

Düzenleyici Ekosistem Hizmetlerinden Hava Kalitesinin Efeler -Aydın Örneğinde İncelenmesi

Ebru Ersoy TONYALOĞLU*¹ , Birsen KESGİN ATAK² , Muhammet YİĞİT¹ ¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Güney Kampüs, Aydın, Türkiye² İzmir Demokrasi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İzmir, Türkiye

Öz: Bu çalışmanın amacı, Aydın ilinin en yoğun yapılaşmanın olduğu Efeler ilçesinde ağaç ve boylu çalıların oluşturduğu bitki taç örtüsünün hava kalitesinin iyileştirilmesi açısından düzenleyici ekosistem hizmetlerine katkısı ve Efeler ilçesindeki bu katkıların ekonomik tahmininin değerlendirilmesidir. Çalışmada bu ölçümler için i-Tree canopy v7.0 uygulaması kullanılmıştır. Çalışmada, Aydın İli Efeler ilçesinin 6 merkez mahallesinde 7 arazi örtüsü tipi ve dağılımları belirlenerek, her bir sınıf için rastgele toplam 6,500 nokta atanmıştır. Çalışma sonucunda, çalışma alanının %14.22'sini kaplayan taç örtüsünün havadan toplam 2,851.98 kg kirlenici gaz ve partikül uzaklaştırdığı, yıllık olarak taç örtüsü tarafından yakalanan karbon miktarı 101.56 ton, taç örtüsünün depoladığı toplam karbon miktarı ise 2,550.49 ton olarak tahmin edilmiştir. Bitki örtüsü her ne kadar parçalı ve dağınık yapıya sahip olsa da her bir ağacın ve boylu çalının kirlenici gazların havadan uzaklaştırılması, havadaki partiküllerin tutulması ve havadan uzaklaştırılmasına büyük katkılar sunmaktadır. Bu bağlamda, gelecek yıllarda seçilen bölgede açık-yeşil alan miktarının ve kalitesinin artırılması, ağaç ve boylu çalıların korunması ve çeşitliliğinin artırılması, bu alanlardan sağlanan ekosistem hizmetlerinin de artacağı ve bu bölgede yaşayan insanların bütçelerinin yanı sıra kent ekonomisine de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Düzenleyici ekosistem hizmetleri, Efeler-Aydın, Hava kalitesi, i-Tree, Taç örtüsü

Assessment of Air Quality as a Regulating Ecosystem Services in the Case of Efeler-Aydın

Abstract: The aim of this study is to evaluate the contribution of the vegetation canopy formed by trees and tall shrubs to the regulating ecosystem services in terms of improving the air quality and the economic estimation of these contributions in Efeler, which is the most intense district of Aydın province. In this study, i-Tree canopy v7.0 tool was used for all the assessments. We identified 7 land cover types and their distributions in the 6 central neighbourhoods of Aydın Province-Efeler district, and afterwards a total of 6,500 points were randomly assigned for each class. As a result, we found that while vegetation canopy, covering 14.22% of the research area, remove a total of 2,851.98 kg of pollutant gas and particles from the air, the annual amount of carbon captured and the total amount of carbon stored by the canopy is 101.56 tons and 2,550.49 tons, respectively. Even though the vegetation canopy has a fragmented and scattered structure, each tree and tall bush make great contributions to the removal of pollutant gases from the air, the retention of airborne particles and their removal from the air. In this context, we believe that increasing the amount and quality of open-green areas in the study area, protecting trees and tall bushes, and increasing their diversity together would help to the provision of ecosystem services as well as contributing to the economy of the Efeler district and its citizens.

Keywords: Regulating ecosystem services, Efeler-Aydın, Air quality, i-Tree, Canopy cover

GİRİŞ

Kentsel ekosistemlerde bitki örtüsünün zarar görmesi, miktarı ve kalitesinde meydana gelen değişim ve azalmalar hava kirliliği gibi kent halkı sağlığı ve ekolojik işleyiş olumsuz yönde etkileyen çevre sorununun ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Hutyra ve ark., 2011). Temiz Hava Hakkı Platformu (THHP) ülkemiz genelinde en çok hastalığa ve ölüme sebep olan risk faktörleri içinde değerlendirilen hava kirliliğinin 2007 yılında yedinci sırada iken, 2017 yılında 6. sıraya yükseldiğini ifade etmektedir (THHP, 2020). Özellikle fosil yakıtların kullanımı sonucunda havada artış gösteren karbonmonoksit (CO), azot dioksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂) ve ozon (O₃) gazları insanlarda solunum yolu rahatsızlıkları, kalp ve damar hastalıklarına ve nörotoksik etkilere neden olduğu bilinmektedir (THHP, 2020). Ayrıca, bitki örtüsü ve tür kaybı, klorofil yapısının bozulması, vejetatif aksamaların gelişiminin / dölleme biyolojisinin / meyve tutumunun / verim ve kalitenin etkilenmesi gibi bitkilerde de çok çeşitli zararlara yol açmaktadır (Turalioğlu,

2011). Bunlarla birlikte karbon kaynaklı kirleniciler sera etkisi oluşturarak hava sıcaklığının yükselmesi, ısı adası etkisinin ortaya çıkması, asit yağmurları ve iklim değişikliğine sebep olmaktadır (Cui ve de Foy, 2012; Tursun ve ark., 2018). Benzer şekilde çoğunluğu ısınma, ulaşım, sanayi, elektrik üretimi gibi insan faaliyetleri sonucunda oluşan ve havada asılı katı ve sıvı parçacıkların karışımı olarak ifade edilen en önemli hava kirliliği bileşenlerinden olan PM_{2.5} ve PM₁₀ (sırasıyla büyüklüğü 2.5 µm ve 2.5-10 µm arasında değişen) gibi partiküler maddeler ise başta kanser olmak üzere solunum, kardiyovasküler ve sinir sistemi ile ilgili pek çok rahatsızlığa neden olmaktadır (Perez ve ark., 2015).

Diğer yandan kentsel alanlarda ağaçların varlığı sosyal, kültürel ve insan sağlığı ile ilgili faydalarla birlikte karbon

*Sorumlu Yazar: ebru.ersoy@adu.edu.tr

Geliş Tarihi: 24 Ocak 2021

Kabul Tarihi: 25 Nisan 2021

utma ve depolama, atmosferik kirliliğin giderilmesi, kentsel ısı adası etkisinin azaltılması ve yağmur suyu yüzey akışının azaltılması gibi önemli konularda çeşitli ekosistem hizmetleri sunmaktadır (Nowak ve ark., 2013). Bu bağlamda, ekosistem hizmetlerinin haritalanması, ölçülmesi ve değerlendirilmesi doğal kaynak yönetiminin yanı sıra planlama kararları ile politikalarının oluşturulması ve ekonomik kaynak yönetimi açısından da büyük önem taşımaktadır (Burkhard ve Maes, 2017; Kesgin Atak ve Tonyaloğlu Ersoy, 2020; Tonyaloğlu Ersoy, 2020). Kentlerde ağaç ve boylu çalı örtüsünün, boyut ve yükseklik gibi ölçümlerinin yapılması, kent ağaçlarının potansiyel ekosistem hizmetlerinin en temel ölçütünü sağlamaktadır. Ancak arazi çalışmaları ile ağaç öznitelik verilerini toplaması ve işlenmesi hem zaman alıcı hem de pahalıdır. Ayrıca bazı durumlarda kentsel bir ortamdaki her ağaca erişmek fiziksel olarak mümkün veya yasal olmayabilir. Dolayısıyla, uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemlerine (CBS) dayalı teknolojiler ağaçlara yönelik mekânsal ve sayısal verilerin toplanması konusunda sağladıkları avantajlar nedeniyle günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır (Kesgin ve Nurlu, 2009; Myeong ve ark., 2006; Atak ve ark., 2014; Blackman ve Yuan, 2020). Bu kapsamda, Birleşik Devletler Tarım Departmanı Orman Servisi (United States Department of Agriculture Forest Service-USDA) tarafından geliştirilen i-Tree araçlar topluluğu kentlerde bulunan ağaç ve boylu çalıların oluşturduğu taç örtüsünün hava kalitesine ilişkin olarak sağladığı birçok düzenleyici ekosistem hizmetinin hesaplanması ve tahmininde kullanılmaktadır (USDA, 2021). Düzenleyici ekosistem hizmetleri, insanların ekosistemlerden dolaylı olarak elde ettikleri faydaları ifade etmekte ve atmosferdeki farklı kimyasalların yoğunluğunun düzenlenmesi ile havanın insanlar için daha sağlıklı ve kaliteli bir hale getirilmesini de içeren hava kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır (MEA, 2005). i-Tree canopy uygulaması ile hava kirliliğine sebep olan gaz ve partikül formulu kirleticilerin ağaçlar tarafından atmosferden uzaklaştırılması, atmosferik karbonun yakalanması ve depolanmasına yönelik değerlerin elde edilmesi ile birlikte bu ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerlerine yönelik doğruluk oranı yüksek istatistikî tahminlerin yapılmasına da olanak sağlamaktadır (Hilde ve Paterson, 2014; Tuğluer ve Gül, 2018; USDA, 2021).

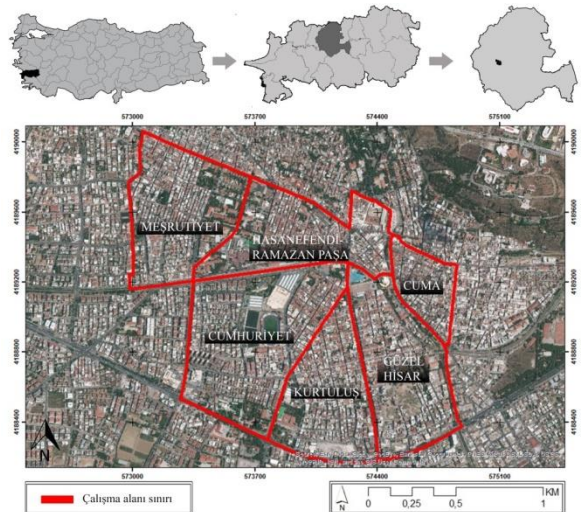
Temel ekonomisi tarımsal üretim ve işletmeye dayalı olan Aydın ilinde son yıllarda yaşanan nüfus artışı ve enerji üretimine yönelik faaliyetler hava kirliliği açısından önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir (THHP, 2020). Efeler merkez ilçesi de gerek yoğun yapılaşma, ulaşım ağı ve kentsel yayılma, gerekse bunlardan ve diğer insan faaliyetlerinden kaynaklanan hava kirleticilerinin yüksek

oranda bulunduğu bir bölge olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda, bu çalışmanın amacı sık yapılaşma ve yüksek nüfus yoğunluğuna sahip olan Aydın ili, Efeler ilçesinin 6 merkez mahallesinde mevcut ağaç ve boylu çalı bitki örtüsünün düzenleyici ekosistem hizmetlerinden hava kalitesi, karbon yakalama ve karbon depolama bakımından katkılarının değerlendirilmesidir. Bu çalışmanın amacı doğrultusunda i-Tree uygulaması kullanılarak, şu sorulara yanıt aranmaktadır: (1) Yoğun yapılaşma ve kentleşme sorunu ile yüz yüze olan Aydın ili Efeler ilçesinde yer alan temel arazi örtüsü tipleri nelerdir? (2) Aydın ili Efeler ilçesinde yer alan ağaç ve boylu çalıların oluşturduğu bitki taç örtüsünün hava kalitesinin iyileştirilmesi açısından düzenleyici ekosistem hizmetlerine katkısı ve bu katkılarının tahmini ekonomik değeri nedir?

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Hızlı nüfus artışı, göç ve sanayileşme aynı zamanda il içinde artan çevre sorunlarının da en önemli sebeplerinden birini oluşturmaktadır. Her ne kadar Aydın ilinin temel ekonomik faaliyetleri tarım ve tarımsal ürünlerin işlenmesine dayalı sanayiden oluşsa da, 2007 yılından itibaren işletilmeye başlayan jeotermal santraller başta hava, su ve toprak kirliliği olmak üzere bölge ekosistemi üzerinde oldukça olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Semerci, 2019). Bu çalışmanın ana materyalini çalışma alanı olarak seçilen Aydın ili Efeler ilçesinin nüfus yoğunluğu bakımından en yüksek 6 mahallesi (Meşrutiyet, Hasanefendi-Ramazan Paşa, Cuma, Cumhuriyet, Kurtuluş ve Güzelhisar) oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı

Konutlar başta olmak üzere farklı alan kullanımlarını içeren çalışma alanı toplam 233.47 ha büyüklüğündedir. Çalışma alanı olarak belirlenen 6 mahalle Aydın il nüfusunun yaklaşık %30'unun (2019 yılında 52,365) yaşadığı Efeler ilçesinde yer almakta (TÜİK, 2021) ve sahip oldukları merkezi konum ile bölge yaşayanlarına sundukları çeşitli olanaklar nedeniyle nüfus artışı ve kentsel yayılmanın da yoğun olarak yaşandığı yerleşim alanlarından birini oluşturmaktadır.

Yöntem

Çalışma alanında ağaç taç örtüsü ve diğer arazi örtülerinin sınıflandırılması ile ağaç örtüsünün hava kalitesi bakımından sağladığı düzenleyici ekosistem hizmetlerinin hesaplanması ve analiz edilmesi amacıyla Birleşik Devletler Tarım Departmanı Orman Servisinin geliştirdiği i-Tree Canopy v7.0 uygulaması kullanılmıştır (USDA, 2021). i-Tree Canopy v7.0 rastgele nokta örnekleme yöntemini kullanan ve Google MapsTM uydu görüntüleri ile bağlantılı olarak çalışan ücretsiz bir web-tabanlı uygulama aracıdır (USDA, 2021). Önceki çalışmalarda da yaygın ve başarılı biçimde uygulanmış olan i-Tree canopy uygulaması; seçilen bir alanda kullanıcının belirleyeceği arazi örtüsü tiplerinin ve dağılımlarının belirlenmesi, hava kirliliğine sebep olan kirleticilerin (gaz ve partikül) ağaçlar tarafından atmosferden uzaklaştırılmasına, atmosferik karbonun yakalanması ve depolanmasına yönelik değerlerin elde edilmesinin yanı sıra bu düzenleyici ekosistem hizmetlerinin ekonomik değerlerine yönelik doğruluk oranı yüksek istatistik tahminlerin yapılmasına olanak sağlayan hızlı ve kolay kullanılabilen bir araçtır. Çalışma alanı içinde farklı arazi örtüsü sınıflarının tanımlanması için ne kadar çok nokta tanımlanırsa, arazi örtüsü sınıflandırmalarının doğruluğu artmakta ve standart hata oranı düşmektedir (Hwang ve Wiseman, 2020).

i-Tree Canopy v7.0 uygulamasında analizler üç aşama takip edilerek gerçekleştirilmektedir. Bunlar çalışma alanı

sınırlarının belirlenmesi, arazi örtüsü tiplerinin belirlenmesi ve çalışma alanı içinde rastgele nokta örneklerinin sınıflandırılması olarak sıralanabilir. Çalışmamızda öncelikle mahalle ve çalışma alanı sınırları ArcMap 10.5.1 yazılımında belirlenerek, i-Tree Canopy v7.0 uygulamasında kullanılacak sayısal veri formatına dönüştürülmüştür. Çalışmada farklı arazi örtüsü tipleri 7 sınıf altında incelenmiştir (Çizelge1). i-Tree Canopy v7.0 uygulamasının kullanımı için en az 500-1000 rastgele nokta kullanılmasını tavsiye edilmekte ve ne kadar çok nokta kullanılırsa tahminlerin de daha iyi olacağını belirtmektedir (Marcus, 2015; USDA, 2021). Bu çalışma için 6,500 tane rastgele nokta i-Tree Canopy v7.0'de otomatik olarak atanarak, her bir noktanın uygulamaya entegre edilmiş olan 2021 tarihli Google MapsTM uydu görüntüsü üzerinde temsil ettiği arazi örtüsü tipleri belirlenmiştir. Çalışmada 6,500 nokta ile uygulamanın iyi sonuç vermesi için tüm arazi örtüsü sınıflarında tavsiye edilen 1 değerinin altındaki standart hata payı değerleri elde edilmiştir (Coşkun Hepcan ve Hepcan, 2017). Son olarak ise sonuçlar yine i-Tree Canopy v7.0 üzerinden rapor olarak temin edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma Alanında Belirlenen Arazi Örtüsü Tipleri

Çalışma alanında tespit edilen arazi örtüsü tipleri, her bir sınıf için rastgele nokta sayıları ve her bir arazi örtüsü sınıfının toplam çalışma alanı içinde kapladıkları alan (%) ile standart hata oranları Çizelge 1'de verilmiştir.

Beklenildiği gibi toplam çalışma alanının yarısından çoğu (124.57 ha) geçirimsiz yapı yüzeylerinden oluşmakta ve bunu %16'lık oran ve 37.36 ha'lık toplam alan ile yollar takip etmektedir. Çalışma alanında en az yaygın olan arazi örtüsü tipleri ise sırasıyla su yüzeyleri (0.32 ha) ve açık alanlardan (4.96 ha) oluşmaktadır. Diğer yandan, toplam 33.19 ha alan kaplayan ağaç ve boylu çalı vejetasyon örtüsü ise çalışma alanının yalnızca %14.22 sini kaplamaktadır.

Çizelge 1. i-Tree canopy uygulaması arazi örtüsü analiz sonuçları

Sınıf	Tanım	Nokta sayısı	Kapladığı alansal oran % ve ±SH
Ağaç ve çalı	Ağaç ve boylu çalı vejetasyonu ile kaplı alanlar	924	14.22 ± 0.43
Otsu bitkiler	Çim ve otsu bitki vejetasyonu ile kaplı alanlar	158	2.43 ± 0.19
Geçirimsiz yapı yüzeyleri	Binalar ve yapılar	3,468	53.35 ± 0.62
Yollar	Asfalt, beton veya sıkıştırılmış yollar	1,040	16.00 ± 0.45
Diğer geçirimsiz yüzeyler	Beton, kilit parke taş kaplama, vb yapay zemin malzemeleri ile örtülü alanlar	763	11.74 ± 0.40
Açık alanlar	Üzerinde bitki örtüsü bulunmayan toprak yüzey veya çıplak alanlar	138	2.12 ± 0.18
Su yüzeyleri	Üzerinde bitki örtüsü bulunmayan yapay ve doğal su yüzeyleri	9	0.14 ± 0.05
Toplam		6,500	100

Hava Kalitesi Bakımından Düzenleyici Ekosistem Hizmetleri

i-Tree uygulaması kullanılarak çalışma alanı için elde edilmiş olan düzenleyici ekosistem hizmetlerine ilişkin olarak taç örtüsü aracılığıyla bir yıl içinde atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler ile karbon yakalama ve depolama miktarları Çizelge 2’de verilmiştir. Genel bir değerlendirme ile taç örtüsünün bir yıl içinde çalışma alanındaki havadan toplam 2,851.98 kg kirleticiler gaz ve partikül uzaklaştırdığı bulunmuştur. Bunlar içinde, yıllık olarak taç örtüsü tarafından yakalanan karbon miktarı 101.56 ton, taç örtüsünün depoladığı toplam karbon miktarı ise 2,550.49 ton olarak tahmin edilmiştir.

Genellikle araç trafiği, egzoz gazları ve ısınma amacıyla kullanılan fosil yakıtlar ile ilişkili olarak kentsel alanlarda kırsal alanlara göre daha yüksek konsantrasyonlarda bulunan karbonmonoksit (CO) ve azot dioksit (NO₂) gazlarının havadan uzaklaştırılan miktarları sırasıyla 33.54 kg ve 182.90 kg olarak tespit edilmiştir. Uzun dalga boylu radyasyonun atmosferde kalması ile küresel iklim değişikliğinde de önemli bir payı olan sera gazlarından ozon (O₃)’nun havadan uzaklaştırılan miktarının ise 1,821.60 kg olduğu bulunmuştur. Çoğunlukla fosil yakıt kullanımı ve endüstriyel kaynaklar sebebiyle kentsel alanlarda yoğun olarak rastlanılan hava kirleticiler gazlardan kükürt dioksit (SO₂)’in taç örtüsü yoluyla havadan uzaklaştırılma miktarı 610.17 kg olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanında bitki örtüsü tarafından atmosferden bir yılda uzaklaştırılan parçacık madde miktarı ise sırasıyla 115.26 kg PM_{2.5} ve 88.51kg PM₁₀ olarak hesaplanmıştır.

Literatür incelendiğinde birçok çalışmada kentsel alanlarda karbon salınımının azaltılması, karbon yakalama ve depolama kapsamında kent ağaçları, boylu çalılar ve kent ormanlarının rolünün vurgulandığını görmekteyiz (Goodale ve ark., 2002). Buna ek olarak başta boylu bitkiler olmak üzere, bitki varlığının kent ısısının yaz aylarında düşürülmesi, kış aylarında arttırılması, kent termal konforunun sağlanması, böylece ısıtma ve soğutmada kullanılan fosil yakıt miktarının azaltılması gibi kent iklimine

olumlu katkıları yaptığı da bilinmektedir (Tomlinson ve ark., 2011; Kesgin Atak, 2020). Ayrıca, bitki varlığı fiziksel ve psikolojik açıdan da kent halkı sağlığını olumlu yönde etkilemektedir (Frumkin ve McMichael, 2008). Bu kapsamda da kentlerde özellikle ağaç ve boylu çalı örtüsüne sahip olan açık-yeşil alanların varlığı büyük önem taşımaktadır (Tuğluer ve Gül, 2018). Bu çalışmada gerçekleştirilen analizler sonucunda, başta yol ağaçları, küçük yamalar halinde binalar arasında kalmış olan ağaçlar ve açık-yeşil alanlarda yer alan ağaç ve boylu çalı türlerinin çalışma alanında hava kalitesinin iyileştirilmesine büyük katkı sağladığı görülmektedir. Her ne kadar kent ormanı niteliğinde büyük yeşil alanlara sahip olunmasa da, her bir ağacın ve boylu çalının gerek kirleticiler gazların havadan uzaklaştırılması, gerekse havadaki partiküllerin tutulması ve havadan uzaklaştırılmasındaki katkısı yadsınamaz durumdadır.

Kentsel çevre bileşenlerinin boyutları ve yoğunluklarının sınıflandırılması, bu alanlardaki ekosistem dinamiklerinin ve sağladıkları hizmetlerin anlaşılması açısından önemlidir. Bu çalışmada, seçilen örnek alanın %14.22’sini kaplayan taç örtüsünden sağlanan ve hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik düzenleyici ekosistem hizmetlerinin yıllık olarak ekonomik değeri yaklaşık 4 milyon TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2). Bu katkı içinde en büyük oranın taç örtüsünün yıllık olarak yakaladığı ve toplam depoladığı karbona bağlı olarak elde edilebildiği görülmektedir. Farklı alanlarda yürütülen pek çok çalışmada taç örtüsünün hava kalitesinin iyileştirilmesi yönünden sağladığı ekonomik katkılar değerlendirilmiştir. Örneğin, Çakmak ve Can (2020) Ankara kenti Mamak ilçesinde aktif ve pasif rekreasyon alanlarında yer alan taç örtüsünün sağladığı ekonomik değeri yaklaşık olarak 10 milyon TL (yaklaşık 1,5 milyon \$), Coşkun Hepcan ve Hepcan (2017) ise Ege Üniversitesi lojmanlar yerleşkesinde sağlanan ekonomik değeri yaklaşık 830,110 TL (112,000 \$) olarak hesaplamışlardır. Yurt dışında gerçekleştirilen benzer çalışmalarda da çalışma alanının büyüklüğüne ve içerdiği ağaç ile boylu taç örtüsüne bağlı olarak düzenleyici ekosistem hizmetleri için yüksek oranlı

Çizelge 2. i-Tree canopy uygulaması ile elde edilen taç örtüsünün sağladığı yarar tahminleri

Atmosferden uzaklaştırılan kirleticiler	Miktar	±SH	Değer (TL)	±SH
Karbon monoksit - CO (yıllık)	33.54 kg	1.02	24	1
Nitrojen dioksit - NO ₂ (yıllık)	182.90 kg	5.57	41	1
Ozon - O ₃ (yıllık)	1,821.60 kg	55.50	2,112	64
Partikül madde - PM _{2.5} (yıllık)	115.26 kg	3.51	7	0
Kükürt dioksit - SO ₂ (yıllık)	610.17 kg	18.59	1,533	47
Partikül madde - PM ₁₀ (yıllık)	88.51kg	2.70	4,366	133
Odunsu bitkilerin yakaladığı karbon dioksit - CO ₂ seq (yıllık)	101.56 ton	3.09	142,979	4,357
Odunsu bitkilerin depoladığı karbon dioksit - CO ₂ stor	2,550.49 ton	77.71	3,590,729	109,409

yıllık ekonomik değer girdisi olduğu tespit edilmiştir. Buna örnek olarak İspanya Barcelona kentinde açık-yeşil alanlardan sağlanan 1,245,900 \$ (Chaparro ve Terradas, 2009), Amerika Birleşik Devletleri Chicago kentinde açık-yeşil alanlardan 137 milyon \$ (Nowak ve ark., 2013) olarak hesaplanmıştır. Tüm bu ekonomik değer ve katkılar dikkate alındığında, kentsel alanlarda ağaçlar, boylu çalılar ve oluşturdukları taç örtüsünün çalışma alanında yer alan arazi örtüsü özelliklerine bağlı olarak, sağladıkları tüm ekosistem hizmetleri içinde sadece hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik olarak dahi kent ekonomisine büyük bir katkı sağladığını göstermektedir.

Aydın ili ve Efeler ilçesinde park ve bahçeler, yol ağaçları ve yapı arası gibi açık-yeşil alanlarda yaygın olarak görülen bazı bitki türleri; *Cedrus libani* (Lübnan sediri), *Celtis Australis* (Çitlembik ağacı), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Citrus aurantium* (Turunç), *Citrus limon* (Limon), *Grevillea robusta* (İpeksi meşe), *Laurus nobilis* (Defne), *Magnolia grandiflora* (Manolya), *Morus nigra* (Karadut), *Myrtus communis* (Mersin), *Olea europaea* (Zeytin), *Pinus pinea* (Fistik çamı), *Pinus brutia* (Kızılçam), *Platanus orientalis* (Çınar), *Populus tremula* (Titrek kavak), *Salix alba* (Ak söğüt), *Tamarix parviflora* (Deli ılgın), *Tilia tomentosa* (Ihlamur), *Trachycarpus fortunei* (Çin palmyesi) ve *Washingtonia robusta* (Meksika yelpaze palmyesi)'nden oluşmaktadır (Aşıcı, 2013). Özellikle karbon hesaplamalarında farklı ağaç türlerinin gövde, dal, ibre ve kabuk gibi değişik bileşenlerinde tutulan / depolanan karbon miktarları hesaplanarak, tür bazlı değerlendirmeler yapılabilmektedir (Durkaya ve Durkaya, 2018). Ancak i-Tree aracı ile tüm ağaç ve boylu çalılara ait taç örtüsü dikkate alınmakta, tür ayrımı yapılmaksızın hava kalitesi ve bunun sağladığı ekonomik değere ilişkin istatistiki tahminlerde bulunulmaktadır (Hilde ve Paterson, 2014). Bu durum her ne kadar ekosistem hizmetleri ve ekonomik getirilerine ilişkin gerçek değerlerin saptanmasında bir eksiklik olarak değerlendirilse dahi, geniş alanlarda uygulanan büyük ölçekli çalışmalar için basit, kısa sürede ve düşük maliyetli değerlendirmelerin yapılması ve bunlara bağlı planlama kararlarının alınmasında i-Tree ve benzeri uygulamalar büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada kullanılan i-Tree uygulaması ile ilgili bir diğer eleştiri ise uygulamada altlık veri olarak kullanılan iklim, hava kirliliği, bitki örtüsü gibi bilgilerin Amerika Birleşik Devletleri'ne göre hesaplanarak istatistiki bakımdan standart hale getirilmiş olmasıdır (Tuğluer ve Gül, 2018; Çakmak ve Can, 2020). Buna karşın, günümüzde bu aracın Avustralya, Kanada, İngiltere, İsviçre ve ülkemiz gibi pek çok ülkede uygulanmaya başladığını görmekteyiz. Ancak, bu aracın kullanım ve erişim kolaylığı, hızlı sonuç alınabilmesi ve hava kalitesi bakımından düzenleyici ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde oldukça doğru sonuçlar sunabilmesi bakımından değerlendirildiğinde, aracın ülkemizde de yaygın kullanımı ile birlikte ülkemize ve çalışma alanlarına özgü katsayıların geliştirilmesi ve daha yüksek doğruluk ve hassasiyete sahip sonuçların elde edilebilmesine olanak sağlanacağı düşünülmektedir (Çakmak ve Can, 2020).

SONUÇ

Kentsel alanlarda yaşanan nüfus artışı kent dokusunda ve alan kullanım / arazi örtüsü karakterinde önemli değişimlere sebep olmakta, bu durum da kent ekosistemi, kent halkı ve diğer canlılar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Zamansal ve mekansal ölçekte dinamik bir yapıya sahip olan kent ekosistemlerinde yaşanan çeşitli sorunlar arasında geçirimsiz yüzeylerin artışı ve bitki varlığının azalması, kentsel ısı adası oluşumu, karbon miktarının artışı, atmosfere salınan gaz ve partikül kirliliğinde artış yaşanması, iklim değişimi ve insanlar ile diğer canlıların sağlığının etkilenmesi sayılabilir (Hutyra ve ark., 2011; Ersoy, 2019). Kentlerde bitki örtüsü varlığı, tüm bu sorunların oluşturduğu etkilerin azaltılması ve/veya giderilmesi ile farklı ekosistem hizmetlerinin kentsel alanlarda sağlanabilmesine büyük katkı sağlamaktadır (Nowak ve ark., 2013).

Ekosistem hizmetleri yaklaşımı, peyzaj planlama ve yönetimi açısından kapsamlı bir çerçeve oluşturarak, kentsel alanlarda politika üretme ve karar alma süreçlerinde önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır (Peña ve ark., 2015; Tonyaloğlu, 2020). Bu kapsamda, sık yapılaşma ve yüksek nüfus yoğunluğuna sahip olan Aydın ili, Efeler ilçesinin 6 merkez mahallesinde Birleşik Devletler Tarım Departmanı Orman Servisi'nin geliştirmiş olduğu i-Tree uygulaması kullanılarak, mevcut ağaç ve boylu çalı bitki örtüsünün düzenleyici ekosistem hizmetlerinden hava kalitesi, karbon yakalama ve karbon depolama bakımından katkıları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, yoğun yapılaşma ve kentleşme sorunu ile karşı karşıya olan 6 mahallede yaygın olan arazi örtüsü tipleri geçirimsiz yapı yüzeyleri ve yollardan oluşa da, mevcut taç örtüsünün hava kalitesinin iyileştirilmesine ve kent ekonomisine önemli katkılar sağladığı bulunmuştur. Çalışma alanında toplam çalışma alanının sadece %14.22'sini kaplayan mevcut taç örtüsünün bir yıl içinde havadan toplam 2,851.98 kg kirlenici gaz ve partikül uzaklaştırdığı ve hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik düzenleyici ekosistem hizmetlerinin yıllık olarak ekonomik değerinin ise yaklaşık 3,741,791 TL olduğu tahmin edilmiştir. Çalışma alanının büyük bölümü yapısal alanlardan oluşmaktadır ve genel anlamda ağaç / boylu çalı taç örtüsü yoğun ve geniş alanlarda yayılım göstermemektedir. Ancak, bitki örtüsü her ne kadar kent ormanı niteliği taşımayıp parçalı / dağınık bir yapıya sahip olsa dahi, her bir ağacın ve boylu çalının gerek kirlenici gazların havadan uzaklaştırılması, gerekse havadaki partiküllerin tutulması ve havadan uzaklaştırılmasındaki katkısı yadsınamaz durumdadır. Son olarak, gelecek yıllarda çalışma alanı olarak seçilen bölgede açık-yeşil alan miktarının ve kalitesinin artırılması, ağaç ve boylu çalılarının korunması ve çeşitliliğinin artırılması, bu alanlardan sağlanan ekosistem hizmetlerinin de artacağı ve bu bölgede yaşayan insanların bütçeleri ile kent ekonomisine (özellikle ısınma ve soğutma amacıyla kullanılan elektrik ve fosil yakıt ile hava kalitesinin artırılmasına yönelik önlemler kapsamında) katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, ekosistem hizmetlerini temel alan çalışmaların, ülkemizin diğer kentlerinde ve kırsal alanlarında yaygınlaştırılmasına, uluslararası standartları ve değerleri baz alan uygulamaların

ülkemiz için de uyumlaştırılmasına katkı sağlayacak ve yerel / bölgesel ölçeklerde bu çalışmaların uygulanıp, sonuçlarının planlama ve yönetim süreçlerine entegre edilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Aşıcı O (2013) Aydın'ın şehir florası, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Atak BK, Erdogan N, Ersoy E, Nurlu E (2014) Analysing the Spatial Urban Growth Pattern by Using Logistic Regression in Didim District. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 15(4): 1866-1876.
- Blackman R, Yuan F (2020) Detecting Long-term Urban Forest Cover Change and Impacts of Natural Disasters Using High-resolution Aerial Images and LIDAR Data. *Remote Sensing* 12(11): 1820.
- Burkhard B, Maes J (2017) Mapping Ecosystem Services. *Advanced Books. Pensoft Publishers, Sofia* (2017): 374s.
- Chaparro L, Terradas J (2009) Ecological Services of Urban Forest in Barcelona. *Institut Municipal de Parcs i Jardins Ajuntament de Barcelona, Àrea de Medi Ambient.*
- Coşkun Hepcan Ç, Hepcan Ş (2017) Ege Üniversitesi Lojmanlar Yerleşkesinin Hava Kalitesinin İyileştirilmesine Yönelik Düzenleyici Ekosistem Servislerinin Hesaplanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(1): 113-120.
- Cui YY, de Foy B (2012) Seasonal Variations of the Urban Heat Island at the Surface and the Near Surface and Reductions Due to Urban Vegetation in Mexico City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 51(5): 855-868.
- Çakmak MH, Can M (2020) Mamak İlçesinin (Ankara) Hava Kalitesinin İyileştirilmesine Yönelik Düzenleyici Ekosistem Hizmetlerinin Hesaplanması. *Bilge International Journal of Science and Technology Research* 4(2): 141-149.
- Durkaya B, Durkaya A (2018) Orman Biokütlesinin Atmosfere Katkısı. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* 6(1): 56-63.
- Ersoy E (2019) Landscape Pattern and Urban Cooling Islands. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(3): 1943-1951.
- Frumkin H, McMichael AJ (2008) Climate Change and Public Health: Thinking, Communicating, Acting. *American Journal of Preventive Medicine* 35(5): 403-410.
- Goodale CL, Apps MJ, Birdsey RA, Field CB, Heath LS, Houghton RA, Jenkins JC, Kohlmaier GH, Kurz W, Liu S, Nabuurs GJ (2002) Forest Carbon Sinks in the Northern Hemisphere. *Ecological Applications* 12(3): pp.891-899.
- Hilde T, Paterson R (2014) Integrating Ecosystem Services Analysis into Scenario Planning Practice: Accounting for Street Tree Benefits with i-Tree Valuation in Central Texas. *Journal of Environmental Management* 146: 524-534.
- Hutyra LR, Yoon B, Hepinstall-Cymerman J, Alberti M (2011) Carbon Consequences of Land Cover Change and Expansion of Urban Lands: A Case Study in the Seattle Metropolitan Region. *Landscape and Urban Planning* 103(1): 83-93.
- Hwang WH, Wiseman PE (2020) Geospatial Methods for Tree Canopy Assessment: A Case Study of an Urbanized College Campus. *Arboriculture and Urban Forestry* 46(1): 51-65.
- Kesgin Atak B, Tonyaloğlu Ersoy E (2020) Monitoring the Spatiotemporal Changes in Regional Ecosystem Health: a Case Study in Izmir, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 192: 1-14.
- Kesgin Atak, B (2020) Analysing the Relationships Between Land Use/Land Cover and Urban Land Surface Temperature Using Regression Tree In İzmir. *International Journal of Geography and Geography Education* 41: 280-291.
- Kesgin B, Nurlu E (2009) Land Cover Changes on the Coastal Zone of Candarli Bay, Turkey Using Remotely Sensed Data. *Environmental Monitoring and Assessment* 157(1-4): 89-96.
- Marcus C (2015) Tree Canopy Assessment City of Atlantic Beach Florida, Legacy Arborist Services Tallahassee, FL, p8.
- MEA (2005) Ecosystems and Human Well-Being - Biodiversity Synthesis, Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington DC.
- Myeong S, Nowak DJ, Duggin MJ (2006) A Temporal Analysis of Urban Forest Carbon Storage Using Remote Sensing. *Remote Sensing of Environment* 101(2): 277-282.
- Nowak DJ, Hoehn RE, Bodine AR, Crane DE, Dwyer JF, Bonnewell V, Watson G (2013) Urban Trees and Forests of the Chicago Region. *Resour. Bull. NRS-84. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station.* p106.
- Peña L, Casado-Arzuaga I, Onaindia M (2015) Mapping Recreation Supply and Demand Using an Ecological and a Social Evaluation Approach. *Ecosystem Services* 13: 108-118.
- Perez L, Grize L, Infanger D, Künzli N, Sommer H, Alt GM, Schindler C (2015) Associations of Daily Levels of PM10 and NO₂ with Emergency Hospital Admissions and Mortality in Switzerland: Trends and Missed Prevention Potential Over the last Decade. *Environmental Research* 140: 554-561.
- Semerci C (2019) Jeotermal Karşıtı Hareket: Aydın Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Temiz Hava Hakkı Platformu (THHP) (2020) Kara Rapor 2020 Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri., Printworld Matbaa San.ve Tic. A.Ş, İstanbul.
- Tomlinson CJ, Chapman L, Thornes JE, Baker CJ (2011) Including the Urban Heat Island in Spatial Heat Health Risk Assessment Strategies: a Case Study for

- Birmingham, UK. International Journal of Health Geographics 10(1): 42.
- Tonyaloğlu Ersoy, E (2020) Spatiotemporal Dynamics of Urban Ecosystem Services in Turkey: The Case of Bornova, Izmir. Urban Forestry and Urban Greening 49: 126631.
- Tuğluer M, Gul A (2018) Kent Ağağlarının evresel Etkileri ve Değerinin Belirlenmesinde UFORE Modelinin Kullanımı ve Isparta rneđinde İrdelenmesi. Turkish Journal of Forestry 19(3): 293- 307.
- Turalioğlu FS (2011) Bitkilere Zararlı Olan Ozon, Azot Dioksit ve Kükürt Dioksit'in Erzurum Atmosferindeki Deđiřimleri. GO Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(1): 73-77.
- TONYALIOĐLU ERSOY E, KESGİN ATAK B, YİĞİT M**
- Tursun N, remiř İ, Bozdođan O, Dođan MN (2018) Sıcaklık ve CO₂ Artışlarına Bazı nemli Yabancı Otların Verdikleri Tepkilerin Araştırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 34(3).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2021) Nüfus ve Demografi, Veri tabanları Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> (Erişim Tarihi: 05/01/2021).
- USDA (2021) United States Department of Agriculture Forest Service, i-Tree Tools, i-Tree Canopy, <https://canopy.itreetools.org/> (Erişim Tarihi: 05/01/2021).

