



## Determining the Qualification of Green Areas in Urban Areas and Their Contributions to Air Quality with I-Tree Canopy the Case of Denizli Central County and City Centre

Duygu Doğan<sup>1,a,\*</sup>, Murat Zengin<sup>1,b</sup>, Sinem Özdede<sup>1,c</sup>, Fırat Çağlar Yılmaz<sup>1,d</sup>

<sup>1</sup>Pamukkale University, Faculty of Architecture and Design, Landscape Architecture Department, Denizli, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 17.09.2023 Accepted : 18.10.2023</p> <p><b>Keywords:</b> Green infrastructure air quality sufficiency of green spaces accessibility i-Tree Canopy</p>	<p>This study aimed to measure the adequacy of green areas in Denizli city center in Türkiye and its immediate surroundings and the services provided to improve the air quality of the city. In this context, Denizli central districts (Pamukkale and Merkezefendi) and green areas located in the city center were taken as the study area. The adequacy of green areas was examined within the framework of the accessibility of the area and the population ratio of the neighborhoods. On the other hand, the benefits of green areas on some criteria of air quality were estimated through “i-Tree Canopy” software. According to the analysis results, only two of the active green areas are inaccessible. Of the 111 neighbourhoods within the study area boundaries, it was found that the amount of green space per capita was insufficient in only 11 neighbourhoods. In addition, it was determined that active green areas remove approximately 4.717.371 tons of carbon monoxide, 28.032.093 tons of Nitrogen Dioxide, 276.147.567 tons of ozone, 21.727.132 tons of Sulfur Dioxide, 12.564.544 tons of PM 2.5, 55.519.883 tons of PM10, 181.805 tons of carbon dioxide is captured and 213.603 tons of carbon dioxide is stored. With the study, the social adequacy of the green areas in Denizli city center was evaluated, while their ecological and economic contributions to the city were also revealed. The evaluations made will contribute to urban planning studies while revealing the current situation.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(11): 2146-2154, 2023

## Kentlerde Yeşil Alanların Yeterliliğinin ve I-Tree Canopy ile Hava Kalitesine Olan Katkılarının Belirlenmesi: Denizli Merkez İlçeleri ve Kent Merkezi Örneği

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 17.09.2023 Kabul : 18.10.2023</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Yeşil altyapı Hava kalitesi Yeşil alan yeterliliği i-Tree Canopy Erişilebilirlik</p>	<p>Çalışmanın amacı Denizli kent merkezi ve yakın çevresinde bulunan yeşil alanların yeterliliğinin ve kentin hava kalitesini arttırmaya yönelik sağladığı hizmetlerinin ölçülmesidir. Bu bağlamda çalışma alanı olarak Denizli merkez ilçeleri (Pamukkale ve Merkezefendi) ve kent merkezinde yer alan yeşil alanlar değerlendirme kapsamında ele alınmıştır. Yeşil alanların yeterliliği; alanın erişilebilirliği ve mahallelerin nüfus oranı çerçevesinde irdelenmiştir. Öte yandan yeşil alanların, hava kalitesinin bazı kriterleri üzerinde sağladığı faydalar “i-Tree Canopy” yazılımı aracılığıyla tahmin edilmiştir. Analiz sonuçlarına aktif yeşil alanlardan sadece iki tanesine erişilememektedir. Çalışma alanı sınırları içerisinde bulunan 111 mahalle içerisinde sadece 11 mahallede kişi başına düşen yeşil alan miktarının yeterli sınırın üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra aktif yeşil alanların yıllık yaklaşık 4.717.371 ton karbon monoksit, 28.032.093 ton Azot Dioksit, 276.147.567 ton ozon, 21.727.132 ton Küçük Dioksit, 12.564.544 ton PM 2,5, 55.519.883 ton PM10 uzaklaştırdığı, 181.805 ton karbondioksit tutulduğu ve 213.603 ton karbondioksit depolandığı tespit edilmiştir. Çalışma ile Denizli kent merkezindeki yeşil alanların sosyal açıdan yeterlilikleri değerlendirilirken, kente olan ekolojik ve ekonomik katkıları da ortaya konulmuştur. Yapılan değerlendirmeler mevcut durumu ortaya koyarken kent planlama çalışmalarına da katkı sağlayacaktır.</p>

<sup>a</sup> [duygudogan@pau.edu.tr](mailto:duygudogan@pau.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2865-0569>

<sup>b</sup> [mzengin@pau.edu.tr](mailto:mzengin@pau.edu.tr)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8528-7308>

<sup>c</sup> [sinemozdede@pau.edu.tr](mailto:sinemozdede@pau.edu.tr)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6887-085X>

<sup>d</sup> [fcyilmaz@pau.edu.tr](mailto:fcyilmaz@pau.edu.tr)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2381-4539>



## Giriş

Hızlı ve plansız kentleşme ile artan sorunlar doğal peyzajların ve kentlerin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Yeşil altyapı ise söz konusu sürdürülebilirliğin sağlanması için birkaç anahtar stratejiden biri olarak tanımlanmaktadır (Wang ve Banzhaf, 2018).

Avrupa Komisyonunun (2013) yayınladığı yeşil altyapı ile ilgili rapora göre yeşil altyapı, ekosistem hizmetlerini geniş bir çerçevede sunmak için tasarlanmış ve yönetilen diğer çevresel özellikleri ile stratejik olarak planlanmış doğal ve yarı doğal alanlar ağıdır. Yeşil alanları (veya su ekosistemleri söz konusuysa mavi) ve karasal (kıyı dahil) ve deniz alanlarındaki diğer fiziksel özellikleri içermektedir.

Kentsel yeşil altyapı önceleri şehirlerin estetiğini geliştirmek ve ardından yaşam alanlarını korumak ve rekreasyon sağlamak amacıyla ortaya çıkmış olsa da (Bekkouche, 1997; Badiu ve ark., 2019), günümüzde özellikle kentsel alanlarda gerek ekolojik (hava kirliliği, su yönetimi vb.), gerekse sosyo kültürel faydalarıyla ekosistem hizmetlerinin sağlanmasında rol oynamaktadır (Gómez-Baggethun ve Barton, 2013; Wang ve Banzhaf 2018). Sosyal etkileşim için önemli alanlar ve çeşitli hiyerarşilerde farklı kullanıcı grupları için fiziksel aktivite alanları sağlamanın (Gupta ve ark. 2016) yanı sıra sağlık ve bilişsel gelişim için fırsatlar da sağlamaktadır (Gómez-Baggethun ve Barton, 2013).

Kentsel alanlarda yeşil altyapı özellikle oluşan hava kirliliğini azaltma ve fiziksel aktivite için alanlar yaratma açısından önem taşımaktadır. Söz konusu hizmetleri sağlayabilmesi için kentte yaşayan insanlar açısından erişilebilir olması, kişi başına düşen aktif yeşil alan miktarının yeterli olması gerekmektedir. Bu sebeple çalışmanın amacı Denizli kent merkezindeki yeşil alanların yeterliliği; alanın erişilebilirliği ve mahallelerin nüfus oranı çerçevesinde irdelenmesi ve bu alanların kentin hava kalitesine katkısının belirlenmesidir.

Avrupa komisyonunun yaptığı tanımdan da anlaşılacağı üzere yeşil altyapı farklı ölçeklerde, farklı öğelerden (parklar, cep parkları, özel bahçeler, mezarlıklar, orman parkları, yeşil çatı ve duvarlar, ormanlar, kanallar, göller, milli parklar vs.) oluşmaktadır (The Landscape Institute, 2009). Çalışma kent ölçeğinde gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla çalışma kapsamında Denizli merkez ilçelerinde (Pamukkale ve Merkezefendi) erişilebilirlik ve kişi başına düşen yeşil alan miktarı kapsamında yeşil alt yapı öğelerinden parklar ve mesire alanları ele alınırken, çalışma alanı içerisine giren diğer tüm yeşil alanlar (orman, mezarlık, bahçeler, hobi bahçesi, mesire alanı ve parklar) hava kalitesine katkısı bağlamında ele alınmıştır.

## Erişilebilirlik

Burdziej, (2012)'e göre ise erişilebilirlik, bir yere seyahat maliyeti olarak tanımlanabilir (Burdziej, 2009) ve farklı birimlerle (örneğin mesafe, zaman, para) ifade edilebilir.

Erişilebilirlik pek çok açıdan önemli bir kavramdır. Burdziej (2012)'ye göre sağlık hizmetleri (Felder ve Brinkmann, 2002; Rosero-Bixby, 2004), parklar ve rekreasyon alanları (Erkip Beler, 1997; Perkins ve ark., 2004; Oh ve Jeong, 2007; Comber ve ark.,2008) ve diğer tesisler (Olvera ve ark., 2003; Burns ve Inglis, 2007) gibi

hizmetlere mekânsal olarak iyi ve eşit erişim hem belirli yaşam kalitesinin sağlanmasında hem de bir kent ya da bölgenin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında önemlidir. Bu nedenle, mekânsal planlama çerçevesinde kararlar alınırken erişilebilirlik göz önüne alınmalıdır (Burdziej, 2012).

Pred (1977)'e göre kentteki yaşam kalitesi doğal alanlara ve açık rekreasyon alanlarına erişilebilirlik ile ilişkilidir (Nichols 2001). Uluslararası düzeyde de kentlerdeki yeşil alanların erişilebilirliği, kentleri daha adil, esnek ve sürdürülebilir hale getirme konusunda en çok tartışılan göstergelerden biridir (Quatrini ve ark., 2019).

Yeşil alanlara erişilebilirlik, bu alanların kullanımını etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak tanımlanmaktadır (Wang ve ark., 2015). Yeşil alanlara yakınlık arttıkça ziyaret sıklığı da artmaktadır (Coles ve Caerio, 2001; Neuvonen ve ark., 2007; Anonim, 2020). Dolayısıyla yeşil alanların kent genelinde erişilebilirlik mesafesi içerisinde dengeli bir şekilde dağılması, rekreasyonel ihtiyaçların sağlanması açısından önemlidir (Bilgili ve ark., 2011). Tüm bu sebeplerle kentlerde yeşil alanların erişilebilirliği önemli bir faktördür.

## Hava kalitesi

Dünya iklimi sürekli olarak çeşitli faktörler sebebiyle değişime uğramaktadır. Bu faktörlerden bazıları; dünya yörüngesindeki değişimler, güneşin şiddeti ve yoğunluğundaki değişimler, okyanusların akıntısındaki değişimler, volkanik emisyonlar ve sera gazı konsantrasyonundaki değişimler olarak sıralanabilir (Florides ve Christodoulides, 2008). IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 20. yüzyılın ortalarından bu yana küresel ortalama sıcaklıklarda gözlenen artışın muhtemel sebebinin, yer yüzeyinin ısınmasına da yol açan artan antropojenik sera gazı konsantrasyonu olarak bildirmektedir.

Jayasooriya ve ark. (2017)'ye göre hava kalitesinin bozulması, kentsel bölgelerdeki topluluklar üzerinde vurgulanan ve uzun vadede insan sağlığı için tehlikeli sonuçlara neden olabilecek en önemli çevresel sorunlardan biridir (Faiz, 1993; Akbari ve ark., 2001; Akimoto, 2003; Wang ve ark., 2004) Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) 2020 Dünya Sağlık İstatistikleri raporuna göre, 2016 yılında 7 milyon kişi hava kirliliği sebebiyle hayatını kaybetmiştir (Global health estimates 2016, Burden of disease from household air pollution for 2016, Public health and environment [online database] 2020).

Kentsel alanlardaki başlıca hava kirleticilerini Nowak (1994) şu şekilde sıralamıştır;

- Ağırlıklı olarak otomobil kaynaklı Karbon Monoksit (CO)
- Esas olarak otomobillerden ve sabit yanma kaynaklarından kaynaklanan Azot Oksitler (NO<sub>x</sub>)
- Azot oksitinin (NO) temel öncü maddesi ve uçucu organik bileşikleri içeren kimyasal reaksiyonlarla oluşan ozon (O<sub>3</sub>)
- Çoğunlukla sabit yanma kaynakları ve madenlerin eritilmesiyle kaynaklanan emisyonlarla oluşan SO<sub>2</sub> (Sülfür dioksit)
- Partikül madde (PM)

Sera gazı etkisi; su buharı, karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), metan ve diğer atmosferik gazların kızılötesi radyasyonu emerek sıcaklığı yükseltmesi şeklinde tanımlanan bir olgudur. Bunların içinden CO<sub>2</sub> en önemli antropojenik sera gazı olması sebebiyle sera gazı etkisine neden olan ana etken olarak ön plana çıkmaktadır. (IPCC, 2007).

Partikül hava kirliliği değişken kökenli kimyasal bileşimlerden meydana gelen küçük ve büyük parçacıkların karışımıyla oluşmaktadır. 2,5 – 100 µm çap aralığındaki parçacıklar genellikle tarım, inşaat, araç trafiği, polen ve diğer doğal kaynaklardan oluşan toz sebebiyle oluşmaktadır. 2,5 µm çap genişliğinden küçük parçacıklar ise çoğunlukla fosil yakıtların tüketilmesiyle meydana gelmektedir. Bu küçük parçacıklar, araç egzozundan atılan kurumu içermekte ve genellikle çeşitli kimyasal kirleticiler veya metallerle kaplı durumdadırlar. Bu küçük partiküllerin sağlık üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Artan ölüm ve hastalık oranları solunan partiküllerle ilişkilendirilmektedir (Kumar ve Joseph, 2006).

Jayasooriya ve ark. (2017)'ye göre ağaçlar, çalılar, çimler, yeşil çatılar ve yeşil duvarlar gibi yeşil altyapı uygulamalarının, zararlı hava kirleticilerinin azaltılmasında ve şehirlerdeki Sera Gazı (GHG) emisyonlarının düzenlenmesinde etkili olduğu kanıtlanmıştır (Akbari ve ark., 2001; Tzoulas ve ark., 2007; Baró ve ark., 2014)

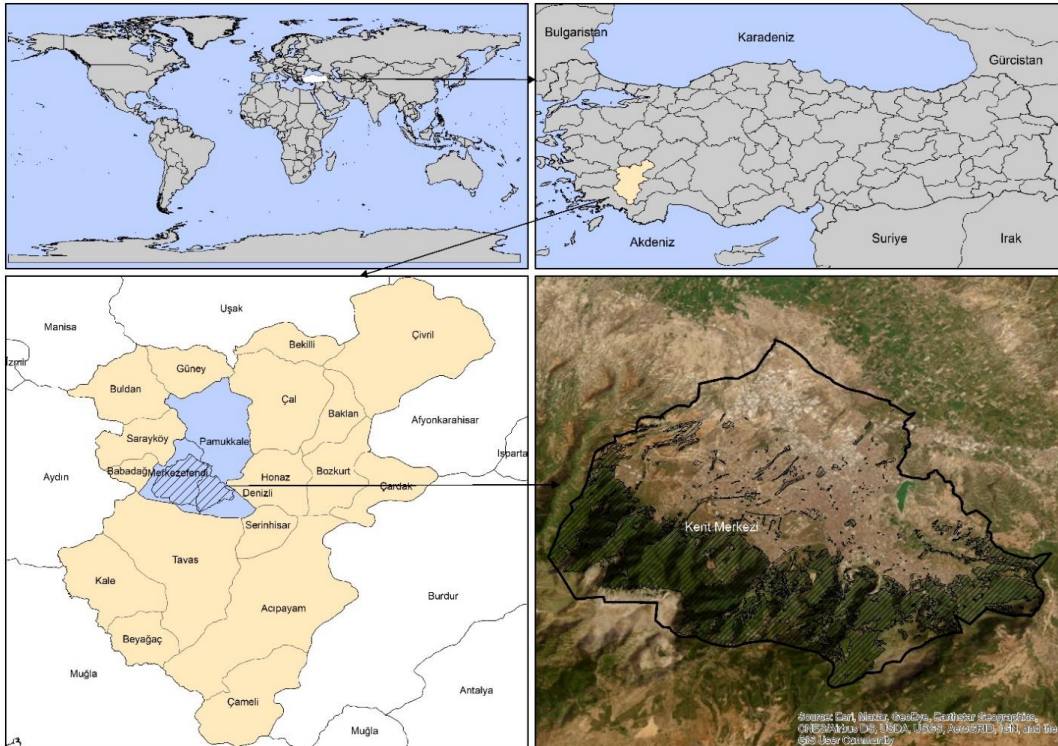
Ağaçlar gerek fotosentez sürecinde karbon tutumuyla gerekse karbonu biyokütle olarak depolamasıyla karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) için bir yutak niteliğindedirler (Nowak ve Crane, 2002). Öte yandan kent ağaçları gölgesiyle sağladığı soğutma etkisi gibi iklim iyileştirme etkileriyle binaların enerji kullanımını azaltmakta ve böylece CO<sub>2</sub> salınımı azalmaktadır. Bu durum kent ağaçlarının dolaylı faydası olarak tanımlanabilir (Akbari ve ark., 2001).

Jayasooriya ve ark. (2017)'ye göre atmosferdeki zararlı kirleticilerin etkilerini azaltmak için kentsel yeşil altyapı uygulamaları dünyadaki çeşitli kentsel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Nowak ve ark., 1998, Nowak ve ark., 2006; Yang ve ark., 2005a, Yang ve ark., 2005b)

## Materyal ve Yöntem

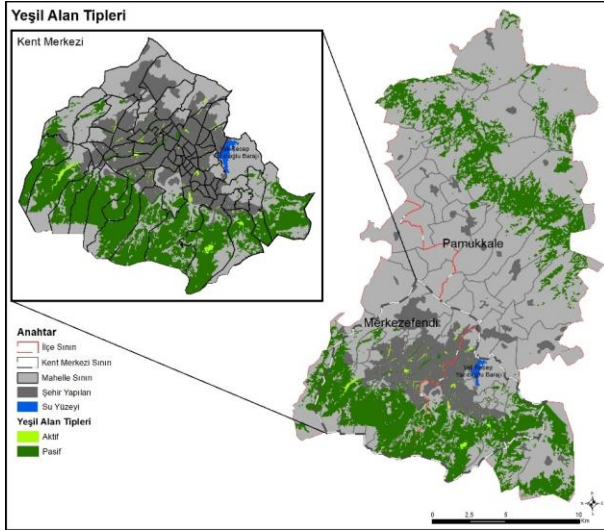
Çalışmanın ana materyalini Denizli merkez ilçeleri (Pamukkale ve Merkezefendi) ve kent merkezinde yer alan yeşil alanlar oluşturmaktadır. Söz konusu yeşil oğeler Denizli Büyükşehir Belediyesi online veri tabanı (Anomim, 2019), urban atlas (UA, 2019) ve sayısal ortamda belediyeden temin edilen verilerin uydu görüntüsü üzerinde doğrulanmasıyla elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında öncelikle çalışma alanı sınırı belirlenmiştir. Bu sınır Denizli merkez ilçeleri (Merkezefendi ve Pamukkale) sınırlarıdır (Şekil 1). Çalışmanın ikinci aşamasında çalışma alanı sınırı içerisinde yer alan yeşil alanlar (2019) belirlenmiştir. Söz konusu yeşil alanlar erişilebilirliğin ve kişi başına düşen yeşil alan miktarının ölçülebilmesi için aktif ve pasif olmak üzere iki kategoride değerlendirilmiştir (Şekil 2). Üçüncü aşamada yeşil alanların yeterliliğine (erişilebilirlik ve kişi başına düşen yeşil alan miktarı) ilişkin analizler yapılmıştır. Bu kapsamda erişilebilirlik ile ilgili yapılan çalışmalar ve standartlar incelenmiş ve analizin yapılabilmesi için gerekli mesafeler belirlenmiştir. Kişi başına düşen yeşil alan miktarının hesaplanmasında ise TÜİK (2019)'ten mahalleler bazında elde edilen nüfus verisinden yararlanılmıştır. Mevcut aktif yeşil alanlar elde edilen nüfus verisi ile oranlanarak kişi başına düşen yeşil alan miktarı hesaplanmıştır.



Şekil 1. Konum haritası  
Figure 1. Location map

Dördüncü aşamada yeşil alanların hava kalitesine etkisi hesaplanmıştır. Bunun için İ-Tree Canopy yazılımı kullanılmıştır. Çevrimiçi kullanıma sahip olan yazılım, çalışma sınırları içerisindeki ağaç örtüsü ve diğer arazi örtüsü sınıflarını oranının kolaylıkla ve doğruluk oranı yüksek biçimde tahmini için geliştirilmiştir. Kullanıcı tarafından arazi örtüsü sınıflarını (örneğin; su, yapı, ağaç vb.) belirleyip tanımlanmaktadır. Google Earth görüntüsü üzerinden çalışan bu yazılım, çalışma sınırları içerisinde rastgele noktalar atanmaktadır. Bu noktaların sayısı kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Kullanıcı atanan her bir noktanın arazi örtüsü sınıfını tayin etmektedir. Sınıflanan bu noktalar aracılığıyla her bir örtü sınıfının miktarı veya yüzdesinin istatistiksel tahmini, standart hatalarıyla birlikte yapılabilmektedir (ITC, 2020).



Şekil 2. Çalışma alanında yer alan yeşil alanlar ve sınıfları  
Figure 2. Green areas in the study area and their classes

Çizelge 1. Yazılım kapsamında ele alınan faydalar  
Table 1. Benefits covered by the software

CO	Yıllık Uzaklaştırılan Karbon Monoksit
NO <sub>2</sub>	Yıllık Uzaklaştırılan Azot Dioksit
O <sub>3</sub>	Yıllık Uzaklaştırılan Ozon
PM2.5	Yıllık Uzaklaştırılan 2,5 Mikrondan Küçük Partikül Madde Miktarı
SO <sub>2</sub>	Yıllık Uzaklaştırılan Kükürt Dioksit
PM10*	2,5 Mikrondan Daha Büyük ve 10 Mikrondan Küçük Partikül Madde Miktarı
CO <sub>2</sub> seq	Ağaçlarda Yıllık Olarak Tutulan Karbondioksit
CO <sub>2</sub> stor	Ağaçlarda Depolanan Karbondioksit

Çizelge 2. Yeşil alan miktarı ve nokta sayısı  
Table 2 Amount of green areas and number of points

Alan (ha)	Nokta sayısı
0-11000	2
11000-50000	2 ve 8 nokta arası eşit olarak arttırılmıştır.
50000-100000	10
100000-150000	13
150000-200000	16
>200000	Her 100000'de 3 nokta arttırılmıştır

Yazılımın çalışma sistematığından de anlaşılacağı üzere, rastgele atılan nokta sayısı arttıkça tahminin doğruluk payı artmakta, standart sapması azalmaktadır. Eğer çok az sayıda nokta sınıflanırsa, tahminin belirsizliğini işaret edebilecek seviyede yüksek bir standart sapma değeriyle karşı karşıya kalınmaktadır (ITC, 2020).

Yazılımın en önemli amacı ağaç örtüsünün sağladığı faydaların miktar ve ekonomik değer bazında ortaya konulmasıdır. Bu bağlamda, sınıflanan arazi örtülerinin çalışma alanı içindeki miktarlarının tahminini temel girdi olarak kullanılmaktadır. Öte yandan yazılım kapsamında Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada eyaletleri çerçevesinde belirlenen sabitler bir diğer girdi olarak kullanılmaktadır. Yazılım kapsamında ele alınan faydalar sekiz kategoride ele alınmaktadır (Çizelge1).

Çalışma kapsamında kullanıcı tarafından atanacak nokta sayısı belirlenirken en düşük alanda (hektar) iki nokta olarak alınmış ve belirli aralıklarda nokta sayısı arttırılmıştır (Çizelge2). Bu konu değerlerin istatistiksel olarak en doğru şekilde ölçülebilmesi açısından önemlidir. Bu yüzden alan arttıkça nokta sayısı da arttırılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanı sınırları içerisinde 111 mahalle bulunmaktadır. Bunlardan 73 tanesi kent merkezindedir. Çalışma alanı sınırları içerinden bulunan yeşil alanlar park sınıflamalarına göre aktif ve pasif yeşil alan olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 2). Bu sınıflamaya 111 mahalleden 57'sinde aktif yeşil alan bulunmaktadır. Söz konusu aktif yeşil alanları 55'i kent merkezinde 2'si ise kent merkezi dışında kalan mahallerde (Akköy ve Irlıganlı) bulunmaktadır.

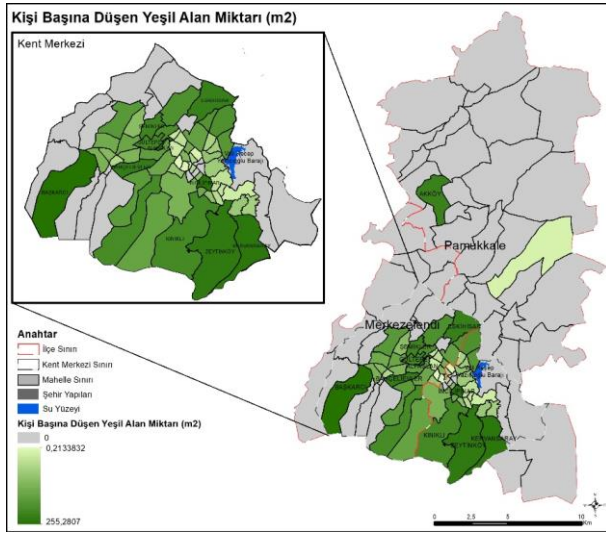
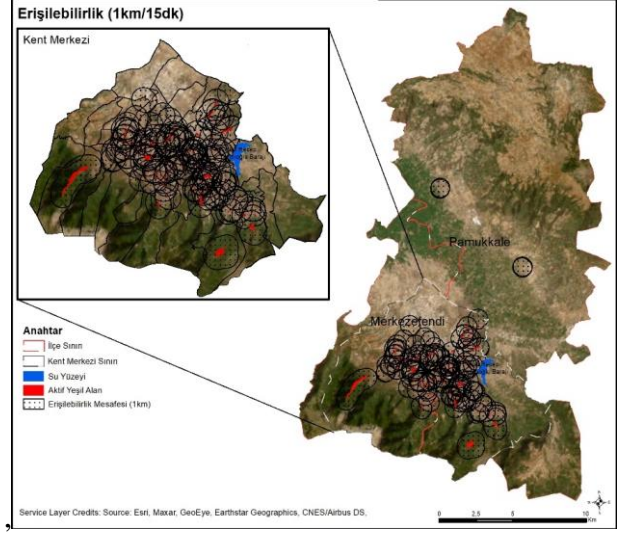
Kişi başına düşen yeşil alan miktarı analizinde 2.11.1985/18916 sayılı Mükerrer R.G. "İmar Planı Yapılması ve Değişikliklerine Ait Esaslara Dair Yönetmelik"te belirtilen kriterler göz önüne alınmıştır. Söz konusu yönetmeliğe göre kentsel alanlarda kişi başına düşen aktif yeşil alan değeri en az 10 m<sup>2</sup>, belediye ve mücavir alan sınırları dışında ise kişi başına en az 14 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Bu kriterler dikkate alınarak çalışma alanında yer alan aktif yeşil alanlar göz önüne alınarak kişi başına düşen yeşil alan miktarı mahalle bazında değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda, Kınıklı, İncilipınar, Kervansaray, Eskihişar, Gültepe, Zeytinköy, Şemikler, Alpaslan, Başkarcı, Bahçelievler ve Akköy Mahallerinde kişi başına düşen aktif yeşil alan miktarının 10 m<sup>2</sup> nin üstüne çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 3). Aktif yeşil alan bulunan mahallelere ait nüfus ve kişi başına düşen yeşil alan miktarı Çizelge 3'te verilmiştir.

Çalışmada ayrıca aktif yeşil alanlara olan erişilebilirlik durumu da analiz edilmiştir. Erişilebilirlik Avrupa komisyonu raporunda belirtildiği üzere 15 dakikalık yürüme mesafesine (Öner ve Polat, 2012) göre belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeye göre Ornaz vadisi ve Bağbaşı yaylası dışındaki tüm aktif yeşil alanlar 15 dakikalık yürüme mesafesiyle erişilebilir durumdadır. Söz konusu iki alana ise buldukları konum ve topografik yapı nedeniyle araçla (teleferik vb.) erişim sağlanabilmektedir (Şekil 4).



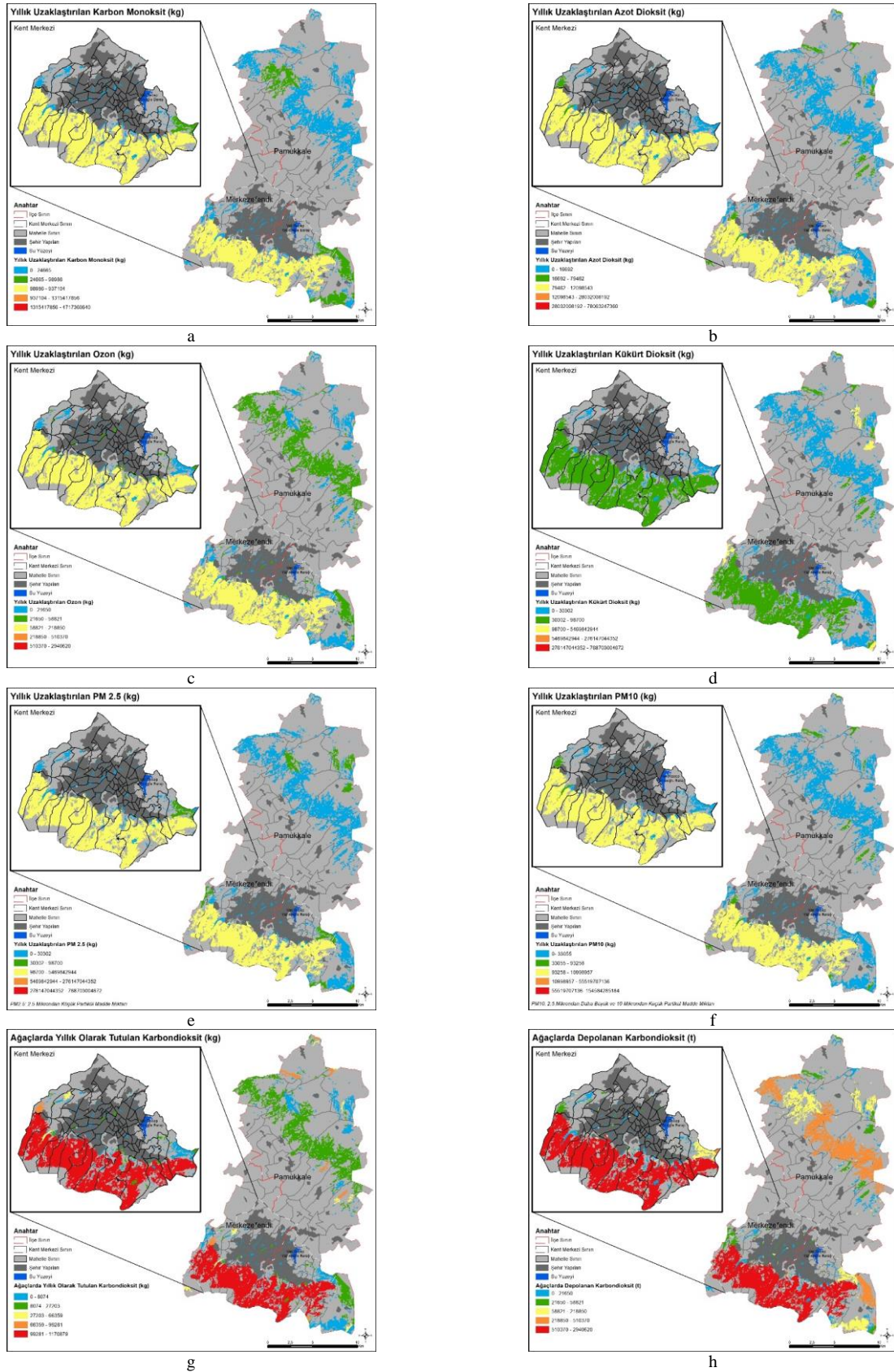
Çizelge 1 Mahallere göre kişi başına düşen aktif yeşil alan miktarı (m<sup>2</sup>)Table 1 Amount of active green area per capita by neighbourhood (m<sup>2</sup>)

Mahalle Adı	Nüfus (2019)	Kişi Başına Düşen Yeşil Alan Miktarı	Mahalle Adı	Nüfus (2019)	Kişi Başına Düşen Yeşil Alan Miktarı
Başkarcı	2.858	255,2807	Adalet	18.305	2,950165
İncilipınar	2.815	50,55164	Sırapapılar	8.206	2,538032
Kervansaray	7.416	27,73243	1200 Evler	6.045	2,531883
Zeytinköy	14.888	26,86215	Yenişafak	6.702	2,310989
Alpaslan	2.274	24,06671	İstiklal	9.352	1,870885
Bahçelievler	21.807	21,80732	Yunusemre	6.422	1,83744
Eskihisar	80.968	20,96891	Deliktaş	11.798	1,629757
Akköy	338	16,1	Karaman	21.100	1,409476
Şemikler	1.361	11,95619	Bağbaşı	11.837	1,312587
Gültepe	11.293	10,36277	Fatih	15.630	1,24441
Kınıklı	16.969	10,08043	Anafartalar	9.677	1,209046
Servergazi	11.410	8,384582	Zümrüt	6.145	1,084347
Gümüştay	5.235	8,058791	Dokuzkavaklar	14.927	1,067423
Akçeşme	1.330	7,836722	15 Mayıs	7.428	0,999554
Karşıyaka	15.131	7,589787	Bereketler	1.250	0,832266
Sevindik	11.624	7,01638	Atalar	8.121	0,820664
Aktepe	13.030	6,922238	Asmahevler	4.899	0,810106
Karahasanlı	13.437	6,48497	İlbade	6.766	0,663752
Yenişehir	12.548	6,301934	Cumhuriyet	8.639	0,64534
Mehmet Akif Ersoy	13.546	6,095657	Hürriyet	4.086	0,62718
Sümer	11.444	5,224983	Yeni	7.180	0,598112
Gerzele	12.756	5,11979	Muratdede	15.083	0,507113
Selçuk Bey	15.095	4,738542	Kayhan	5.153	0,396453
Merkez Efendi	10.799	3,758822	Altıntop	3.456	0,336493
Siteler	7.201	3,636208	Irgıtanlı	15.805	0,27
Çakmak	5865	3,564866	Topraklık	15735	0,268286
Saraylar	2253	3,465181	Değirmenönü	17379	0,262783
Hallaçlar	1294	3,36753	Akkonak	16616	0,213383
Mehmetçik	15724	3,002172			

Şekil 3. Kişi başına düşen aktif yeşil alan miktarı  
Figure 3. Amount of active green area per capitaŞekil 4 Aktif yeşil alanlara erişilebilirlik durumu  
Figure 4 Accessibility to active green areas

Çalışma kapsamında yeşil alanların yaklaşık yıllık olarak hava kalitesine (Şekil 5a, Şekil 5b, Şekil 5c, Şekil 5d, Şekil 5e, Şekil 5f, Şekil 5g, Şekil 5h) ve ekonomiye katkısı İ-Tree Canopy yazılımı ile yapılan analiz ile belirlenmiştir. Sonuçlar yazılımın ölçtüğü sekiz kategori kapsamında değerlendirilmiştir. Analiz sonucuna göre çalışma alanı genelinde ve kent merkezi sınırlarında yapılan ölçüm sonuçları aktif yeşil alan, pasif yeşil alan ve toplam olmak üzere Çizelge 4'te verilmiştir.

Çalışma alanında aktif yeşil alanlar kent merkezinde yoğunlaşmıştır. Kent merkezi haricinde sadece iki mahallede aktif yeşil alan bulunmaktadır ve bu alanlarda karbon tutulumu ve karbon depolama ölçümleri hariç anlamlı bir sonuç çıkmamıştır. Bu durum ilçe genelindeki ve kent merkezinde karbon tutulumu ve karbon depolama ölçümleri dışındaki değerlerin aynı olmasına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 5. Yeşil alanların hava kalitesine katkısı

(a) Yıllık Uzaklaştırılan Karbon Monoksit (b) Yıllık Uzaklaştırılan Azot Dioksit (c) Yıllık Uzaklaştırılan Ozon (d) Yıllık Uzaklaştırılan Kükürt Dioksit (e) Yıllık Uzaklaştırılan 2,5 Mikron'dan Küçük Partikül Madde Miktarı (f) 2,5 Mikron'dan Daha Büyük ve 10 Mikron'dan Küçük Partikül Madde Miktarı (g) Ağaçlarda Yıllık Olarak Tutulan Karbondioksit (h) Ağaçlarda Depolanan Karbondioksit

Figure 5. Contribution of green areas to air quality

(a) Carbon Monoxide removed annually (b) Nitrogen Dioxide removed annually (c) Ozone removed annually (d) Sulphur Dioxide removed annually (e) Particulate Matter smaller than 2.5 Microns removed annually (f) Particulate Matter larger than 2.5 Microns and smaller than 10 Microns (g) Carbon Dioxide sequestered in trees annually (h) Carbon Dioxide stored in trees

Çizelge 4 Çalışma alanı ve kent merkezi sınırlarına göre yeşil alanların hava kalitesine ve ekonomiye katkısı

Table 4 Contribution of green areas to air quality and economy according to the study area and city centre boundaries

Yapılan ölçümler	İlçeler Sınırı					
	Aktif Yeşil Alan		Pasif Yeşil Alan		Toplam	
	Hava Kalitesi (Ton)	Ekonomik Katkı (USD)	Hava Kalitesi (Ton)	Ekonomik Katkı (USD)	Hava Kalitesi (Ton)	Ekonomik Katkı (USD)
Alan (m <sup>2</sup> )	3.406.567		290.071.200		293.477.767	
CO	4.717.371	153	1.317.070	375	6.034.441	528
NO <sub>2</sub>	28.032.093	30	78.077.297	4585	106.109.391	4.615
O <sub>3</sub>	276.147.567	24.017	774.182.760	233.348	1.050.330.328	257.364
SO <sub>2</sub>	21.727.132	7	60.465.662	167.325	82.192.794	167.333
PM2.5	12.564.544	2.570	35.021.177	386.123	47.585.722	388.693
PM10	55.519.883	763	154.598.784	965.358	210.118.667	966.121
CO <sub>2</sub> seq	181.805	92.756	518.300	13.908.144	700.105	14.000.900
CO <sub>2</sub> stor	213.603	2.329.448	2.437.788	349.310.527	2.651.391	351.639.972
Yapılan ölçümler	Kent Merkezi Sınırı					
	Aktif Yeşil Alan		Pasif Yeşil Alan		Toplam	
	Hava Kalitesi (Ton)	Ekonomik Katkı (USD)	Hava Kalitesi (Ton)	Ekonomik Katkı (USD)	Hava Kalitesi (Ton)	Ekonomik Katkı (USD)
Alan (ha.)	3.396.831		109.555.300		112.952.118	
CO	4.717.371	153	1.144.590	153	4.718.515	306
NO <sub>2</sub>	28.032.093	30	12.446	2.427	28.044.539	2.457
O <sub>3</sub>	276.147.566	24.002	5.472.657	61.827	28.162.022	85.829
SO <sub>2</sub>	21.727.132	7	392	276	21.727.524	283
PM2.5	12.564.544	2.541	2.788	175.611	12.567.332	178.152
PM10	55.519.882	755	11.689	53.504	55.531.572	54.259
CO <sub>2</sub> seq	181.781	92.755	220.108	5.991.888	401.889	6.084.643
CO <sub>2</sub> stor	2.130	2.303.985	8724	148.490.047	10.854	150.794.032

Yapılan analiz sonuçlarına göre değerlendiren sekiz kategoride de en yüksek değerlerin pasif yeşil alanlara ait olduğu görülmektedir.

Kentlerde yeşil alanların yeterliliği konusu erişilebilirlik, kişi başına düşen yeşil alan miktarı ve ekolojik (çalışma kapsamında hava kalitesi olarak ele alınmıştır) katkı anlamında değerlendirilmelidir. Denizli kentinin aktif yeşil alan açısından yeterliliği erişilebilirlik ve kişi başına düşen yeşil alan miktarı açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kentin hemen her yerinden 15 dk'lık yürüme mesafesinde aktif yeşil alana ulaşmak mümkündür. Yeşil alana erişim tüm kentte sağlanmaktadır. Ancak yeşil alanlar erişilebilir olmasına karşın kişi başına düşen yeşil alan miktarı bakımından yetersizdir. Özellikle nüfusun yoğunlaştığı kent merkezinde kişi başına düşen yeşil alan miktarı az olduğu tespit edilmiştir. Mahalleler bazında değerlendirildiğinde hem ekolojik hem de rekreasyonel anlamda yeşil alan varlığı bakımından eşitsizlik olduğu ortaya çıkmaktadır Söz konusu eşitsizlik kente ilişkin yapılacak imar planlarında göz önüne alınarak, erişilebilirlik ve kişi başına düşen yeşil alan miktarı dağılımı dengeli bir şekilde yapılmalıdır.

Çalışma kapsamında özellikle aktif yeşil alanlar üzerinde durulmuştur. Bunun sebebi bu alanların insanlara aktif olarak kullanabilecekleri mekanlar oluşturmasıdır. Pasif yeşil alanlar her ne kadar ekolojik, ekonomik ve görsel anlamda fayda sağlasalar da toplumun tamamına hitap edecek rekreasyonel kullanıma uygun bir mekân sağlamamaktadır. Bunun yanı sıra pasif alanlar daha çok kirletici etmen tutma kapasitesine sahip olsalar da çoğunlukla kirletici etmenlere uzak konumda

bulunmaktadır. Kirletici kaynağından uzaklaştıkça kaynağın etkinliği azalmaktadır (Kopar ve Zengin, 2009). Dolayısı ile kentteki hava kirliliğinin azaltılmasında pasif alanların rolü kent merkezindeki aktif yeşil alanlara göre azalmaktadır. Bu kapsamda pasif yeşil alanlar korunmak üzere öncelikle kirletici kaynaklarına yakın konumdaki aktif yeşil alanların sayısı, alanı ve kalitesi artırılmalıdır.

Çalışma kapsamında kullanılan i-Tree Canopy yazılımı Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada eyaletleri çerçevesinde belirlenen sabit girdi değerlerini kullanmaktadır. Yazılım içerisinde Türkiye'ye ilişkin sabit girdi değerleri bulunmadığından coğrafi benzerlik açısından en uygun yer seçilerek analizler yapılmıştır. Bunun yanı sıra alanlara atanacak nokta sayısı belirlenmesi herhangi bir standarta bağlı değildir. Bu noktada uzman alana ilişkin özellikleri (toplama alan, yeşil alan büyüklüğü, yeşil alanların içerisindeki yeşil dokunun dağılımı vs.) dikkate alarak atanacak nokta sayısını belirlemesi önemlidir. Çalışma kapsamında sözü geçen özellikler dikkate alınarak atanacak nokta sayısı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Denizli İklim Değişikliği Eylem Planı raporuna göre 2016 yılı için Denizli ilinin toplam sera gazı emisyonları yaklaşık 7,5 milyon ton CO<sub>2</sub>e olarak hesaplanmıştır. Söz konusu CO<sub>2</sub> emisyonun yaklaşık 3.351.496 tonunu çalışma alanı bütünündeki yeşil alanlar tutarak hava kalitesine katkı sağlamaktadır. Kentin güneyinde yer alan maki örtüsü, hava kalitesi açısından en önemli alanlar niteliğindedir. Kentsel yayılım sebebiyle oluşabilecek herhangi bir parçalamaya karşı bu alanlar mutlaka korunmaya gereken alanlar niteliğindedir.

Yeşil alanlara erişim analizi için Avrupa komisyonu raporunda belirtildiği 15 dakikalık (yaklaşık 1 km) yürüme mesafesi kullanılmıştır. Fakat yeşil alanlar büyüklükleri, barındırdıkları rekreatif olanaklar, hizmet alanları (ne kadar mesafede ulaşılabilirliği), hizmet ettikleri nüfus (çocuk, mahalle, kent, bölge) ve sayısı açısından farklılık göstermektedir. Dolayısıyla erişim olanakları (araç, toplu taşıma, yürüme vs.) ve mesafeleri de bu kriterlere göre değişmektedir. Bazı ülkelerde (Amerika, Kore, Belçika vs.) yeşil alanlara ilişkin standartlar (yeşil alanların büyüklükleri, barındırdıkları rekreatif olanaklar, hizmet alanları, hizmet ettikleri nüfus (çocuk, mahalle, kent) vb.) oluşturulmuştur (Gupta ve ark., 2016). Ülkemizde böyle bir standart bulunmamaktadır. Ülkemizde de bu standartların ilgili uzmanların yapacakları bilimsel çalışmalarla tespiti oldukça önem arz etmektedir. Bu standartların ortaya konulması ile daha hassas ve doğru yaklaşımlarla çalışmaların yapılabilmesi sağlanmış olacaktır.

Yapılan analizler kapsamında belirtildiği gibi partiküllerin havadan uzaklaştırılması sadece ekolojik değil ekonomik anlamda da önemlidir. Mevcut yeşil altyapının ekonomik olarak getirdiği katkı da göz ardı edilemeyecek derecede büyüktür.

Yeşil altyapı iki önemli kavramdan bahsetmektedir. Bunlardan biri, parkları ve diğer yeşil alanları insanların yararına birbirine bağlamak; diğeri ise, biyoçeşitlilik ve habitat parçalanmasına karşı fayda sağlamak için doğal alanları korumak ve bağlamaktır (Benedict ve McMahon, 2002). Dolayısıyla yeşil alanların birbirleriyle bağlantılılığı da bir o kadar önemlidir. Bu bağlamda kentlerde yeşil altyapı planlanırken bağlantılılık sağlanması hem ekolojik hem de sosyal açıdan yaşam kalitesine olumlu bir etki sağlamaktadır. Bu sayede kişi, herhangi bir noktadan yeşil ağ sistemine eriştiğinde kendisine en yakın yeşil alana erişebilmenin ötesinde imkânlar bulacaktır. Böylece sosyal adaletsizliğin giderilmesinde de önemli bir katkı elde edilecektir.

Bunun yanı sıra kentlerdeki yeşil altyapı öğelerinde kullanılan bitki çeşitliliği de ekolojik anlamda önem taşımaktadır. Gerek hava kalitesinin artırılması gerekse fauna çeşitliliği açısından kullanılan bitki türlerinin seçimi ayrıca planlaması gereken bir unsurdur.

Sosyo-kültürel anlamda ise, özellikle parkların kent içinde kolay ulaşılabilir noktalarda olması ve rekreasyon açısından çeşitlilik barındırması, yeşil alanların kullanılabilirliğinin artırmasını sağlayacaktır. Dolayısıyla kentin bu anlamda refahının da artması açısından önemlidir.

Kentlerde oluşturulacak yeşil altyapının kentteki mekânsal dağılımı erişilebilirlik, kişi başına düşen yeşil alan miktarı ve hava kalitesinin korunması açısından önemlidir. Bu bağlamda yapılacak planlama çalışmalarında hava kalitesi ölçüm, nüfus yoğunluğu ve erişilebilirlikle ilgili yapılacak hem mevcut durum hem de ileriye yönelik projeksiyonlarla ilgili modellemelere yer verilmesi ve yeşil altyapının bu modellemeler göz önüne alınarak planlanması sağlıklı ve yaşanabilir kentler oluşturulacaktır.

Günümüzde kentlerin ekolojik, ekonomik ve sosyal açıdan sürdürülebilirliği önemli bir sorun haline gelmiştir. Yeşil altyapı çalışmalarının kente söz konusu açılardan katkısı yadsınamaz bir gerçektir. Bu kapsamda yeşil

altyapının mekânsal olarak planlaması çözümün bir parçası olacaktır

## Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Peyzajları 3.Ulusal Konferansı "Yeşil Altyapı- Green Infrastructure" (7 - 8 - 9 Kasım 2019, Antalya)nda sunulmuştur.

## Kaynaklar

- Akbari H, Pomerantz M, Taha H. 2001. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Sol Energy*. 70:295–310. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X)
- Akimoto H. 2003. Global air quality and pollution. *Science* 302, 1716–1719. 10.1126/science.1092666
- Anonim. 2019. <https://adres.denizli.bel.tr/sorumluluk/#> Erişim Tarihi:12.09.2019
- Anonim. 2020.<https://www.nrpa.org/> Erişim Tarihi:20.07.2020
- Avrupa Komisyonu. 2013. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe's Natural Capital. COM (2013) 249 final, Brussels, 2013 11 p. Flynn KM.
- Badiu DL, Nita A, Iojă CI, Niță MR. 2019. Disentangling the connections: A network analysis of approaches to urban green infrastructure. *Urban Forestry & Urban Greening* 41 (2019) 211–220 <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.04.013>
- Baró F, Chaparro L, Gómez-Baggethun E, Langemeyer J, Nowak DJ, Terradas, J. 2014. Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: the case of urban forests in Barcelona, Spain. *Ambio* 43 (4),466–479. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0507-x>
- Bekkouche A. 1997. L'espace vert urbain public: entre pratique et conception. *Insaniyat - Revue algerienne d'anthropologie et de science social*. Espace habites, 2, 59-76.
- Benedict MA, McMahon ET. 2002. Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century *Renewable Resources Journal*, 20 (3) (2002), pp. 12-17
- Bilgili BC, Şahin, AÇK. 2011. Van Kenti Kamusal Yeşil Alanlarının Yeterliliğinin Ulaşılabilirlik Yönünden Değerlendirilmesi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 21 (2), 98-103. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyutbd/issue/21980/236007>
- Burden of disease from household air pollution for 2016. Geneva: World Health Organization; 2018 ([https://www.who.int/airpollution/data/HAP\\_BoD\\_results\\_May2018\\_final.pdf](https://www.who.int/airpollution/data/HAP_BoD_results_May2018_final.pdf), accessed 20 April 2020).
- Burdziej J. 2012. A Web-based spatial decision support system for accessibility analysis—concepts and methods. *Appl Geomat* 4, 75–84 (2012). <https://doi.org/10.1007/s12518-011-0057-x>
- Burdziej J. 2009. Multi-criteria spatial analysis of land accessibility for seismic operations. *Annals of Geomatics* 2(32):23–32
- Burns CM, Inglis AD. 2007, Measuring food access in Melbourne: access to healthy and fast foods by car, bus and foot in an urban municipality in Melbourne. *Health & place*, vol. 13, no. 4, pp. 877–885 <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2007.02.005>
- Comber A, Brunsdon C, Green E. 2008. Using a GIS-based network analysis to determine urban greenspace accessibility for different ethnic and religious groups. *Landscape and Urban Planning*, vol. 86, no. 1, pp. 103–114.
- Dünya Sağlık Örgütü. 2020: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: World Health Organization; 2020. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.



- Erkip Beler F. 1997, The distribution of urban public services: the case of parks and recreational services in Ankara', *Cities*, vol. 14, issue 6, pp. 353-361. 10.1126/science.1092666 [https://doi.org/10.1016/S0264-2751\(97\)00026-7](https://doi.org/10.1016/S0264-2751(97)00026-7)
- Faiz A. 1993. Automotive emissions in developing countries-relative implications for global warming: acidification and urban air quality. *Transp. Res. A: Policy Pract.* 27, 167–186. [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(93\)90057-R](https://doi.org/10.1016/0965-8564(93)90057-R)
- Felder S, Brinkmann H. 2002, Spatial allocation of emergency medical services: minimising the death rate or providing equal access, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 32, no. 1 (2002), pp. 27–45. [https://doi.org/10.1016/S0166-0462\(01\)00074-6](https://doi.org/10.1016/S0166-0462(01)00074-6)
- Florides GA, Christodoulides P. 2008. Global warming and carbon dioxide through sciences. *Environment International* 35 (2009) 390. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.07.007>
- Global health estimates. 2016: deaths by cause, age, sex, by country and by region, 2000-2016. Geneva, World Health Organization; 2018 ([https://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/estimates/en/](https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/estimates/en/), accessed 20 April 2020).
- Gómez-Baggethun E, Barton DN. 2013. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- Gupta K, Roy A, Luthra K, Maithani S, Mahavir. 2016. GIS based analysis for assessing the accessibility at hierarchical levels of urban green spaces *Urban Forestry & Urban Greening* 18 (2016) 198–211 <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.06.005>
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007 Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- ITC. 2020 – i-Tree Canopy 2020. The Technical Notes of Software. U.S. Forest Service and Davey Tree Expert Company Cooperation. Available online: <https://canopy.itreetools.org/references>
- Jayasooriya VM, AWM, Ng, Muthukumaran S, Perera BJC. 2017. Green infrastructure practices for improvement of urban air quality. *Urban Forestry & Urban Greening* 21 (2017) 34–47. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.007>
- Kopar İ, Zengin M. 2009. Coğrafi Faktörlere Bağlı Olarak Erzurum Kentinde Hava Kalitesinin Zamansal ve Mekânsal Değişiminin Belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 0 (53), 51-69. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/tcd/issue/21228/228416>
- Kumar R, Joseph AE. 2006 Air pollution concentrations of PM2.5, PM10 and NO2 at ambient and Kerbsite and their correlation in metro city--Mumbai. *Environ Monit Assess.* 2006 Aug;119(1-3):191-9. doi: 10.1007/s10661-005-9022-7. Epub 2006 Mar 16. PMID: 16541301.
- Nicholls S. 2001. Measuring the accessibility and equity of public parks: a case study using GIS *Managing Leisure* 6, 201–219 (2001)
- Nowak DJ, Crane DE. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*. 116 (2002), ss 381-389. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00214-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00214-7)
- Nowak DJ. 1994. Air Pollution Removal by Chicago's Urban Forest. *Chicago's Urban Forest Ecosystem, Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*, pp. 63–81.
- Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC. 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban For. Urban Green.* 4, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>
- Nowak DJ, Mchale PJ, Ibarra M, Crane D, Stevens JC, Luley CJ. 1998. Modeling the Effects of Urban Vegetation on Air Pollution. *Air Pollution Modeling and Its Application XII*. Springer, pp. 399–407.
- Oh K, Jeong S. 2007, Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS, *Landscape and urban planning*, vol. 82, pp. 25–32 <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.014>
- Olvera LD, Plat D, Pochet P. 2003, Transportation conditions and access to services in a context of urban sprawl and deregulation. The case of Dar es Salaam. *Transport policy*, vol. 10, no. 4, pp. 287–298. Doi:10.1016/S0967-070X(03)00056-8
- Önder S, Polat AT. 2012. Kentsel Açık-Yeşil Alanların Kent Yaşamındaki Yeri ve Önemi. *Kentsel Peyzaj Alanlarının Oluşumu ve Bakım Esasları Semineri 19 Mayıs 2012 / Konya*
- Perkins HA, Heynen N, Wilson J. 2004, Inequitable access to urban reforestation: the impact of urban political economy on housing tenure and urban forests. *Cities*, vol. 21, no. 4, pp. 291–299. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2004.04.002>
- Pred A. 1977. *City Systems in Advanced Economies*, London, England, Hutchinson.
- Public health and environment [online database], Global Health Observatory (GHO) data. Geneva: World Health Organization (<https://www.who.int/data/gho/data/themes/public-health-and-environment/GHO/public-health-and-environment>, accessed 20 April 2020).
- Quatrini V, Tomao A, Corona P, Ferrari B, Masini E, Agrimi M. 2019. Is new always better than old? Accessibility and usability of the urban green areas of the municipality of Rome, *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 37, 2019, Pages 126-134, ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.07.015>
- Rosero-Bixby L. 2004. Spatial access to health care in Costa Rica and its equity: a GIS-based study, *Social Science & Medicine*, vol. 58, no. 7, pp. 1271–1284. DOI: 10.1016/S0277-9536(03)00322-8
- The Landscape Institute. 2019 Landscape Institute. Green infrastructure: connected and multifunctional landscape-Position document, London: Landscape Institute. <https://landscapewpstorage01.blob.core.windows.net/www-landscapeinstitute-org/2016/03/GreenInfrastructurepositionstatement13May09.pdf> Erişim tarihi: 29.06.2020
- TÜİK. 2019. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> Erişim tarihi: 04.11.2019
- Tzoulas K, Korpela K, Venn S, Yli-Pelkonen V, Ka'zmierczak A, Niemela J, James P. 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: a literature review. *Landscape Urban Plann.* 81, 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
- UA. 2019– Urban Atlas 2019. Copernicus The European Earth Observation Programme. Available online: <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>
- Wang D, Brown G, Liu Y. 2015. The physical and non-physical factors that influence perceived access to urban parks, *Landscape and Urban Planning*, Volume 133, 2015, Pages 53-66, ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.09.007>
- Wang J, Banzhaf E. 2018 Towards a better understanding of Green Infrastructure: A critical review. *Ecological Indicators* 85 (2018) 758–772 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.018>
- Wang Z, Bai Z, Yu H, Zhang J, Zhu T. 2004. Regulatory standards related to building energy conservation and indoor-air-quality during rapid urbanization in China. *Energy Build.* 36, 1299–1308. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2003.09.013>
- Yang J, McBride J, Zhou J, Sun Z. 2005a. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban For. Urban Green.* 3, 65–78. DOI: 10.1016/j.ufug.2004.09.001
- Yang T, Matus K, Paltsev S, Reilly J. 2005b. Economic benefits of air pollution regulation in the USA: An integrated approach. MIT JPSPGC Rep. 113, 26.