **doğal alanlar** orman, çalılık, otsu bitkilerle kaplı boş parseller, sulak alanlar gibi doğal vejetasyon örtüsüyle kaplı alanlardır. Farklı boy ve yaşlarda çeşitli doğal bitki türlerini içeren bu alanlardaki biyolojik çeşitlilik açısından zengindir.
	Kent parkları çeşitli büyüklüklerde olabilen doğal ve kültürel ekosistemleri içeren kent halkına rekreasyonel olanaklar sunan yeşil alanlardır.
	Meydanlar faklı amaçlarla kullanılan kent içindeki açık toplanma alanlarıdır.

Çizelge 1. Kentsel Yeşil Altyapı Bileşenleri	
	**Şahıs ya da kurum bahçeleri,** bitki yoğunluğu ve tür çeşitliliği açısından zengin yeşil alanlardır.
	Botanik bahçeleri farklı bitki topluluklarını bir arada bulunduran bitki koleksiyonlarıdır.
	Tarım alanları, ticari amaçla üretim yapılan geniş parseller, meyve bahçeleri ya da küçük ölçekli hobi bahçeleri, şeklinde olabilir. Tarım arazilerinde diğer yeşil alanlarda olmayan değişik tek ve çok yıllık bitkiler bulunur.
	**Mezarlıklar** kentlerde yetişkin ağaçları içeren yoğun bitki örtüsüne sahip geniş yeşil alanlardır. Birçok canlı türü için habitat oluştur.
	Bitkilendirilmiş otoparklar kentlerdeki açık park alanlarının çeşitli yöntemlerle bitkilendirilmesi ya da ağaçlandırılmasıyla oluşturan alanlardır.

Çizelge 1. Kentsel Yeşil Altyapı Bileşenleri	
	Okul bahçeleri ve eğitim kampüsleri eğitim binaları, oyun ve spor alanlarını içeren, bitki örtüsüne sahip olabilen alanlardır.
	Yeşil çatılar vejetasyon örtüsüyle güneş radyasyonunu azaltır, yağış suyunun hızını azaltır, yalıtım sağlar.
	Düşey bahçeler bina, duvar, çit gibi düşey yapısal elemanların çeşitli bitkilerle kaplanmasıyla oluşur, binalardaki enerji tüketimini azaltır.
	Kaldırım, refüj ve bitkilendirilmiş şeritlerde bulunan **yol ağaçları**, kentlerde doğrusal koridorlar oluşturur. Açık yeşil alan sisteminin bağlantı oluşturan elemanlarıdır.
	Akarsu koridorları karasal ve sucul ekosistemleri bir arada bulunduran doğal koridorlardır. Su döngüsü ve yağış suyu yönetiminde önemli görevleri vardır.

Çizelge 1. Kentsel Yeşil Altyapı Bileşenleri	
	Su kanalları çoğunlukla insan eliyle oluşturulan bu yapılar rekreasyon ve ulaşım amacıyla da kullanılan koridorlardır.

2. EKOSİSTEM SERVİSLERİ

Yeşil alanlar sahip olduğu bitki örtüsüyle, hava serinletme, ısı adası etkisini azaltma, karbon tutma ve depolama, kirleticileri uzaklaştırarak havayı temizleme, organik materyaller ile toprağı zenginleştirme, yaban hayatı için besin ve barınma ortamı sağlama, biyolojik çeşitliliği destekleme, yağış sularının yüzey akışa geçmesini önleme, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını besleme, rüzgâr ve yağış erozyonunu azaltma, gürültü filtreleme, enerji tüketimini azaltma, rekreasyonel olanaklar sağlama, arazilerin emlak değerini arttırma gibi birçok işleve sahiptir (Forman, 2014). Ekolojik, sosyo-kültürel ve ekonomik bu işlevler kent halkının sağlığını korunmasına ve yaşam kalitesinin yükselmesine katkıda bulunur.

Ekosistemler bulundukları ortamlarda insanlar ve diğer canlılara sayısız yararlar sağlar. Ekosistemlerde devam eden doğal süreçlerin bir parçası olarak ortaya çıkan bu fayda, ürün ve hizmetlerin tamamı **ekosistem servisleri (hizmetleri)** olarak tanımlanır. Tedarik servisleri, düzenleyici servisler, habitat ya da destekleyici servisler ve kültürel servisler olmak üzere dört grup altında sınıflandırılır (MEA, 2005).

Yeşil altyapı sistemini oluşturan her bir bileşenin sağladığı ekosistem servisleri bu alanların ekolojik özelliklerine (konumu, büyüklüğü, mekansal dağılımı, sahip olduğu bitki örtüsünün yapısı, yoğunluğu, vb.) bağlı olarak değişiklik gösterir. Kentlerin yeşil ağlarla örülmüş olması, diğer bir deyişle yeşil altyapıyı oluşturan bileşenlerinin birbirleriyle fiziksel bağlantı içinde olması önemlidir. **Birbirleriyle işlevsel bağlantılar oluşturacak şekilde kurgulanmış, ekolojik nitelikleri yüksek yeşil alanları içeren yeşil altyapı sisteminin sağladığı ekosistem servisleri, iklim değişikliğinin etkilerini azaltır.**

Kentlerde iklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve kentlerin bu etkilere karşı dayanıklılığının arttırılmasında ekosistemlerin sağladığı düzenleyici ekosistem servislerinin önemli rolü bulunmaktadır. Bu servisler; ekosistemlerin düzenleyici olarak görev yaptığı, ekosistem süreçlerinden sağlanan yararlardır. Hava ve toprak kalitesinin iyileştirilmesi, iklim regülasyonu, taşkın ve heyelan gibi doğal afetlerin etkisini azaltma, hastalık kontrolü, suyun arıtılması, atık yönetimi, polenizasyon/tozlaşma, biyolojik parçalanma ya da zararlı türlerin kontrolü düzenleyici servisler arasında sayılabilir (MEA, 2005).

2.1. Hava Kalitesini İyileştirme

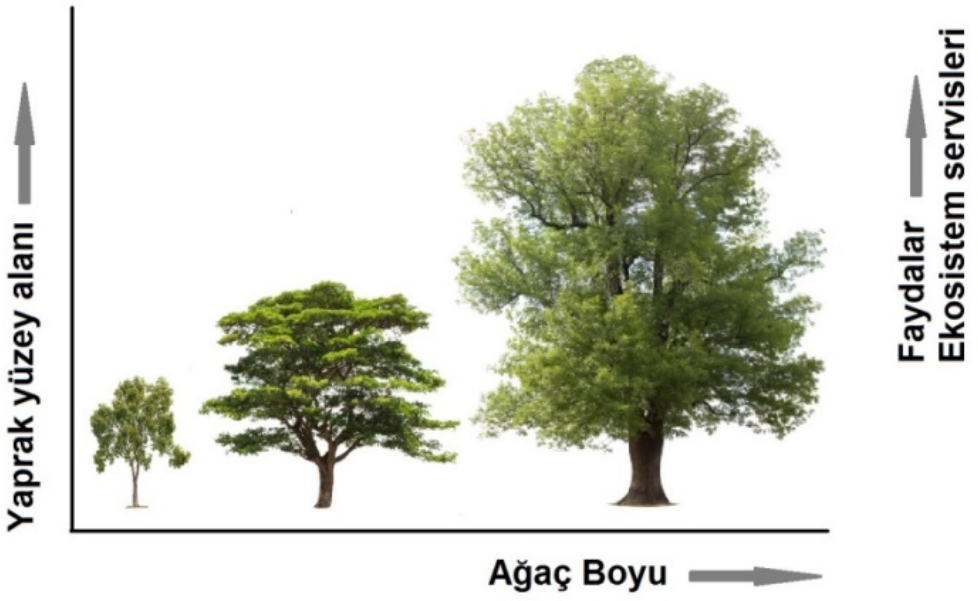
Hava kirliliği günümüzde birçok kentin ortak problemi haline gelmiştir. Kirli hava, solunum ve kalp damar hastalıkları başta olmak üzere birçok sağlık problemine neden olmaktadır. Kentlerde yaşayan kişilerde bu rahatsızlıkların görülme oranı daha yüksektir. Özellikle yaşlı ve çocuklar bu hastalık gruplarında risk altındadır.

Kirleticiler atmosferde partikül (PM-partikül madde) ya da gaz (C-karbon, NO_2-azotdioksit, O-ozon, SO_2-sülfürdioksit) şeklinde bulunur. Partikül maddeler insan sağlığını etkileyen en önemli kirleticilerden biridir. Havada asılı halde bulunan bu maddeler tane boyutlarına göre PM2.5 (boyutu 2.5 µm'dan küçük) ve PM10 (boyutu 2.5-10 µm) olarak adlandırılır (Scott ve ark., 2016).

Ağaçlar ve bitkiler, kirleticileri atmosferden uzaklaştırarak kentin hava kalitesini iyileştirir (Nowak & Dwyer, 2000). Ağaçlar, havadaki kirleticileri içine çekerek ya da yaprak yüzeylerinde tutarak filtreleme yeteneğine sahiptir. Ağaçlar, fotosentez yaparak atmosferdeki karbonu tutar ve odun dokusunda depolar. Organları ya da kendisinin ölümünden sonra depolanan karbon atmosfere geri döner. Uzun ömürlü ağaçlar kısa ömürlülere göre daha fazla miktarda karbon depolama yeteneğine sahiptir. Yaprak yüzeylerinde tutulan kirleticiler ağaç yaprak dökene ya da yapraklar yağışla yıkanana kadar bitki üzerinde kalır.

Ağaçların hava kalitesini iyileştirme fonksiyonu taç örtüsünün büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Geniş taç yapısına sahip büyük yapraklı ağaçların bulunduğu yeşil alanların hava temizleme işlevi fazladır (Roupsard ve ark., 2013) (Şekil 2).

Şekil 2: *Ağaç Büyüklüğü ve Sağladığı Ekosistem Servisleri Arasındaki İlişki*[1]



[1] Bkz. https://www.emeraldnecklace.org/park-overview/emerald-necklace-map/

2.2. İklim Düzenleme

Güneşten gelen ışık enerjisi yeryüzündeki yüzeylere çarparak ısı enerjisine dönüşür. Beton, asfalt, metal gibi yapısal yüzeyler gün boyunca güneş enerjisiyle ısınır ve yakın çevresini ısıtır. Bitki örtüsünün zayıf olduğu, yollar, binalar, çatılar, otoparkların yoğun olarak bulunduğu alanlarda yüzey sıcaklığı yüksektir. Yapı yoğunluğunun fazla olması nedeniyle kentsel alanlar çevrelerindeki kırsal ve az gelişmiş alanlara göre birkaç derece daha sıcaktır. Bu mikroklimatik durum, ısı adası olarak tanımlanır (Roth, 2013).

Yeşil alanlar kentsel sıcaklıkları kontrol altına almada önemli bir faktördür. Bitkiler, özellikle ağaçlar bulundukları ortamın iklimini etkiler. Ağaçlar terleme (transpirasyon) yaparak ve gölge oluşturarak kent içindeki yüzeyleri serinletir. Bitki örtüsünün boylu olması, taç yoğunluğunun fazla olması, gölgeleme ve terleme işlevlerini arttırır, bu durum ortamın serinlemesine yol açar. Aynı büyüklüğe sahip çim, çalı ve ağaç örtüsüyle kaplı yeşil alanların yüzey sıcaklığı ile atmosferi serinletme etkisi farklılık gösterir. Bu alanlar arasında geniş yapraklı ağaçlarla kaplı alanın serinletici etkisi diğerlerinden daha yüksektir. Nitelikli (ekolojik nitelikleri yüksek) yeşil alan yoğunluğunun fazla olduğu, yapılaşmış alan/yeşil alan oranının düşük olduğu, yeşil altyapı bileşenlerinin düzenli dağılım gösterdiği kentlerde ısı adası etkisi düşüktür. Isı adası etkisinin düşük olması yol ve yapı yüzeylerinin yazın az ısınması, kışın az soğuması anlamına gelir. Bu durum binalarda ve araçlarda ısıtma ve soğutma sistemleri için kullanılan enerji tüketimini azaltır.

2.3. Toprak Kalitesini İyileştirme - Biyolojik Parçalanma

Toprak, oluşumu yüzyıllar gerektiren, çok değerli bir doğal kaynak ve yaşayan bir organizmadır. Toprakta mikroorganizmalar, toprak canlıları ve mantarların bulunması biyolojik parçalanmayı arttırır ve toprağın besin maddesi açısından zenginleşmesini sağlar. Bu durum yaşayan ve sağlıklı bir ekosistemin bir göstergesidir.

Kentlerde toprak yüzeyi büyük oranda yapılarla kaplıdır. Kırsal peyzajlardaki topraklarda olduğu gibi kentsel peyzajlardaki toprak katmanlarında da doğal süreçler devam eder. Ancak kentlerdeki toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı doğal alanlardaki topraklara göre farklılık gösterir. İnşaat faaliyetleri ile yeraltı ve yer üstündeki ulaşım sistemleri toprak katmanlarının sıkışmasına, toprağın havalanmasının engellenmesine neden olur. Bunun yanı sıra ulaşım, endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklanan kurşun, akaryakıt, yağ, deterjan gibi kimyasal malzemelerin toprağa sızması, kış aylarında yapılan tuzlama, yeşil alanlarda kullanılan kimyasal ilaç ve gübre uygulamaları toprağı kirletir, toprak canlıları ve mikroorganizmalara zarar verir, toprağı fakirleştirir.

Üzerinde bitki örtüsü bulunan topraklarda bitki kökleri toprağın havalanmasını, suyun toprağa sızmasını sağlar. Dal, yaprak, meyve, çiçek gibi organik maddelerin toprağa karışması ve parçalanması toprak canlılarını besler, toprağı besin maddesi açısından zenginleştirir ve mikroorganizma faaliyetlerini arttırır.

Kentsel yeşil alanlarda toprak yüzeyine düşen dal, yaprak, meyve, çiçek gibi organik maddelerin temizlenerek uzaklaştırılması, toprağın besin maddesi açısından fakirleşmesine ve buna bağlı olarak toprak canlılarının sayılarının azalmasına yol açar.

2.4. Tozlaşma - Polenizasyon

Tozlaşma, ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve canlı toplulukları için hayati önem taşır (UNEP, 2010). Ekosistemlerin dengesinin korunması, bitkiler ile tozlaşmalarını sağlayan polinatör canlılar arasındaki ilişkinin sağlıklı ve devamlı olmasına bağlıdır. Bu bakımdan polinatör böcekler, küresel biyolojik çeşitliliğin anahtar bileşenidir (Potts ve ark., 2010).

Geniş taç örtüsüne sahip boylu ve yaşlı ağaçların bulunduğu, yaprak, çiçek ve meyve rengi açısından çeşitlilik gösteren, yılın değişik dönemlerinde çiçeklenen, yapraklanan ve meyve veren farklı formlarda ağaç, ağaççık, çalı ve sarılıcı bitkilerin bir arada bulunduğu alanlar ekolojik açıdan yüksek değere sahiptir (Coşkun Hepcan ve ark., 2015). Ekolojik kalitesi yüksek yeşil alanlar kentin pek çok bölgesinde rastlanmayan tozlaşma/polenizasyon sağlayan kuş, kemirgen, kanatlı ve böcek türlerini içerir. Bu türler, yeşil alanların ve kentin biyolojik çeşitliliğini zenginleştirir.

2.5. Sel ve Taşkın Önleme

Toprağa sızan ve bitkiler tarafından kullanılmayan su, toprak altında yüzeye paralel şekilde akarak yakındaki akarsu ve göl gibi bir su yapısını besler ya da daha derine sızarak taban suyuna ulaşabilir. Bitki örtüsü özellikle ağaçlar yağış suyunun hızını düşürmekte, suyun toprağa geçişine olanak sağlamakta ve yüzey akışa geçen su miktarını azalmaktadır. Ağaçların doğal taç formunun korunması, yağış suyunun hızının yavaşlatılması ve toprağa sızması açısından oldukça önemlidir.

Kentlerde yapılaşma nedeniyle topoğrafik yapının değiştirilmesi, geçirimli yüzeylerin azalarak geçirimsiz yüzeylerin artması, doğal drenaj deseninin dikkate alınmaması/göz ardı edilmesi, akarsu yataklarının beton kanallara alınması, kesitinin daraltılması ya da tamamen kapatılması, suyun doğal hareketini akış sisteminin değişmesine, su döngünün kesintiye uğramasına, yer altı ve yerüstü su kaynaklarının beslenememesine yol açmaktadır. Bu durum çoğunlukla yağış süresince gelen suyun drene edilememesine, yolların ve sokakların suyla kaplanmasına neden olmaktadır. Kent içi ve yakın çevresindeki akarsuların doğal yataklarının değiştirilmesi akarsu ekolojisini olumsuz etkilemekte, ekolojik süreçleri kesintiye uğratmaktadır. Doğal yatağında akan, su kıyısı vejetasyon örtüsüne sahip akarsular, yüzey akışa geçen suyun toplandığı kanal işlevi görür. Su kıyısı ve içindeki vejetasyon örtüsü ve organizmalar suyun filtre edilmesini sağlar. Beton kanallara alınan akarsularda suyun akış hızı ve mikroorganizma yapısı farklılık göstermekte ve su sisteminin kendini temizleme fonksiyonu ortadan kalkmaktadır.

Kentlerde düşen yağışların büyük bölümü geçirimsiz alanlarda yüzey akışa geçer. Aşırı iklim olaylarının yaşanmasına bağlı olarak kentlere kısa sürede büyük miktarlarda yağış gelmekte ve yüzey akışa geçen su miktarı artmaktadır. Yüzey akışa geçen su miktarının su toplama sistemlerinin taşıyabileceği kapasitenin üzerinde olduğu durumlarda taşkın ve sellere yol açabilir. Kentlerde genellikle ayrı bir yağış suyu toplama sistemlerinin bulunmaması nedeniyle yüzey akışa geçen yağış suyu, atık su (kanalizasyon) sistemleriyle toplanmaktadır. Bu durum kullanılabilecek büyük miktarlardaki suyun atık su olarak kaybedilmesine yol açmaktadır. Yağış suyu toplama sistemlerinin bulunduğu kentlerde ise bu su iki şekilde değerlendirilir. Bazı kentlerde deniz, akarsu gibi su yapılarına iletilir. Bu durumda amaç suyu mümkün olan en hızlı şekilde kentten uzaklaştırmak ve arıtma tesisinin yükünü azaltmaktır. Arıtmanın hedeflendiği kentlerde ise toplanan yağış suyu biyolojik arıtma işlemlerinin gerçekleşeceği biyolojik kanal ya da sulak alanlara iletilir (Strom ve ark., 2013). Benzer şekilde sulak alanlar adeta sünger görevi görerek suyun tutulmasını ve taşkınları önlemeye yardımcı olur.

3. YEŞİL ALTYAPI YÖNETİMİ

Yeşil altyapı farklı ölçeklerde planlanmakta, uygulanmakta ve yönetilmektedir. Planlamada bölge (akarsu koridorları, doğal ekosistemler), havza, kent (kent parkları, geniş ağaçlı bulvarlar, koruluklar), mahalle (mahalle ve semt parkları, bitkilendirilmiş sokak ve caddeler) ve alan (yağmur bahçeleri, dikey bahçeler, yağış suyu bitki şeridi) ölçekleri temel alınabilir.

Uygulama ve yönetim süreci ise birçok aktörün bir arada uyum içinde çalışmasını gerektiren, yüksek maliyetli ve uzun zamanlı bir süreçtir. Ancak bu maliyet, kentlerde ulaşım ve haberleşme hatları, temiz ve atık su sistemleri gibi gri altyapı bileşenlerinin yapım ve bakım giderleri için harcanan bütçeden fazla değildir. Uygulama sürecinin tamamlanması zaman ve bütçe gerektirdiği için bu çalışmalar aşamalı olarak etaplar halinde programlanmaktadır.

Yeşil altyapı bileşenlerinin yönetiminden temelde yerel ve merkezi yönetim sorumlu olsa da yönetim aşamalarına sivil toplum kuruluşları, yerel halk ve gönüllerin katılımın sağlanması uygulamaların benimsenmesi ve korunmasına katkı sağlamakta ve başarı şansını arttırmaktadır. Bunun yanında farkındalığın arttırılması ve halkın bilinçlendirilmesi amacıyla çözümler geliştirilmesiyle kullanıcıların yeşil altyapı bileşenlerini sahiplenmesi ve koruması sağlanabilir.

Yönetim sürecinde işleyiş ve denetime ilişkin kurallar belirlenmekte, bazı durumlarda arazilerin kamulaştırılması ya da uzun süreliğine kiralanması gibi çözümler geliştirilmektedir. Ayrıca bakım ve iyileştirme çalışmaları için bu alanların düzenli olarak izlenmesi gerekir.

Yeşil altyapının yönetimi ayrıca yeşil alanların haritalanması, biyolojik çeşitliliğin belirlenmesi, hastalık ve sorunların tespiti ve çözüm önerileri geliştirilmesi ile bakım ve izleme aşamalarını içerir. Bu kapsamda kentlere özgü yeşil altyapı bileşenlerinin bakımı ve yönetimi konusunda kurallar tanımlanmakta ve bu kuralları içeren rehberler hazırlanmaktadır.

Tokyo, Seattle, Portland, Eugene, New York, New Jersey gibi kentler yağış suyu yönetimi konusunda başarılı uygulamalara sahiptir. Bu kentlerde yağış suyu yönetiminde yapılacak uygulamalara ilişkin detaylar hazırlanan **yağış suyu yönetimi rehberleri**nde tanımlanmıştır (NYSSMDM, 2005; Hinman, 2013; NJSM, 2004; CPSMM, 2016). Bu rehberlerin tanıtmak, teknik ve uygulamalar hakkında ve bilgi vermek, uzmanlar, uygulayıcılar kullanıcıları bir araya getirmek amacıyla düzenli aralıklarla çalıştaylar düzenlenmektedir.

Vancouver, Toronto, New York, San Francisco, Portland, Londra, Barselona kentlerinde kent içinde kullanılacak yol ağaçlarının tür seçimi, dikim, bakım koşulları vb. kural ve standartları **yol ağacı rehberleri**nde belirtilmiştir (Stret Tree Guidelines Vancouver, 2011; NYC, 2016; Toronto Street Trees, 2010).

Kurak iklim koşullarına sahip Albuquerque (New Mexico, USA), Las Virgenes (California, USA) kentlerinde kuraklığa dayanıklı doğal bitki örtüsüne ait türler ve bu türlerin nasıl kullanılabileceğine ilişkin detaylar **kurakçıl peyzaj rehberleri**nde verilmiştir (Las Virgenes Municipal Water District, 2017).

Kentlerin yeşil altyapı bileşenlerinin haritalanması ve bilgi sistemlerine işlenmesi yönetim çalışmaları için önemli veri sağlamaktadır. Özellikle yeşil alan ve yol **ağaçları envanteri**nin çıkartılması, bu verilerin bilgi sistemlerine işlenmesi, düzenli aralıkla güncellemesi, yeşil altyapı yönetim çalışmalarını büyük ölçüde kolaylaştırır. Roma, Portland, Eugene, Seattle, New York, Londra, Amsterdam, Rotterdam gibi kentlerde hazırlanan bu sistemde güncel olarak ağaçların konum, yaş, boy ve genel durumları takip edilmekte, işlemler buradan yürütülmektedir.

Benzer şekilde **biyolojik çeşitlilik envanteri**nin hazırlanması kentlerde biyolojik çeşitliliğin korunması ve iyileştirilmesi için alınacak önlemlerin belirlenmesini sağlar. Toronto, Londra, Vancouver gibi birçok kentte biyolojik çeşitlilik envanteri hazırlanmıştır.

Yeşil alanların yönetimi sadece yerel yönetimlerin sorumluluğunda değildir. Özel mülkiyete ait alanlarda da uygulanması gereken kurallar bulunmaktadır. Örneğin; otsu bitkilerin ve çimlerin düzenli aralıkla biçilmesi, boylarının belirtilen seviyenin altında tutulması, istilacı türlerin gözlenmesi ve tespit edilmesi durumunda önerilen ekolojik yöntemlerle mücadele edilmesi, su kaynaklarının kirletilmemesi, vb. kurallar yönetmeliklerle belirlenmiştir.

Özel mülkiyete sahip yeşil alanlar kentsel peyzajlarda ekosistemlerin korunmasında önemli role sahiptir (Ramos-González, 2014). Bazı durumlarda sivil toplum kuruluşları kent ve yakın çevresinde ekolojik açıdan önemli alanların yapılaşma gibi kentsel kullanımlara dönüştürülmesinin önüne geçebilmek ve mevcut şekilde korunmasını sağlamak amacıyla bu alanları satın alarak yönetimini üstlenmektedir. Örneğin, "Birdlife International" Avrupa'da özellikle İngiltere ve Hollanda'da çok sayıda sulak alan satın alarak geniş miktardaki doğal ekosistemlerin korunmasını sağlamıştır.

Benzer şekilde ABD'de Eugene kentinde Rivers to Ridges ortaklığı 20 yıldan fazla süredir sulak alan ve doğal çayırlıkları satın alma (kamulaştırma) ya da uzun vadeli kiralama yoluyla bu alanların korunmasını sağlamış, yönetim çalışmalarıyla ekosistemlerin iyileştirilmesi için başarılı çözümler geliştirmiştir. Bu süreçte farklı peyzajları ve habitatları temsil eden açık-yeşil alanlar, bölge genelinde yeşil/ekolojik ağ sistemine dönüştürülmüştür (West Eugene Wetland Partnership, 1995; The Rivers to Ridges Partnership, 2013). Bu sivil toplum kuruluşları aynı zamanda ulusal ve uluslararası fonlardan destek alarak bu alanlarda bilimsel projeler yürütmekte bilime ve araştırıcılara destek sağlamaktadır.

Hollanda hükümeti ayrıca ulusal ekolojik ağ sisteminin uygulanması sürecinde ekolojik koridorların oluşturulması ve korunmasını sağlamak amacıyla bazı arazileri kamulaştırmış ya da uzun vadeli kiralamıştır.

Bunlara ilave olarak kent halkının yeşil alanlar ve yararları konusundaki farkındalığını arttırmak ve koruma bilincinin geliştirilmesini sağlamak amacıyla bazı uygulamalar yapılmaktadır. Kentlerin yaşam kalitesinin arttırılması ve yeşil alan sisteminin oluşturulması için yerel yönetimleri ve kentte yaşayanları teşvik etmek amacıyla çeşitli ulusal ya da uluslararası kuruluşlar tarafından ödül ve sertifika programları geliştirilmiştir.

Avrupa Komisyonu ekolojik çözümler üreten ve yaşam standardını çevreye saygı göstererek artması yönünde çalışmalarda bulunan yerel yönetimlerin desteklenmesi amacıyla nüfusu 20.000-100.000 arasında olan şehirler için "**Avrupa Yeşil Yaprak - European Green Leaf**", nüfusu 100.000'den fazla olan şehirler için "**Avrupa Yeşil Başkent - European Green Capital**" ödül sistemi geliştirmiştir. Ödüle başvuru yapmak isteyen kentler iklim değişikliğine uyum, biyolojik çeşitlilik, doğal kaynakların korunması, hava ve su kalitesinin

iyileştirilmesi, temiz enerji ve çevre yönetimi konularında yatırımlar yaparak proje ve uygulamalar geliştirmektedir. Yapılan uygulamalar kentlere ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel kazançlar sağlamaktadır.

Benzer şekilde **Yeşil Bayrak Sertifikası (Green Flag Certificate)** İngiltere'deki park ve yeşil alanlarda ulusal bir standart oluşturmak için 1996 yılında geliştirilmiş ve tüm dünyaya yayılmıştır. Ödül kapsamında yeşil alanlar biyolojik çeşitlilik, sağlık, güvenlik, erişilebilirlik, bakım, katılımcılık ve yönetim kriterleri açısından değerlendirilmektedir.
Bunların dışında özel mülkiyetli yeşil alanlarda ekolojik çözümler geliştiren uygulamalara verilen destekler bulunmaktadır. Örneğin, İngiltere'de özel mülkiyete ait alanlarda (konut bahçesi) kullanılabilecek döşeme miktarı ve malzeme özellikleri yönetmeliklerle tanımlanmış ve detaylar rehber kitapçıkta belirtilmiştir. Bu alanlarda 5 metrekareden geniş geçirimsiz döşeme materyalinin kullanılması özel izne tabi tutulmuştur. Ayrıca kullanılan döşemelerde geçirimli yüzeylerin arttırılması, vergi indirimleriyle teşvik edilmektedir (DCLG, 2008; Permitted Paving, 2013).

Buna benzer şekilde Portland, Seattle ve Philadelphia kentlerinde geçirimsiz yüzeyleri azaltan çözümleri içeren uygulama sahipleri vergi indirimlerinden yararlanmaktadır. Portland'ta ayrıca başka teşvikler de uygulanmaktadır. Örneğin, ekolojik çatı ve boyu 4.5 metreden fazla olan ağaç içeren proje sahiplerine uygulama aşamasında kullanılmak üzere para ödülü verilmektedir. Ayrıca kentteki yağış suyu yönetimi uygulamaları su tutma kapasitesi, suyun akış hızı, kirlilik arıtma konusundaki etkinlik düzeyleri açısından değerlendirilmekte ve başarılı projeler **Temiz Nehir Ödülü (Clean River Rewards)** kapsamında uygulama aşamasında %100'e varan bütçe desteği ya da yağış suyu yönetimi vergilerinde %35'e kadar indirimle desteklenmektedir (GI Case Studies, 2010).

4. DÜNYA'DAN ÖRNEKLER

Dünyada yeşil altyapı stratejisi geliştirmiş, planlamış ve uygulanmış kentler bulunmaktadır. Bu yaklaşımın temelini Boston (ABD) kentindeki Zümrüt kolye (Emerald Neclace) oluşturmaktadır (Şekil 3). Dokuz adet parkın akarsu koridorları ve doğrusal parklarla birbirine bağlandığı bu park sistemi 18. yüzyılda oluşturulmuştur. Yaklaşık 445.06 ha büyüklükte alan kaplayan yaya ve bisikleti yollarını içeren bu park sisteminde doğa esaslı çözümlerle doğal ekosistemlerin korunması, kullanıcıların kentte doğayla buluşması hedeflenmiştir.

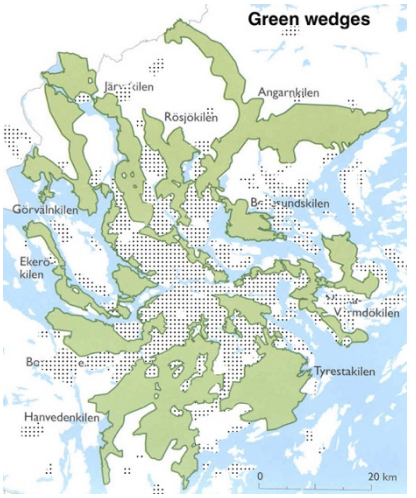
Başarılı uygulamalar arasında ayrıca Stockholm, Londra, Portland ve Baltimore kentleri sayılabilir. Stockholm'de kentin çevre kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar 1976 yılında başlamıştır. Halkın %95'i yeşil alanlara 300 metreden daha yakın mesafede erişim sağlamaktadır. 2010 yılında Avrupa'nın ilk yeşil başkenti unvanını alan Stockholm'de kentin 2040 yılı için büyüme tahmini dikkate alınarak, kentte iklim değişikliğine karşı akıllı büyüme modelleri geliştirilmiştir.

Şekil 3: *Zümrüt Kolye*[2]

Yeni gelişme bölgelerine uygulanması planlanan, Climate-Smart Model (Akıllı İklim Modeli) olarak adlandırılan modelde kent içi ulaşımda yayalar, bisiklet kullanıcıları ve toplu taşıma araçlarına öncelik verilmiştir. Ayrıca kent ve yakın çevresindeki doğal ve tarımsal ekosistemlerin korunması amacıyla bu alanlarda sağlığa zararlı kimyasalların kullanımı yasaklanmış, biyolojik kontrol ve organik tarım uygulamaları teşvik edilmiştir. Kenttin ayrıca yeşil altyapı ve ekosistem servisleri haritaları kent planlarına entegre edilmiştir (Jones, 2018) (Şekil 4).

Londra'da kent içi ve yakın çevresindeki yeşil alanlar arasında bağlantı kurulmasını hedefleyen açık alan ve park sistemi yaklaşımı 1943 yılında ortaya çıkmıştır. Sonrasında 1992, 2004, 2008 ve 2012'de hazırlanan planlarla bu sistem doğal ekosistemler ve biyolojik çeşitliliğin korunması, yaya ve bisiklet yolları oluşturularak erişilebilirliğin sağlanması hedefleri göz önüne alınarak geliştirilmiştir. Kentin %47'sini yeşil alanlar oluşturmaktadır. Açık alanların oranı %60'ı bulmaktadır (Şekil 5).

Şekil 4: *Stockholm Yeşil Altyapı Haritası*[3]

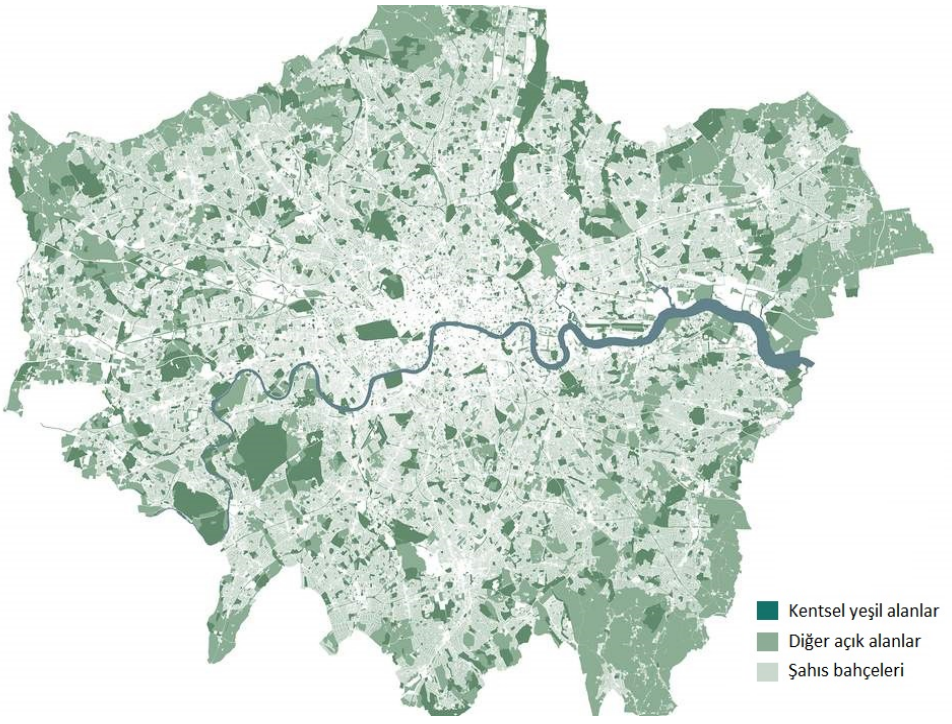


[2] Bkz. https://www.emeraldnecklace.org/park-overview/emerald-necklace-map/

[3] Bkz. http://www.cardiff.ac.uk/archi/research/cost8/case/greenblue/stockholmgreen.html

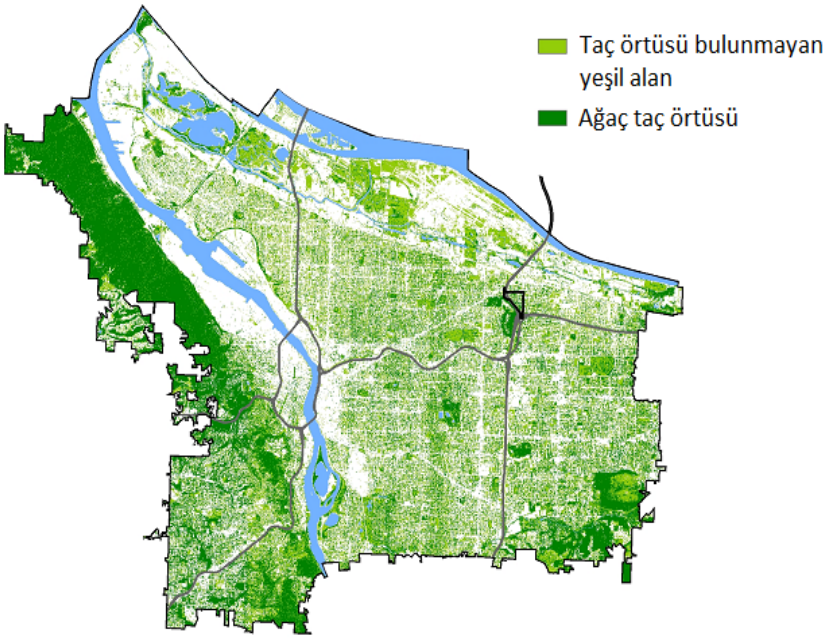
Portland kenti ABD'de en kapsamlı ve gelişmiş yeşil altyapı çalışmalarını yürüten kentlerden biridir. Yeşil altyapı geliştirme çalışmaları kapsamında kent genelinde homojen dağılım gösteren, geniş taç örtüsüne sahip bitkileri içeren yeşil alanların oluşturulması hedeflenmiş ve uygulamalarda kentin yapı yoğunluğunun fazla olduğu bölgelere öncelik verilmiştir. Yeşil sokak projesiyle sokakların ağaçlandırılarak yeşil koridorlar oluşturulması, biyolojik çeşitliliğin arttırılması ve yağış suyu yönetimini amaçlayan proje ve uygulamalar geliştirilmiştir. Ağaç taç örtüsü kentin %26'sına yükseltilmiştir (Şekil 6).

Şekil 5: *Londra Açık-Yeşil Alan Sistemi Haritası*[4]



[4] Bkz. https://www.gigl.org.uk

Şekil 6: *Portland Kenti Ağaç Taç Örtüsü Haritası*[5]



Ayrıca havza yönetimi projesiyle su ekosistemlerin korunması, kirliliğin önlenmesi ve biyolojik çeşitliliğin arttırılmasını hedefleyen çalışmalar yapılmıştır. Kentin direncini arttıran bu çözümlerin başarı düzeyi izleme programlarıyla düzenli olarak takip edilmektedir.

Baltimore'da 2010 yılında kentin yenilenmeye ihtiyaç duyan bölümlerinde yeşil altyapı bileşenlerinin oluşturulmasını hedefleyen açık alanların değerlendirilmesi programı başlatılmış, bu kapsamda 700 adet boş parsel dönüştürülmüştür. Kentte ayrıca ağaç taç örtüsünün arttırılması amaçlanmış, kentin %28'ini kaplayan taç örtüsünün 2037 yılında bu oranın %40'a çıkartılması planlanmaktadır.

Hemen hepsinin ortak noktası biyolojik çeşitliliğin arttırılması, hava ve su kalitesinin iyileştirilmesi, yağış suyu yönetimi, kullanıcıların yaşam kalitesinin ve insan sağlığının iyileştirilmesi ile çevre yönetimine yönelik rekreasyonel çözümlerinin üretilmesidir.

Birçok kentte yeşil altyapının sağladığı ekosistem servislerinin düzeyi tahmin edilmekte ve kent ekolojisinin iyileştirilmesi, yaşam kalitesinin yükseltilmesi için bu ekosistem servislerinin geliştirilmesine yönelik çözüm önerileri getirilmektedir.

[5] Bkz. https://www.portlandoregon.gov/bes/article/509607

5. YEŞİL ALTYAPIYLA SU YÖNETİMİ

Küresel iklim değişikliğinin etkileri, aşırı hava olayları şeklinde ortaya çıkmaktadır. Alışılagelmiş iklim rejiminden farklı olarak ani, beklenmeyen hava olayları gerçekleşmekte ve yağış rejiminden farklı olarak kısa ya da uzun süreli şiddetli yağışlar meydana gelmektedir. Bu durum birçok kentte çoğunlukla sel ve taşkınlarla sonuçlanmaktadır.

Kentlerde geçirimsiz yüzeylerin fazla olması ve suyun doğal akış sisteminin değişmesine, su döngünün kesintiye uğramasına, yer altı ve yerüstü su kaynaklarının beslenememesine yol açar. Yüzey akışa geçen yağış suyu kirlenir ve bu kirliliği su kaynaklarına ileterek su rezervlerini kirletir. Yağış suyunu tutarak suyun doğal akış sistemine uygun bir şekilde su kaynaklarına iletilmesini hedefleyen yağış suyu yönetimi dünyada birçok kentin önceliği haline gelmiştir, bu konuda son yıllarda yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonucunda "sünger kent" terimi ortaya çıkmıştır. Sünger kent yağış suyunun yönetiminde kirli su akışının azalması, suyun doğal yöntemlerle tutulması, filtre edilmesi ve su kaynaklarına iletilmesi için ekolojik çözümler geliştirilen kent olarak tanımlanır. Bu kentlerde geçirimsiz yüzeyler azaltılır, geçirimli yol ve yüzeyler arttırılır, yağmur bahçeleri, su tutma hendekleri, çatı bahçeleri, göletler gibi yapılarla yağış suyunun doğal sistemlere iletilmesi hedeflenir. Başarılı çözüm ve uygulamalar içeren sünger kentlerde sellerin sıklığı ve şiddeti azalır, su kalitesi artar, yeraltı ve yer üstü su kaynakları beslenir (Xu ve ark., 2018). Birçok kent, sünger kent haline gelmek için politikalar geliştirmekte ve uygulamaktadır.

Kurak iklim koşullarına sahip kentlerde kullanılan temiz su miktarı kentin aldığı yağış miktarından daha fazladır. Bu nedenle su kaynaklarının beslenmesi oldukça önemlidir. Yağış suyu yönetiminde yüzey akış suyunu kontrol altına almak, doğa esaslı çözümlerle su kaynaklarına iletmek (yönetmek) amaçlanır. Yağış suyu yönetim sistemleri doğal drenaj deseni dikkate alınarak su döngüsüne uygun bir şekilde inşa edilen yağmur bahçesi, geçirimli döşeme, kuru kuyu, yağış suyu bitki şeridi, yağmur hendeği (su tutma ve biriktirme hendeği), sızma çukuru, yeşil çatı (çatı bahçesi), yağmur varili, sarnıç, su arıtma alanları ve sulak alanlar gibi akılcı çözümler içeren yeşil altyapı bileşenlerinin oluşturulmasıyla sağlanabilir (Karakoçak, 2011; SPSMM, 2016).

5.1. Geçirgen (Gözenekli) Döşeme

Suyu içine alarak altındaki toprağa sızdırma yeteneğine sahip, suyun doğal yollarla süzülerek filtre edilmesi, kirleticilerden arınması ve yeraltı su kaynaklarının beslenmesine olanak sağlayan beton ya da asfalt vb. materyallerden üretilen, araç ve yaya yollarında kullanılabilen döşeme türüdür (Şekil 7).

Şekil 7: *Geçirgen Döşeme Örneği*[6] [7]

5.2. Yağmur Bahçesi

Yağmur sularının herhangi bir işleme tabi tutulmadan direk olarak yönlendirildiği ve üzerinde doğal ve yabancı yurtlu bitkilerin yetiştirilebildiği sığ çukur alanlara "yağmur bahçesi" veya "biyolojik tutma alanları (bio-retention)" adı verilir (Demir, 2012). Temel işlevi; çatı olukları, araç - yürüyüş yolları, otoparklar gibi alanlarda yağış sonrası oluşan yüzey akışla birlikte gelen suyun toplanması ve biyolojik arıtma yöntemleriyle arıtılarak su kalitesinin iyileştirilmesidir (Jaber ve ark., 2012). Yağmur bahçesine gelen yüzey akışla birlikte, su yüksekliği artmakta ve bir göllenme meydana gelmektedir.

Bu göllenme yağmurun şiddetine, suyun zemine sızma kapasitesine, bitki örtüsüne ve yağmur bahçesinin yapısına bağlı olarak değişim göstermektedir. Genellikle yüzey akışın hızı, suyun süzülme hızından fazla olduğundan, ilk etapta 5-10 cm'lik bir göllenme oluşmaktadır. Daha sonra göllenen bu su, yavaş bir şekilde yağmur bahçesinin tabanından toprağa doğru süzülmektedir (Doğangönül & Doğangönül, 2008).

Yağış sonrası yüzey akış miktarının azaltılması, yeraltı suyu besleniminin iyileştirilmesi ve noktasal kaynaklı olmayan kirleticilerin alıcı sulara ulaşmadan tutulması amacıyla kullanılan yağmur bahçeleri; konut sahipleri, belediyeler ve diğer kamusal alanlar için son derece basit ve maliyet etkin bir yağış suyu yönetimi aracıdır (Şekil 8) (Jaber ve ark., 2012).

[6] Bkz. http://www.constructionworld.in/News/Pervious-Concrete-Pavement-for-Smart-Cities/90126
[7] Bkz. http://www.craftontull.com/insights/insight_posts/view/46/how-do-permeable-pavement-systems-compare

Şekil 8: *Yağmur Bahçesi Örneği Eugene, US (United States /Amerika Birleşik Devletleri)*

5.3. Yağış Suyu Bitki Şeridi

Yağış suyunu bordür açıklıklarından içine alacak şekilde yol ve kaldırım kenarlarında oluşturulan yağış suyu bitki şeritleri yüzey akış suyu kontrolü, sızdırma ve filtreleme işlevlerine sahiptir (Şekil 9) (Eugene, 2014).

Şekil 9: *Yağış Suyu Bitki Şeridi Örneği Eugene, US*

Uygulanacak alanın özelliklerine göre farkı şekil, boyutlarda alana özgü bitki türlerini içerecek şekilde tasarlanırlar. Geçirgen toprak yapısı ve doğal bitki türleriyle suyun emilmesini ve kirleticilerden arınmasını sağlayan mühendislik ve tasarım çözümlerini içerir.

Bazı şeritlerde fazla yüzey akış suyunu toplayan su depoları bulunur. Toplanan su bitki sulama ya da yeraltı su sistemlerinin beslenmesini amacıyla kullanılır (Eugene, 2014).

5.4. Yağmur Hendeği

Yağmur hendeği (biyolojik kanal) yüzey akış suyunun toplanması, tutulması ve kirleticilerin filtrelenerek suyun süzülmesini sağlayan yol kenarlarında oluşturulan dar ve uzun bir yapıda bitkilendirilmiş hendeklerdir (Şekil 10) (SPSMM, 2016).

Şekil 10: *Yağmur Hendeği Örneği Seatle, US (EPA, 2017)*

5.5. Yeşil Çatı

Yeşil çatılar düz ya da az eğimli çatılar üzerine inşa edilen, bitki örtüsü, toprak, drenaj ve su geçirmez membrandan oluşan, yağış suyunun bir bölümünü tutan fazla suyu yağış suyu giderine yönlendiren yapılardır (Şekil 11) (SPSMM, 2016).

Şekil 11: *Yeşil Çatı Örneği Toronto*[8]

[8] Bkz. http://www.flatrooferstoronto.com/green-roof.html

5.6. Örnek Uygulamalar

Kentlerin gelişimi tamamlamış bölümlerinde yeşil altyapı bileşenlerinin oluşturulmasına yönelik çözümler oldukça sınırlı düzeydedir. Yeni yeşil alan oluşturmak için uygun açık alan bulmak neredeyse imkansızdır. Bu alanlarda;

- Dikey bahçeler, çatı bahçeleri oluşturarak veya yol ağaçlandırması yapımıyla birlikte bitki örtüsü miktarı arttırılarak,
- Kentin bir bölümünde kentsel dönüşüm uygulaması yapılarak yeşil altyapı bileşenlerini içeren uygulamalar yapılarak,
- Terk edilmiş endüstriyel alanlarının tamamında ya da bazı bölümlerinde ekolojik iyileştirme yaparak yeşil altyapı bileşenleri oluşturularak,
- İşlevini yitirmiş karayolu, demiryolu ya da akarsu yataklarının tamamı ya da bazı bölümleri koridor olarak değerlendirerek çözümler üretilebilir.

High line Park (New York), Boston Rose Kennedy Greenway, Güney Kore CheongGye nehir koridoru, Tanner Springs Park (Portland) başarılı örnekler arasındadır.

5.6.1. High Line Park

High line, New York'un Manhattan bölgesinde viyadükler üzerinde yer alan 1,876 m uzunluğundaki demiryolu hattının kullanıma kapatıldıktan sonra yeniden tasarlanmasıyla oluşturulmuş bir kent parkıdır. 1934 yılında inşa edilen, yükseltilmiş demir yolunun bir bölümü 1960 yılında yıkılmıştır. Kalan bölüm için 1980 yılında yıkım kararı alınmış ve 1999 yılında kurulan Friends of the High Line Derneği'nin girişimleriyle bu karar iptal edilmiş ve bu alanın bir parka dönüştürülmesi için tasarım yarışması düzenlenmiştir. 2006 yılında yapımına başlanan park 2009, 2011 ve 2014 yıllarında üç etapta tamamlanmış ve yaklaşık 188 milyon dolara mal olmuştur (FOHP, 2017) (Şekil 12).

Şekil 12: *High Line Park*[9]

[9] Bkz. http://juliotapiaphotography.com/highline-park

5.6.2. Boston Rose Kennedy Greenway

Boston kentinde trafik problemine çözüm oluşturmak amacıyla liman bölgesinde 1959 yılında viyadükler üzerinde yükseltilmiş karayolu inşa edilmiş, liman ve kentin fiziksel bağlantısı kesilmiştir. Ancak sonrasında trafik yoğunluğu, hava kirliliği ve gürültü problemleri nedeniyle 1991 yılında on yıldan fazla süren planlama süreci sonunda büyük kazı (Big Dig) olarak adlandırılan, trafiğin yer altına alınarak kentte bir yeşil koridor oluşturulmasını amaçlayan proje hayata geçirilmiştir. 2008 yılında tamamlanan, yaklaşık 1.7 milyon dolara mal olan, yer altında tüneller sistemi oluşturulması nedeniyle ABD'nin en kapsamlı projesi olarak tanımlanan 2,4 km uzunluğundaki projeyle Boston, yaya dostu bir kent haline gelmiştir. Projede ayrıca yağış suyu yönetimi ve biyolojik çeşitliliğin artmasına yönelik çözümler geliştirilmiştir (ASLA, 2013) (Şekil 13).

Şekil 13: *Rose Kennedy Yeşil Yolu 2002-2007 (ASLA, 2017)*

5.6.3. CheongGye Nehri

Seul kentin merkezinden geçen CheongGye Nehri, 1971 yılında kapalı bir kanala alınarak üzerine karayolu ve viyadük inşa edilmiştir. Zaman içinde kentte hava kirliliği, ısı adası etkisi, gürültü gibi sorunların yaşanması ve viyadüğün ömrünü tamamlaması gibi nedenlerle 2003-2009 yılları arasında yol ve viyadük kaldırılmış nehir yatağında ekolojik iyileştirme çalışması yapılmış, nehir koridoru yeniden oluşturulmuştur (Şekil 14). 200 yılda bir gerçekleşebilecek yağış verileri dikkate alınarak yapılan uygulama yaklaşık 380 milyon dolara mal olmuştur.

Projenin gerçekleştirilmesinden sonra biyolojik çeşitliğin arttığı, nehir kıyısı ve çevresindeki hava sıcaklığının kentin diğer bölümlerinden 3-6 derece daha serin olduğu, rüzgarın hareket hızının %2-7 oranında artış gösterdiği, havadaki kirletici partiküllerin %35 oranında azaldığı belirlenmiştir.

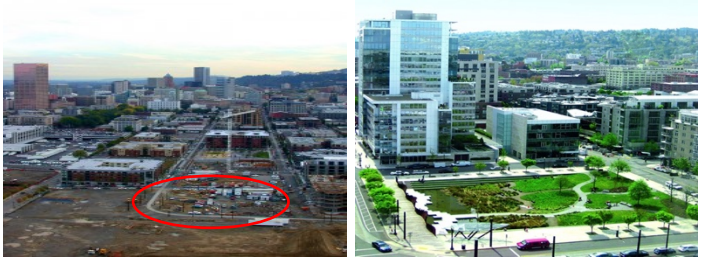
Bunun yanı sıra nehrin çekim merkezi haline gelmesiyle kente gelen turist sayısı (64000 kişi/gün) önemli ölçüde artmış, araziler değer kazanmış ve yeni iş olanakları ortaya çıkmıştır (Lee, 2006).

Şekil 14: *CheongGye Nehri Ekolojik İyileştirme Öncesi ve Sonrası (Lee, 2006)*

5.6.4. Tanner Springs Park in Portland

Portland kentinin kuzeybatısındaki Pearl District'te bulunan sulak alanda 1880'lerin sonunda dolgu yapılmış ve endüstri bölgesi oluşturulmuştur. 1960 yılında terk edilen bu bölgenin yerleşim alanına dönüştürülmesi için 1994'te büyük çaplı bir kentsel dönüşüm projesi başlatılmıştır. Bu atıl alanda yaklaşık 3700 m^2 büyüklüğündeki bir parselde kazı yapılarak Tanner Spring Park oluşturulmuştur. 2002 yılında tamamlanan, 3.6 milyon dolara mal olan parkın en düşük kodu eski göl zemininin 6 metre üzerindedir. Parkın tasarımında bölgenin ekolojik tarihini vurgulamak amacıyla endüstri alanı öncesindeki çayırlık ve sulak alan ekosisteminin yeniden oluşturulması hedeflenmiştir. Kirlenmiş bir endüstriyel alanda oluşturulan park "sürdürülebilir park tasarım ve yönetim deneyimi" örneği olarak düşünülmektedir. Parkın bulunduğu alanda yüzey akışa geçen yağış suyu parkta toplanmaktadır. Su, kimyasal bir uygulama yapılmadan sulak alan habitatında doğal yöntemler ve ultraviyole ışık kullanılarak filtre edilmekte ve akarsu sistemine iletilmektedir (Şekil 15).

Şekil 15: *Tanner Spring Park Ekolojik İyileştirme Öncesi ve Sonrası*[10]



[10] Bkz. http://www.landezine.com/index.php/2013/03/tanner-springs-park-by-atelier-dreiseitl/

Kentlerde iklim değişikliğinin etkileri azaltmak amacıyla yeni yeşil alan oluşturma çalışmalarının yanı sıra, şiddetli yağışlarda taşkınları önleyebilecek taşkın koruma sistemleri de geliştirilmektedir. Tokyo'da yağış ve tayfun zamanlarında yaşanan sel felaketlerinin önüne geçmek amacıyla kentin kuzeyinde Saitama bölgesi için hazırlanan **Tokyo Taşkın Kontrol Sistemi, G-Cans Projesi** (G-Cans Project, Kasukabe, Saitama, Greater Tokyo Area) bu kapsamdaki en iyi örneklerden biridir. 1992'de başlatılan, 2009 yılında tamamlanan projeyle şehir altında devasa tüneller ve depolardan oluşan sistemler oluşturulmuştur. 32 metre çapında ve 65 metre yüksekliğinde 5 tane dehliz şaftının, yerin 50 metre altında giden 6.5 km uzunluğundaki tünellerle birbirine bağlanmasıyla oluşan sistem, 1.5 milyar Euro'ya mal olmuştur. G-Cans'in "yeraltı tapınağı" adı verilen ana yağmursuyu deposu 177 metre uzunluğunda, 78 metre genişliğinde ve 25 metre yüksekliğindedir. Depoda her biri 500 ton ağırlığında, 10MW gücündeki bir pompaya bağlı olarak saniyede 200 ton suyu Edogawa nehrine deşarj edebilecek kapasiteye sahip 59 adet kolon bulunmaktadır. Taşkın koruma sisteminin su tutma ve taşıma kapasitesiyle ilgili hesaplamalarda 200 yılda bir gelebilecek yağış değerleri dikkate alınmıştır (C-Cans Project, 2009).

6. TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER

Ülkemizde yeşil altyapının ekolojik çözümleri içerecek şekilde uygulandığı bütüncül bir örnek bulunmamakta, ancak proje bazında küçük ölçekli noktasal çözümler üretilmektedir.

Peyzaj Araştırmaları Derneği'nin (PAD), Çankaya Belediyesi ve İnsani Dünya Derneği ortaklığıyla yürüttüğü, IV. Çevre Hibe Programı tarafından desteklenen "Yağmur Hasadı Yoluyla İklim Değişikliğine Uyum Projesi" 2017 yılında tamamlanmıştır. Proje kapsamında kentsel ve kırsal peyzajlarda yağış suyunu tutmanın önemi hakkında farkındalık oluşturmak, uygulama tekniklerini tanıtmak ve örnekleri aktarmak amacıyla "Yağmur Hasadı Uygulamaları Giriş Rehberi" hazırlanmıştır (Tokuş & Özdemir, 2017). Çankaya Belediyesince proje deneyimlerini uygulamaya aktarmak amacıyla, ilçe genelindeki 500'e yakın parkın depolanan yağış suyuyla sulanmasını sağlayacak teknik ve fiziki dönüşümleri sağlamak için çalışmalar yürütülmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı merkez yerleşkesinde 2018 yılında yapılan düzenlemeyle yürüyüş yolunda geçirimli beton uygulaması yapılmış, yol kıyısındaki yeşil alanda yağmur bahçesi oluşturulmuştur. Yüzey sularının yeşil alana ve yağmur bahçesine deşarj edilmesi amaçlanmıştır (Şekil 16-17). Bakanlık kamu kurumları bahçelerinde benzer uygulamaların yapılması üzerinde çalışmaktadır.

Şekil 16: *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yerleşkesi Yağmur Bahçesi Uygulaması*[11]

Şekil 17: *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yerleşkesi Geçirimli Beton Uygulaması*[12]

[11] Bkz. https://mpgm.csb.gov.tr/yagmur-hasadinda-kucuk-ama-etkin-bir-adim-yagmur-bahceleri-haber-228890
[12] Bkz. https://mpgm.csb.gov.tr/yagmur-hasadinda-kucuk-ama-etkin-bir-adim-yagmur-bahceleri-haber-228890

Bunun yanı sıra yeşil kampüs uygulamaları kapsamında İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Ayazağa Kampüsü'nde peyzaj tasarımlarında su yönetimi çözümleri geliştirilmiş, yürüyüş yollarında yağış suyunun tutulabileceği yağmur hendekleri (biyolojik kanallar) oluşturulmuştur (Şekil 18).

Şekil 18: *İTÜ Ayazağa Kampüsü Biyolojik Kanal Örneği*[13]

İzmir Büyükşehir Belediyesi metropolitan bölge ölçeğinde yeşil altyapı stratejileri geliştirme üzerinde çalışmaktadır. Kent içi ve yakın çevresiyle fiziksel ilişki kuran akarsu koridorlarına öncelik verilen bu stratejiler henüz büyük ölçekli kapsamlı planlar haline dönüştürülememiş ve fiziksel planlara entegre edilememiştir. Kentin bazı bölümlerinde noktasal çözümler geliştirilmesi konusunda projeler hazırlanmaktadır. Horizon 2020 programı tarafından desteklenen URBAN GreenUP bunlardan biridir. Projede üç örnek alanda doğa esaslı çözümlerle biyolojik çeşitliliğin artırılması, yağış suyu yönetimi ve hava kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır.

Yeşil altyapı sisteminin oluşturulmasına yönelik bütüncül yaklaşımların geliştirilememesi nedeniyle iyi niyetli uygulamalar ne yazık ki soruna kalıcı bir çözüm getirememektedir.

[13] Bkz. https://www.hetpeyzaj.com/

7. TÜRKİYE'DEKİ YASA VE YÖNETMELİKLER

Ülkemizde, kentsel yeşil alan planlamasında 3194 Sayılı İmar Kanunu'nun Plan Yapımına Ait Esaslara Dair Yönetmeliği'nde tanımlanan "kişi başına 10 m^2 aktif yeşil alan" standartı dikkate alınmaktadır. Uygulama tarafında da bu hususa çok dikkat edilmelidir.

Ülke Mekansal Strateji Planı'nda açık yeşil alanlar sosyal altyapı bileşeni olarak sınıflandırılmıştır. Mekansal planlara ilişkin plan notlarında "açık yeşil alan sistemi"ne yer alması gerektiği belirtilmiştir. Yürürlükte olan mekansal planlama sürecinde peyzaj mimarlığı hedeflerinin uygulanması kapsamında, açık yeşil alan sisteminin tanımı, tipleri ve işlevlerine daha fazla odaklanılabilir. Uygulama hükümlerinin bulunduğu mevzuatta "Açık Yeşil Alan Sistemi" tanımının kapsamı genişletilip, "Yeşil Altyapı" uygulamaları ön plana çıkartılabilir.

Kentleşme ve imar konularında merkezi ve yerel idareler için bir yol haritası olan Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı'nda (KENTGES 2010-2023) "Açık-Yeşil Alan Sistemi" kavramı stratejiler içinde yer almaktadır. Planda yerleşim alanlarında mevcut yeşil alanları koruyan ve mekansal planlarda açık ve yeşil alanlar sistemini öneren düzenlemelerin yapılması öngörülmüştür. Bu kapsamda planlama ve tasarım standartlarının geliştirilmesi ve rehberlerin hazırlanmasına yönelik yasal düzenlemelerin yapılmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Belirtilen yasal düzenlemeler yapılmadığı için kentsel açık yeşil alan planlaması ve tasarımı kentsel gelişim planlarından izole edilmiş, imar parseli düzeyinde ve belediye meclislerinin inisiyatifiyle sınırlı bir ölçekte yürütülmektedir (Yılmaz, 2010).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca 2015 yılında Yerel Yönetimler için Kentsel Tasarım Rehberi Hazırlama El Kitabı hazırlanmıştır. Tavsiye niteliğindeki bu el kitabının değişik bölümlerinde "açık ve yeşil alan, yeşil alan sistemi, yeşil ağ" terimlerine yer verilmiş ancak tanım, içerik ve bileşenleri açıklanmamıştır.

23 Haziran 2017 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Yağmursuyu Toplama Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik" kentlerde yağış suyu yönetimiyle ilgili atılan öncü adımlardan biridir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca hazırlanan yağmursuyu toplama, depolama ve deşarj sistemlerinin planlanması, tasarımı, projelendirilmesi, yapımı ve işletilmesine ilişkin usul ve esasları içeren yönetmelikte, Türkiye için uygulanabilir bir modelin tüm unsurlarıyla tasarlanması ve kurgulanması amaçlanmıştır. Yönetmelikte ayrıca altyapı yatırımlarının ve hizmetlerinin gerçekleştirilmesinde yaşanan sorunların giderilmesi, veri altyapısının uyumlu ve etkin bir şekilde işletilmesine yönelik standartların oluşturulması, uygulama araçlarının geliştirilmesi çabalarına katkı sağlanması da hedeflenmiştir (Resmi Gazete, 2017). Ancak yönetmelikte, yağış suyu yönetimi çözümlerini içeren bu sistemlerin yeşil altyapının bileşeni olduğu ve yeşil alan sistemlerine entegre edilerek tesis edilmeleri gerektiği belirtilmemiştir.

7.1. Türkiye Kentleri İçin Öneriler

Ülke plan kademelerinin ve uygulama hükümlerinin bulunduğu mevzuatta "Açık-Yeşil Alan sistemi ya da Yeşil Altyapı" kavramına yer verilmesi için ilgili kanun, yönetmelik ve şartnamelerde (İmar Kanunu, Yapı Denetimi Kanunu, Belediye Kanunu, Planlı alanlar Tip İmar Yönetmeliği, Plan Yapımına Ait Esaslara Dair Yönetmelik, Mühendislik ve Mimarlık Hizmetleri Şartnamesi, vb.) gerekli düzenlemelerin yapılması uygun olacaktır (Yılmaz, 2010).

Yönetmelik çıkartılması soruna yönelik çözümün ilk basamağı olsa da, yönetmeliklerin doğru şekilde uygulanması ve denetlenmesinin sağlanması gerekir. Bu kapsamda merkezi ve yerel yönetimlerin işbirliğiyle her bir kent ya da ilçe özelinde alana özgü yağış suyu yönetimi el kitapçıklarının /rehberlerinin hazırlanması uygulamalarda başarı şansını arttıracaktır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca Nisan 2018 tarihinde hazırlanan yağmur bahçelerinin uygulanmasına ilişkin usul ve esasları içeren Yağmur Bahçesi Hazırlama Kılavuzu buna iyi bir örnek oluşturmaktadır. Bu kılavuz yerel yönetimler ve uygulayıcılar için faydalı ve yönlendirici bir kaynak olacaktır.

Yeşil alanların kişi başına düşen metrekare büyüklüğüne göre sınıflandırılması, kentlerde nitelikli yeşil alanların oluşturulması yönünde önemli bir sorundur. Yeşil alanlar alansal büyüklüklerine göre değil, ekolojik nitelikleri ve mekânsal dağılımlarına göre değerlendirilmelidir. Bir alanın ekolojik niteliği alanın büyüklüğü, formu, sahip olduğu tür çeşitliliği (bitki ve hayvan) ile türlerin yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Doğal bitkilerin sayısı, yoğunluğu ve kitlesi arttıkça, alanın ekolojik nitelikleri artar. Benzer şekilde farklı tür boy ve yaşlardaki ağaç, ağaççık, çalı ve yer örtücülerden oluşan kademeli bir bitkilendirmeye sahip alanların ekolojik değeri yüksektir (Coşkun Hepcan ve ark., 2015). Buna karşılık, kentlerde yaygın olarak kullanılan çim alanlar, bir ya da birkaç tür içermesi, yetiştirme ve bakımı için sürekli olarak sulanması, kimyasal gübre ve tarım ilacı kullanılmasını gerektirmesi nedenleriyle ekolojik açıdan oldukça fakir alanlardır ve bilimsel literatürde "ekolojik çöl" olarak tanımlanır (Forman, 2014). Yeşil alanların ekolojik nitelikleri bu alanların sağladığı ekosistem

servislerinin türü ve miktarını belirler. Esas, **ekolojik nitelikleri yüksek, kentsel doku içinde dengeli bir dağılım gösteren yeşil altyapı (açık-yeşil alan) sisteminin oluşturulması olmalıdır.** Bu kapsamda açık-yeşil alanların ekolojik özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik bütüncül bir yaklaşımın geliştirilmesi hedeflenmelidir.

Her kentin kendine özgü iklimi, doğal, kültürel, demografik ve ekolojik özellikleri, yeşil alan planlama-tasarım politika ve pratiği bulunur. Bu nedenle kentlerin özgün değerleri temelinde önlemlerin geliştirilmesi uygun olacaktır.

Öncelikle mevcut yeşil altyapı bileşenlerinin haritalanması ayrıca sistemin eksik bileşenlerinin belirlenmesi planlama stratejilerinin belirlenmesi için önemli veri sağlayacaktır. Eksik bileşenleri tamamlamak için çözümler geliştirilebilir. Örneğin;

- Sokak, cadde ve kaldırımlarda, tren yolu çevresinde ağaçlandırma çalışmaları yapılarak kentsel koridorlar oluşturulabilir
- Kent içinde ısı adası etkisi oluşturan kamu ya da özel mülkiyetli otoparklarda geniş taç yapan ağaçlar kullanılarak, bu alanların oluşturduğu ısı adası etkisi azaltılabilir
- Kentlerin fiziksel koşullarının ağaç dikimine olanak sağlamadığı bölümlerinde tekerlekli bitki kapları (parklet) kullanılarak taç örtüsünün artması sağlanabilir
- Kuru dere ve akarsu koridorları taşkın yataklarıyla birlikte ele alınarak ekolojik iyileştirme çalışmalarıyla yeşil koridor olarak düzenlenebilir. Özellikle içinden akarsu ve kanal geçen kentlerde bu çözümler geliştirilebilir
- Kentsel dönüşüm, kentsel yeşil altyapı çözümlerinin geliştirilebileceği bir fırsat olabilecekken, ne yazık ki binaların dayanıklı hale getirilecek şekilde yenilenmesini amaçlayan noktasal çözümlerin önüne geçememektedir. Oysa kentsel dönüşüm uygulamalarının yaşanabilir, sağlıklı ve planlı kentler oluşturulması amacına çözüm oluşturacak şekilde mahalle, ilçe ya da daha büyük ölçeklerde açık yeşil alan sistemini içerecek şekilde planlanması ve uygulanması gerekir. Ayrıca yeni yeşil alan oluşturulması için mülkiyet sorunlarının giderilmesi ve kamulaştırma maliyetlerin karşılanması için kaynak bulunması gerekmektedir.

Yağış suyu yönetimi programı hazırlanarak yağmur bahçeleri gibi çözümlerin kent genelinde yaygınlaşması sağlanmalıdır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın kamu kurum ve kuruluşlarının bahçelerinde yağmur bahçeleri oluşturma hedefi kentlerde yeşil altyapının güçlenmesi ve su yönetimi için bir fırsattır. Bu hedefin kapsamı özel kuruluşların, eğitim ve sağlık kurumlarının, konut alanlarının bahçelerini kapsayacak şekilde genişletilebilir.

Kentsel yeşil alan sistemi bileşenlerinin yerel ölçekte alana özgü çözümleri ile tasarım, uygulama ve yönetim detaylarını içeren rehberler üretilmelidir. Bu rehberler ilçe belediyeleri ölçeğinde hazırlanabilir. Örneğin;

- Su yönetim çözümlerini içeren kaldırım, yol, refüj, vb. alanlar için tasarım ve uygulama detaylarını içeren rehberler ile

- Kent içinde bina yakın çevresi, kaldırım, refüj gibi alanlarda kullanılacak bitki türleri, boyutları, bakım ve yönetim kurallarını içeren rehberler oluşturulmalıdır.

Yerel yönetimlerin bu rehberleri hazırlamasını teşvik etmek için Kentsel Tasarım Rehberi Hazırlama El Kitabı'nın tavsiye niteliğinden zorunlu hale getirileceği yasal düzenlemeler yapılabilir.

Ayrıca kentlerdeki mevcut bitki örtüsünün kayıt altına alınması, özellikle yerel yönetimlerin sorumluluğundaki alanlarda park ve yol ağaç envanterinin çıkartılması, verilerin sayısal veri tabanına (bilgi sistemlerine) işlenmesi, bu ağaçların korunması, yönetimi ve bakım çalışmaları için büyük kolaylık sağlayacaktır. Bu envanter çalışmalarına yerel halktan gönüllülerin katılımının teşvik edilmesi, farkındalığın arttırılması ve koruma bilincinin geliştirilmesine olumlu katkıları olacaktır.

Yeşil alanların sağladıkları ekosistem servislerinin belirlenmesi, kentte ihtiyaç duyulan servislerin sağlanması için önlemler alınmasını kolaylaştıracaktır. Yeşil alanlardan sağlanan ekosistem servislerinin artması amacıyla bu alanların ekolojik niteliklerinin iyileştirilmesine yönelik çözümlerin geliştirilmesi uygun olacaktır. Doğal ekosistemlerin mümkün olduğunca korunması ve doğa esaslı çözümlerin üretilmesi, bu alanların direncini arttıracaktır. **Örneğin, sulak alanlar adeta sünger görevi görerek suyun tutulmasını ve taşkınları önlemeye yardımcı olur.** Kent yakın çevresinde sulak alan ekosistemlerinin bulunması kentin direncini arttırır. Bu nedenle korunmaları ve başka kullanımlara dönüştürülmemeleri oldukça önemlidir.

Büyük bölümü kurak ve yarı kurak iklimin etkisi altında olan ülkemizde sıcaklığa ve kuraklığa dayanıklı birçok doğal bitki türü bulunmaktadır. Kentlerdeki peyzaj mimarlığı uygulamalarında fazla su ve bakım gerektiren yabancı yurtlu/egzotik bitkilerin yerine, kurak koşullarda yaşayabilen doğal bitkilerin tercih edilmesi iklim değişikliğine uyum sürecinde başarılı çözümler geliştirilmesine katkı sağlayacaktır (Dilaver, 2014; Barış, 2014).

Bunlara ek olarak; kentlerde mümkün olduğunca geniş taç yapan, boylu ve kitleli ağaç dokusunun arttırılması yönünde çözümler geliştirilebilir. **Gereksiz bir şekilde sert budanarak taç örtüsü küçültülen ağaçlar, kentlerin iklim değişikliğine karşı direncinin kırılmasına, dayanıksız hale gelmesine yol açmaktadır.** Dünyada iklim değişikliğine karşı önlem alma konusunda çalışmalar yürüten Toronto, Londra, Roma, Sydney gibi birçok kentte "kentteki ağaç sayısı ve ağaç taç örtüsünü arttırmak" hedeflenmektedir. Ne yazık ki ülkemizdeki pek çok kentte bakım çalışmaları kapsamında sokak, yol ve park ağaçları neredeyse taç örtüsü kalmayacak şekilde budanmakta, ya da kesilerek bulunduğu ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Ağaçların sağlığını olumsuz etkileyen ve sağladığı yararları azaltan bu uygulama aynı zamanda yerel yönetimlerin yaşanabilir kentler oluşturma hedeflerine engel teşkil etmektedir. Bu çıkmazın ortadan kaldırılması için bakım ve yönetimden sorumlu personelin eğitilmesine ek olarak merkezi yönetimce yönetmelik hazırlanması gibi yasal düzenlemeler yapılabilir ya da yerel yönetimlerce teknik çözüm detaylarını içeren rehber kitapçıklar hazırlanabilir.

Yeşil alanların sağladığı ekosistem servisleri bu alanlarda bulunan ekosistemlerin sağlıklı olduğu durumda artar. Bu nedenle yeşil alanlardaki bakım çalışmalarında toprağın ve suyun kirlenmesine neden olan, insan sağlığına da zararları bulunan kimyasal gübre ve ilaç kullanımından vazgeçilmesi, ekolojik ve biyolojik mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi uygun olacaktır. Ülkemiz kentlerinde Paris, Londra, Cambridge, Portland gibi birçok kentin yeşil alanlarını kimyasal ilaçlardan temizleme politikalarına benzer hedefler geliştirilebilir. Bu kapsamda yerel yönetimler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Sivil toplum Kuruluşları ve gönüllü katılımcılarla işbirliği yapabilir, "temiz çevre" projeleri geliştirebilir.

Kentte mümkün olan alanlarda geçirimsiz malzeme yerine geçirimli beton ya da asfalt kullanımı tercih edilebilir. Ülkemiz kentlerinde okul bahçeleri büyük ölçüde geçirimsiz yüzeylerle kaplıdır ve bu alanlardaki bitki örtüsü oldukça zayıftır. Okul bahçelerinin ekolojik niteliklerini iyileştirmek, beton, asfalt gibi sert zemin oranını azaltarak bitki örtüsü açısından zenginleştirmek amacıyla Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşlarının ortaklığıyla ulusal ya da uluslararası fonlardan destekli "yeşil kampüs" projeleri geliştirilebilir.

Kentlerde yeşil altyapı uygulamalarında vergi indirimi ya da ödül sistemleri gibi teşviklerin uygulanması bu çözümleri cazip hale getirerek, farkındalığın artmasını sağlayacaktır.

Yeşil alanların bakım ve yönetiminden sorumlu birimlerde çalışan teknik personelin iklim değişikliğine uyum çözümleri konusunda bilgi ve farkındalık yüzeyinin arttırılmasına yönelik eğitimlerin verilmesi, başarıyı arttıracaktır. Benzer şekilde yerel halkın bilinçlendirilmesi, koruma bilincinin arttırılmasına katkı sağlayacaktır. Bu nedenle yapılan uygulamaların sosyal medya, yerel basın gibi çeşitli şekillerde paylaşılması önemlidir. Portland'ta uygulanan çözümler örnek alınabilir. Kentte bulunan farklı tip ve ölçeklerdeki yağış suyu yönetimi çözümlerini içeren bir yürüyüş ve bisiklet rotası tanımlanmıştır. Bu sayede yerel halk ve turistlerin uygulamaları ve sağlanan yararları yerinde görmesi mümkün olmaktadır.

Dünya genelinde birçok kent iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için çalışmalar yürütmektedir. İzmir Büyükşehir Belediyesi Avrupa Komisyonunca oluşturulan Başkanlar Sözleşmesi'ne (Covenant of Mayors – CoM) taraf olmuş, ve 2020'ye kadar karbon salınımlarını %20 oranında azaltmayı hedeflemiştir (SEAP, 2016).

Kentlerde iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için sera gazı emisyonlarının düşürülmesi gibi sadece kaynaklarda önlem almak yeterli değildir. Bunun yanında yeşil alan planlama, tasarım ve yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde ekosistem servislerine öncelik verilmesi gerekir. Ekosistem servislerinin iyileştirilmesine yönelik bu akılcı çözümler kentlerin kırılgan ekosistemlerinin korunması ve iyileştirilmesi, kentin iklim değişikliği etkilerine dirençli ve dayanıklı hale gelmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- ASLA, (2013). *The Rose Kennedy Greenway: A Harmonious Composition Shaped by Distinct Parcels*. https://www.asla.org/uploadedFiles/CMS/Meetings_and_Events/2013_Annual_Meeting_Handouts/FS020_Rose%20Kennedy%20Greenway.pdf adresinden erişildi.
- ASLA, (2017). *The Landscape Architect's Guide to BOSTON*. https://www.asla.org/guide/site.aspx?id=41263 adresinden erişildi.
- Arup, (2019). *Cities Alive*. https://www.arup.com/perspectives/cities-alive adresinden erişildi.
- Barış, M.E. (2014). *Kurakçıl Peyzaj "Xeriscape"*. [Demirbaş, S. ve Özdemir. G. (der).] İklim Değişikliğine Yerel Çözümler: Doğal Bitki Örtüsüyle Sürdürülebilir Uygulamalar, Doğal Bitkilerle İklim Dostu Çankaya Parkları Projesi Eğitim Kitapçığı, (1): 55-90, Peyzaj Araştırmaları Derneği, Ankara.
- Bennett, E. ve ark., (2005). *Drivers of Change Ecosystem Condition and Services*. [Hassan, R., Scholes, R. ve Ash, N. (der.] Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. 1: 175-214. Island Press, Washington DC, US.
- C-Cans Project, (2009). *G-Cans Project, Kasukabe, Saitama, Greater Tokyo Area*. http://www.water-technology.net/projects/g-cans-project-tokyo-japan/ adresinden erişildi.
- Center for Watershed Protection & New York State Department of Environmental Conservation (2005). *New York State Stormwater Management Design Manual*. https://www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/swdm2015entire.pdf adresinden erişildi.
- CPSMM, (2016). *City of Portland Stormwater Management Manual*. https://www.portlandoregon.gov/bes/64040 adresinden erişildi.
- CPSMM, (2019). *Low-Canopy and Under-Served Neighborhoods*. https://www.portlandoregon.gov/bes/article/509607 adresinden erişildi.
- Coşkun Hepcan, Ç., Özeren Alkan, M. ve Özkan, M.B. (2015). Ege Üniversitesi Rektörlük Bahçesi Bitki Atlası. *Ege Üniversitesi Rektörlük Yayınları*, 18.
- Department for Communities and Local Government, (2008). *Guidance on the Permeable Surfacing of Front Gardens*. http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/pavingfrontgardens.pdf adresinden erişildi.
- Demir, D. (2012). Konvansiyonel Yağmursuyu Yönetim Sistemleri ile Sürdürülebilir Yağmur-suyu Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması: İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, İstanbul.
- Dilaver, Z. (2014). *İç Anadolu Doğal Bitki Örtüsü Örneklerinden Peyzaj Mimarlığında Yararlanma*. [Demirbaş, S. ve Özdemir. G. (der.)] İklim Değişikliğine Yerel Çözümler: Doğal Bitki Örtüsüyle Sürdürülebilir Uygulamalar, Doğal Bitkilerle İklim Dostu Çankaya Parkları Projesi Eğitim Kitapçığı, (1): 37-54, Peyzaj Araştırmaları Derneği, Ankara.
- Doğangönül, Ö. ve Doğangönül, C. (2008). *Küçük ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı*. 2. Baskı, Teknik Yayınevi: Ankara.

- Emerald Necklace Conservancy, (2018). *Emerald Necklace Map*. https://www.emeraldnecklace.org/park-overview/emerald-necklace-map/ adresinden erişildi.
- EPA, (2017). *United States Environmental Protection Agency*. https://www.epa.gov adresinden erişildi.
- EPA, (2010). Green Infrastructure Case Studies: Municipal Policies for Managing Stormwater with Green Infrastructure. *EPA Office of Wetlands, Oceans and Watersheds*, https://nepis.epa.gov/Exe/tiff2png.cgi/P100FTEM.PNG?-r+75+-g+7+D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C06THRU10%5CTIFF%5C00001467%5CP100FTEM.TIF adresinden erişildi.
- Finke, L. (1980). Kent Planlaması Açısından Yeşil Alanların Kent İklimini ve Kent Havasını İyileştirme Yetenekleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 30(2).
- FOHP, (2017). *Friends of the High Line Park*. http://www.thehighline.org/ adresinden erişildi.
- Forman, R.T.T. (2014). *Urban Ecology Science of Cities*. Cambridge University Press, 1. Baskı.
- Hinman, C. (2013). *Rain Garden Handbook for Western Washington - A Guide for Design, Maintenance, and Installation*. https://fortress.wa.gov/ecy/publications/documents/1310027.pdf adresinden erişildi.
- Jaber, F., Woodson, D., LaChance, C. ve York, C. (2012). Stormwater Management: Rain Gardens. *Texam A&M – AgriLife Extension*, 1(12). http://www.ugra.org/images/pdf/TAMUraingardenManualB6247.pdf adresinden erişildi.
- Jones, S. (2018). *Cities Responding to Climate Change: Copenhagen, Stockholm and Tokyo*. 1. Baskı, Palgrave Macmillan.
- JT.NY[O], (2017). *Highline Park*. http://juliotapiaphotography.com/highline-park adresinden erişildi.
- Knowles, D. (2019). How Do Permeable Pavement Systems Compare?. *Crafton Tull*, http://www.craftontull.com/insights/insight_posts/view/46/how-do-permeable-pavement-systems-compare adresinden erişildi.
- Landezine, (2009-2018). *Tanner Springs Park: Ramboll Studio Dreiseitl*. http://www.landezine.com/index.php/2013/03/tanner-springs-park-by-atelier-dreiseitl/ adresinden erişildi.
- Las Virgenes Municipal Water District, (2017). *A California-Friendly Guide to Native and Drought Tolerant Gardens*. https://www.lvmwd.com/home/showdocument?id=711 adresinden erişildi.
- Lee, I.K. (2006). Cheonggyechoen Restoration Proejct. ICLEI World Congress 2006, Capetown International Convention Centre, South Africa.
- MEA, (2005). *Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being: Opportunities and Challenges for Business and Industry*. World Resources Institute, Washington, DC.
- NJSM, (2004). *New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual*. http://www.njstormwater.org/bmp_manual2.htm adresinden erişildi.
- Nowak, D.J. & Dwyer, J.F. (2000). *Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems*. [Kuser, J.E. (der.)] Handbook of Urban and Community Forestry in the Northeast., New York, NY: Kluwer Academics/Plenum, 11-22.
- NYC Parks, (2016). *Street Tree Planting Standards for New York City*. https://www.nycgovparks.org/pagefiles/53/Tree-Planting-Standards.pdf adresinden erişildi.

- Permitted Paving, (2013). Planning Rules for Retrofitting Paving on Domestic & Commercial Premises–Guidance for Professionals. *Interpave*, https://khub.net/documents/6084608/0/Permitted+Paving+-+planning+rules+for+retrofitting+paving+on+domestic+%26+commercial+premises/5dfa03d0-9709-4339-b6e1-a627f5dcc863?version=1.0 adresinden erişildi.
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. ve Kunin, W.E. (2010). Global Pollinator Declines: Trendes, Impacts and Drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6): 345-353.
- Resmi Gazete, (2017). *Yağmursuyu Toplama Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik.* http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170623-8.htm adresinden erişildi.
- Rivers to Ridges Partnership, (2013). *The Rivers to Ridges Annual Report 2013. Rivers to Ridges Partnership.* http://rivers2ridges.org/wp-content/uploads/2014/04/2013-R2R_Annual_Report-FINAL.pdf adresinden erişildi.
- Roth, M. (2013). *Urban Heat Islands*. [Harindra, J. & Shermal, F. (der.)] Handbook of Environmental Fluid Dynamics. Taylor & Francis Group, 2: 143-163.
- Scott, C.E., Bliss, T., Spracklen, D.V., Pringle, K.J., Dallimer, M., Butt, E.W. ve Forster, P.M. (2016). *Exploring the Value of Urban Trees and Green Spaces in Leeds UK*. [Gorse, C. and Dastbaz, M. (der.)] Proceedings of Int. SEEDS Conference 2016, Int. SEEDS Conference: Sustainable Ecological Engineering Design for Society, 14-15 September, Leeds Beclet University, UK.
- SEEP, (2016). *İzmir Büyükşehir Belediyesi Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı.* www.skb.gov.tr adresinden erişildi
- Stret Tree Guidelines Vancouver, (2011). *City of Vancouver – Street Tree Guidelines for the Public Realm Year 2011 Revision.* http://vancouver.ca/files/cov/StreetTreeGuidelines.pdf adresinden erişildi.
- SPSMM, 2016. *City of Portland Stormwater Management Manual.* https://www.portlandoregon.gov/bes/64040 adresinden erişildi.
- Strom, S., Nathan, K. ve Woland, J. (2013). *Site Engineering for Landscape Architects*. 6. Baskı, John Wiley & Sons, Hoboken: NJ.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2018). Yağmur Hasadında Küçük ama Etkin Bir Adım "Yağmur Bahçeleri". *Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü.* https://mpgm.csb.gov.tr/yagmur-hasadinda-kucuk-ama-etkin-bir-adim-yagmur-bahceleri-haber-228890 adresinden erişildi.
- Tokuş, C.M. & Özdemir, G. (2017). *Yağmur Hasadı Uygulamalarına Giriş Rehberi: İklim Değişikliğine Uyum Kapsamında Bir Çözüm Önerisi.* Peyzaj Araştırmaları Derneği, Ankara.
- Toronto Street Trees, (2010). *Toronto Street Trees: Guide to Standard Planting Options – City of Toronto Urban Design Streetscape Manual, Parks, Forestry & Recreation.* http://wx.toronto.ca/inter/plan/streetscape.nsf/d2ee0d49ba602f3e85257457005a208d/491C15A190DCC0A7852576EB0066D3C5/$file/T-G-TreeGuide.pdf adresinden erişildi.
- UNEP, (2010). *UNEP Emerging Issues: Global Honey Bee Colony Disorder and Other Threats to Insect Pollinators.* https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/14378/retrieve adresinden erişildi.

- Xu, Y., Shen, S., Lai, Y. ve Zhou, A. (2018). Design of Sponge City: Lessons Learnt from an Ancient Drainage System in Ganzhou, China. *Journal of Hydrology*, 563: 900-908.
- Yazgı, D. & Yılmaz, K.T. (2016). *Yeşil Altyapı Kavramının İlgili Yasal Düzenlemeler İçerisindeki Yeri ve Uygulamaya Yönelik Öneriler*. Peyzaj Mimarlığı VI. Kongresi Bildiriler Kitabı, 08-11 Aralık 2016, Antalya: 11-20.
- Yılmaz, K.T. (2010). *Sürdürülebilir Kentleşme ve Peyzaj Mimarlığının Katılımı – Kentleşme Şurası 2009 Süreci*. Peyzaj Mimarlığı IV. Kongresi Bildiriler Kitabı, 21-24 Ekim 2010, Selçuk-İzmir: 11-20.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9. Km No:278 Çankaya / Ankara
Tel: +90 (312) 410 10 00

Bu yayın Avrupa Birliğinin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İçerik tamamıyla WEglobal Danışmanlık A.Ş.'nin liderliğindeki konsorsiyumun sorumluluğu altındadır ve Avrupa Birliğinin görüşlerini yansıtmak zorunda değildir.

iklimin.org facebook.com/iklimin twitter.com/iklimin iklimIN Projesi instagram.com/ikliminprojesi