



KENTSEL YOL AĞAÇLARI ENVANTERİ VE KARBON TUTMA KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ

Atıla GÜL^{1,*}, Mahmut TUĞLUER², Fatma Gözde AKKUŞ¹

¹Department of Landscape Architecture, Süleyman Demirel University, Isparta-Turkey

²Department of Landscape Architecture, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Kahramanmaraş - Turkey

Sorumlu yazar: atilagul@sdu.edu.tr

Atıla GÜL¹: <https://orcid.org/0000-0001-9517-5388>

Mahmut TUĞLUER²: <https://orcid.org/0000-0002-4357-9599>

Fatma Gözde AKKUŞ³: <https://orcid.org/0000-0002-0942-6580>

Please cite this article as: Gul, A., Tuğluer, M. & Akkus, F. G., Kentsel yol Aaaçlarında yaprak yüzeyi karbon tutma değerinin belirlenmesi, *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 516-535

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 6 August 2021 / Received 6 August 2021

Düzeltilmelerin gelişi 6 Ekim 2021 / Received in revised form 6 October 2021

Kabul 6 Ekim 2021 / Accepted 6 October 2021

Yayımlanma 31 Ekim 2021 / Published online 31 October 2021

ÖZET: Kent ağaçları karbon salınımını azaltmaya yönelik karbon depolayan ve tutan en önemli karbon havuzlarından. Karbon depolama ve tutma oranı her bir ağacın ağaç türü, boyu, yaşı ve yaprak biyokütlesi ve sağlıklı durumuna bağlı olarak doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada; kentsel yol ağaçlarının ağaç yaprak yüzeyi ve yaprak biyokütlesinin hesaplanmasında Nowak (1996) tarafından geliştirilmiş formül, yapraklardaki karbon depolama tahmini için ise Tuğluer (2019) tarafından geliştirilen KARBİYOSİS (Karbon Depolama ve Biyokütle Hesaplama Sistemi), programı ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre, Adnan Menderes Bulvarında yol ağaçlarının yaprak yüzeyi karbon depolama değeri toplamda 3820 kg, ağaç başına ise ortalama 26,16kg olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte ağaç tür bazında *Cedrus libani*, 4,87 kg, *Morus alba* 4,68 kg, *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* 3,88 kg, *Cupressus arizonica* 3,47 kgyaparak yüzeyinde karbon tuttuğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yol ağaçları, Karbon tutma, Yaprak biyokütlesi, Adnan Menderes Bulvarı. Isparta

URBAN STREET TREES INVENTORY AND DETERMINATION OF CARBON SEQUESTRATION CAPACITY

ABSTRACT: Urban trees are one of the most important carbon pool that store and retain carbon in order to reduce carbon emissions. The carbon storage and retention rate is directly related to each tree's tree species, height, age and leaf biomass and health status. In this study; The formula that developed by Nowak (1996) is used for calculating the tree leaf surface and leaf biomass of urban street trees . For the above-ground carbon storage estimation using the KARBİYOSİS (Carbon Storage and Biomass Calculation System) program, software developed

by Tuğluer (2019). According to the results, it was determined that the leaf surface carbon storage value of the street trees on Adnan Menderes Boulevard was 3820 kg in total and 26.16 kg per tree. However, the tree species that storage the most carbon are listed as follows; *Cedrus libani*, 4.87 kg, *Morus alba* 4.68 kg, *Pinus nigra subsp. pallasiana* 3.88 kg, *Cupressus arizonica* 3.47 kg and so on.

Keywords: Street trees, Carbon sequestration, Leaf biomass, Adnan Menderes Boulevard, Isparta.

GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusunun giderek artması ile birlikte tüketim talepleri, fosil yakıt kullanımları, sanayileşme, kentleşme, küreselleşme ve teknolojik boyutta yaşanan gelişmeler ve eğilimler yaşadığımız çevreyi ve tüm dünyayı olumsuz etkilemektedir. Bununla birlikte doğal sistemler ve kaynaklar üzerinde insan talep ve ihtiyaçlarının çeşitlenmesi ve artması nedeniyle fiziki boyutta çok yönlü tahribatlara ve bozulmalara yol açtığı görülmektedir. Ancak insanoğlunun son zamanlarda sadece fiziki değil aynı zamanda doğal sistemler üzerinde doğal genetik yapısına, manyetiğine ve frekanslarına kadar müdahale eder hale gelmesi gelecekte çok farklı olumsuz sonuçları da beraberinde getirileceği öngörülmektedir. Antropojonik etkenler ile atmosfere salınan sera gazlarının, sera etkisi meydana getirmesi nedeniyle yeryüzü sıcaklığının artmaktadır. Bu sıcaklık artışına küresel ısınma denilmektedir.

İnsan etkisinden kaynaklanan ve “yapay iklim değişimi” olarak da nitelenen bu sürecin, tüm canlılar ve cansız çevre için potansiyel tehlikelerle dolu olduğuna inanılmaktadır (Hertsgaard, 2001 ve Kadioğlu, 2001). Kentleşme faaliyetleri ile birlikte yapılaşmanın artması ve yeşil alanların azalması veya yetersizliği sonucu ile kent merkezlerinin atmosfere CO₂ salınımı giderek artması kentsel ısı adası etkisine yol açmaktadır. Kent merkezinde CO₂ salınımını azaltmak ve karbon depolamak amacıyla kent ağaçlarının önemli bir rol üstlendikleri bilinmektedir (Gezer ve Gül, 2009). Kentlerin yaşanabilir mekânlar haline getirilmesi, karbon salınımının azaltılması, kent ekosistemi ve estetiğinin iyileştirilmesi, vb çok yönü hizmet ve katkılarından dolayı kent ağaçları ve ormanları önemli bir rol üstlenmektedir ((Gezer ve Gül, 2009; Tuğluer ve Çakır, 2019).

Bitkiler özellikle ağaçlar, CO₂'yi fotosentez yoluyla tutma kapasitesine sahiptir ve bu nedenle karbonu bitki biyokütlesinde ve toprak altında depolamak ve tutmak suretiyle en önemli yutak alanları olarak değerlendirilmektedir (Gül, Topay ve Özaltın, 2009). Günümüzde hızlı kentleşmeyle birlikte araç trafiğinin giderek yoğunlaşması sonucu antropojonik karbondioksit (CO₂) emisyonları önemli ölçüde artmıştır. Kentlerde ortaya çıkan CO₂ emisyonlarının azaltılmasında kentsel yol ağaçlarının rolünün ne olduğu tam olarak bilinmemektedir. Karbon depolama ve tutulmasında kentsel ağaçların mevcut ve gelecekteki rollerinin daha iyi anlaşılması için bilimsel araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. (Fares et al, 2017).

Bu çalışmada, Isparta kenti Adnan Menderes Bulvarı örneğinde kentsel yol ağaçlarının yersel envanterinin yapılarak ağaç yaprak biyokütlesinin hesaplanarak toprak üstü yaprak yüzeyi karbon tutma değerinin ağaç türü olarak hesaplanması hedeflenmiştir. Bu kapsamda Nowak (1996) tarafından geliştirilen yaprak biyokütlesinin hesaplama formülü ve karbon tutma tahmini ise (Tuğluer (2019) tarafından yazılan KARBİYOSİS (Karbon Depolama ve Biyokütle Hesaplama Sistemi), programı ile gerçekleştirilmiştir.

Kentsel Yol Ağaçlarının Önemi

Günümüzde yatay ve dikey yönde yapılaşma eğilimlerinin artması sonucu yapay karakter kazanan kentsel mekanlarda doğaya ve yeşile olan özlem her geçen gün artmaktadır. Genelde bir kentin karakterini, mimari yapılar, açık ve yeşil alanlar ile ulaşımın birbirleriyle olan ilişkileri ve bütünlüğü tayin etmektedir (Gül ve Küçük, 2001). Bu bağlamda kent karakterini ve kent kimliğini oluşturan belki de en önemli bileşenlerden birisi kentsel açık ve yeşil alanlardır. Kentsel açık ve yeşil alanlar içinde yol ve refüj ağaçlandırmaları ise kent ekosistemine katkıda bulunan ve yeşil alanları birbirine bağlayan bir koridor görevi üstlenmektedir. Bununla birlikte kent içi yol ve refüj ağaçlandırmaları estetik, fonksiyonel, ekolojik, psikolojik ve ekonomik yönden kente birçok katkılar sağlamaktadır. (Tablo 1).

Tablo 1.Yol ağaçlarından beklenen yararlar (Aslanboğa, 1997 ve 2002; Carpenter ve Walker, 1990; Çelem ve Şahin, 1997; Harris ve ark, 2004; Ode, 2003).

Ağaçların Sağladığı Yararlar	Açıklamalar
Trafik Emniyetinin Sağlanması	Yolu belirginleştirmesi, ışık yansımalarını engellemesi, oto-yaya mekânını ayırması, yayanın aktivitelerini kolaylaştırması.
Görsel Değerler Oluşturması	Renk, şekil, doku ile tasarımdaki ana ve yardımcı ilkelerin ortaya çıkmasını sağlayarak kentlerin monoton görünümüne hareketlilik kazandırması, mekân ve denge oluşturması.
Kentli Psikolojisinin Düzeltmesi	Kentliyi doğaya yaklaştırması, iş verimini arttırması, yaşam sevincini yenilemesi, yayalarda güvenlik hissi oluşturması.
Kent İklimini Düzenlemesi	Gölgeleme ile yüksek sıcaklıkların azaltılması, oransal nemin dengelenmesi, rüzgâr koridoru oluşumunun engellenmesi, vd.
Çevre Kirliliğini Azaltması	Görsel kirlilikleri perdelemesi, trafikten kaynaklanan kirliliklerin (Pb, NO _x , Cd, Ni, vd.) bertaraf edilmesi, havadaki partiküllerin azaltılması.
Diğer	Kentsel avifaunanın geliştirmesi, kentsel altyapı sisteminin oluşturulması, vd.

Ağaçların asıl yetiştirme ortamları, orman ekosistemleri olup ekosistem içindeki ağaçlar varlıklarını diğer canlı ve cansız doğal faktörlerle birlikte karşılıklı yardımlaşma, uyum ve rekabet içinde doğal gelişimini ve yaşamını sürdürebilmektedir. Oysa orman dışındaki özellikle kentsel mekanlarda tesis edilen ağaçlar, birçok çevresel zorluklarla birlikte insanların faaliyetleri sonucu daha fazla olumsuz etkilenmek suretiyle yaşamlarını sürdürmek zorunda kalabilmektedir. Özellikle yol ve refüjde kullanılan ağaçlarda söz konusu bu olumsuzluklar çoğunlukla görülebilmektedir. Çünkü kentsel mekanlar içinde özellikle kent içi araç ulaşım yolları (cadde, bulvar ve sokaklar) hava kirliliğinin yüksek olduğu alanlardır.

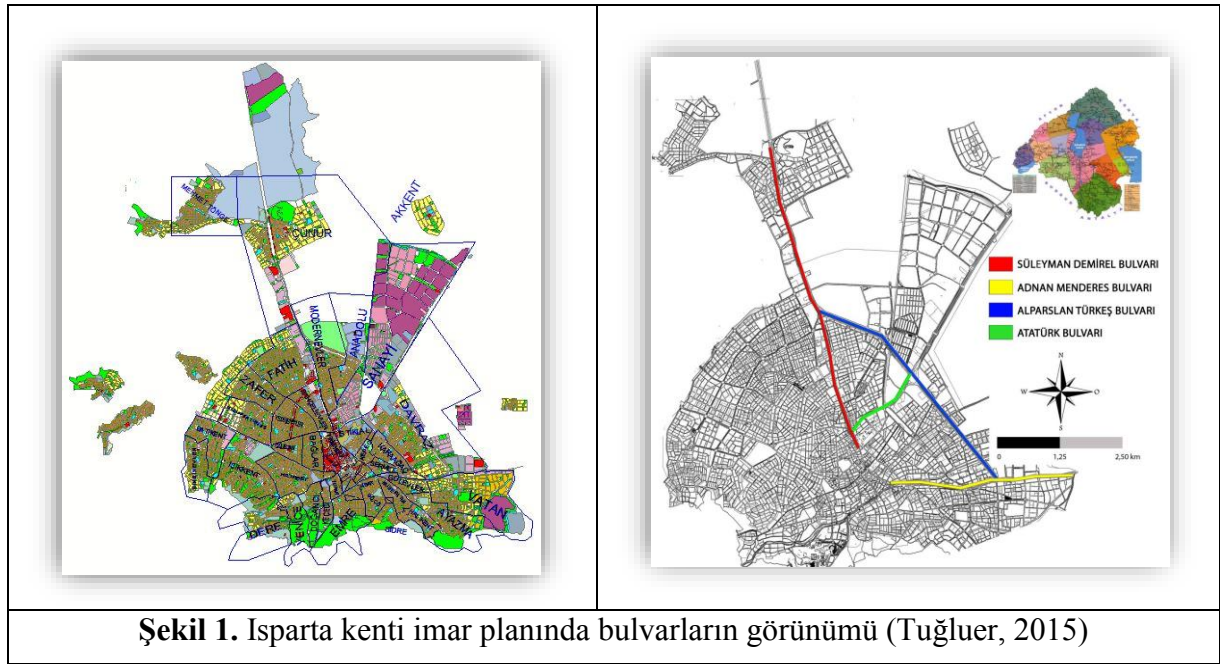
Küçük ve Gül (2005)'ün yapmış olduğu çalışmaya göre; kent içi yol ve caddelerde ağaçların dikim aralıkları, küçük tepe çaplı ağaçlar için 3-6 m, orta ağaçlar için 6-8 m ve büyük ağaçlar için ise 8-10 m olması gerekmektedir.

Kentsel alanlarda atmosferi kirletici gazlar kırsal alanlara göre 5-25 kat, toz yoğunluğunun ise 10 kat daha fazla olduğu belirtilmektedir (Harris ve ark., 2004). Literatür bilgilerine göre; kent ağaçları kırsal ağaçlara göre daha hızlı büyüme eğilimi gösterdiklerinden dolayı ağaç başına daha fazla CO₂ tutarlar (Jo ve McPherson 1995). Ancak ağaçların hızlı büyümesi tek başına

yeterli olmamakla birlikte ağaçların yaşam sürelerinin uzun olması da karbon depolama açısından önemli bir faktördür. (Miller ve Miller, 1991; McPherson, 1993).

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma, Isparta kent merkezinde yer alan Adnan Menderes Bulvarında yürütülmüştür (Şekil 1.). Adnan Menderes Bulvarı'nın seçilmesinin nedeni Isparta kent merkezinde bulunan en önemli akslardan biri olmasıdır. Kent içi yeşil alanların önemli bir kısmını bulvarlardaki yol ağaçlandırmaları oluşturmaktadır Adnan Menderes Bulvarı 5.95 km uzunluğunda Isparta'nın yoğun olarak kullanılan önemli yol akslarından biridir.(Şekil 2). Bu bulvarda bulunan ağaçların türleri, kök çevresi serbest alanları, gövde çapları, tepe taç başlangıçları, boyları, tepe tacı genişlikler, ağaçlar arası uzaklıkları, sağlık durumları tespit edilerek envanterleri hazırlanmıştır.



Şekil 1. Isparta kenti imar planında bulvarların görünümü (Tuğluer, 2015)



Şekil 2. Adnan Menderes Bulvarı



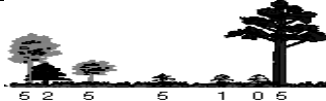
Yöntem

Isparta kent ölçeğinde Adnan Menderes Bulvarı örnek çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu alanlar ile ilgili mevcut bilgiler ve altlık paftalardan (alanın konumu ve boyutlar, mevcut imar planları, Google uydu görüntüleri ve diğer belgeler) elde edilmiştir. Adnan Menderes Bulvarındaki yol kenarı ve refüjde bulunan bütün ağaçların bireysel envanteri arazi çalışması ile yersel ölçüm ve gözlemler sonucu belirlenmiştir. Bu amaçla TÜBİTAK 110Y301. Nolu “Kent Ağaçları Bilgi Sistem Modeli” adlı Projede oluşturulan “Kent Ağaçları Envanter Bilgi Formu” (Tablo 2) ve “Anahtar Bilgi Formu”(Tablo3) kullanılmıştır (Gül ve ark, (2015). Bulvar üzerindeki ağaçlardan elde edilen veriler ArcGIS ortamında sayısallaştırılmış, analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Tablo 2. AğaçEnvanter Formu

Ağaç Envanter Formu																						
Kayıt Tarihi:...../...../.....																						
Mahalle /Mevki/Sokak/Yol adı										Kaydeden:												
Bulunduğu Ortam Tipi (1):										Fotoğraf												
Ağaç sıra No	Ağaç kod No	Latince Adı:	Türkçe Adı	Koordinatlar	Ölçüm noktasından mesafesi (m)	Ağacın Alt-Ust Yapılarıyla Olan ilişkisi ve mesafesi(m)	Yaş:	Ağaç Boyu (m):	Dalsız gövdeyüksekliği(m):	Gövde Göğüs Çapı (cm).(d: 1.30m)	Tepe Taç Genişliği (m)	Gövde sayısı:	Taç ölüm durumu yüzdesi	Taçın maruz kaldığı ısılk derecesi (4)	Taç örtütünün kayıp yüzdesi (%) (5)	Ağaç Formu (6)	Ağaç için ayrılan toprak alan.bovutları	(7) Sağladığı işlevsel özellikleri	(8) Ağaç sağlığı durumu	(9) Ağaç kusurları	(10) Bakım ve Korumaya Yönelik Tedbirler	
1																						
2																						
3																						

Tablo 3. Anahtar Bilgi Formu

1) -Bulunduğu Ortam Tipi	2)Ağacın Alt-Üst Yapılarla Olan ilişkisi	
1- Sağ taraftaki Yaya yolu (tretuvar) 2- Sol taraftaki yaya yolu 3- Refüj 4- Park içinde 5- Yol kenarı açık yeşil alan Diğer.....	1. Elektrik direği ve hattı 2. Yangın Vanası 3. Kanalizasyon 4. Telefon Hattı 5. Aydınlatma eleman 6. Trafo	7. Isıtma Hattı Su şebeke sistemi 8. Durak 9. Havai hatlar 10. Doğal gaz hattı Diğer.....
3)-Ağaçların taç ölüm durum yüzdesi	4)-Tacın ışığa maruz kalma derecesi (Crown Light Exposure=CLE) grupları	5) Taç örtüsünün kayıp yüzde değerleri
1. Mükemmel (hastalık veya ölü kısım 1% den az) 2. iyi (%1-10 arası) 3. orta (%11-25) 4. fakir (%26-50i) 5. kritik (%51-75) 6. ölmeye yakın (%76-99) 7. ölü (%100)	0. Tam gölge altında olanlar 1-Dört yönden ışık almayanlar 2-Sadece bir yönden ışık alanlar 3-Üstten ve sadece bir yönden ışık alanlar 4-Üstten ve iki yönden ışık alanlar 5-Üstten ve üç yönden ışık alanlar 6-Üstten ve dört yönden ışık alanlar	1. % 0 Taç kaybı 2. %10 Taç kaybı 3. %20 Taç kaybı 4. %25 Taç kaybı 5. %30 Taç kaybı 6. %40 Taç kaybı
6)- Ağaç Formu	(7) Sağladığı İşlevsel özellikleri	
1. Piramit form 2. Sütun form 3. Yuvarlak form 4. Dağınık form 5. Salkım form 6. Yatık (Yayvan) form 7. Konik	1. Ses İzolasyonu 2. Güzel çiçekleri ve kokusu 3. Sınırlayıcı 4. Gölge 5. Yaprak Özellikler 6. Rüzgarı Önleme 7. Sonbahar Renklenmesi	8. Trafik ve Sirkülasyonu yönlendirme 9. Fon oluşturma 10. Vurgu etkisi 11. Kamüfle -kapatma etkisi 12. Anıt özelliği 13. Meyve özellikli 14. Diğer
8)Ağaç sağlığı durumu	9) Ağaç kusurları	10) Bakım ve Korumaya Yönelik Tedbirler
0. Sağlıklı 1. Entomolojik sorunlar 2. Patolojik sorunlar 3. Yaralı 4. Kovuk oluşumu 5. Büyüme bozukluğu 6. Toksik etkiler 7. Klimatik zararlara 8. Kök ile ilgili sorunlar 9. Baskı etkisi ve boğulma 10. Diğer	1. Kusuru yok 2. Çatallanma 3. Gövde eğriliği 4. Dengesiz tepe 5. Gövde sürgünü verme 6. Kök sürgünü verme 7. Tepe kesik 8. Diğer	0. Yok 1. Budama 2. Gergileme 3. Herekleme 4. Temizleme 5. Kök yayılış alanını genişletme 6. Kesim 7. Gövde Sarma 8. İlaçlama 9. Gübreleme Toprak işleme ve takviyesi 10. Izgara yerleştirme 11. Anıt ağaç olarak tescil ettirme 12. Taşıma 13. Destekleme
11) Tacın ışığa maruz kalma derecesi grupları		
		

Her bir ağacın envanteri için ağacın türü, boyu, göğüs çapı, tacın ışığa maruz kalma derecesi, ağacın taç tepe yüzey alanı, tepe çapı, taç yüksekliği, taç kayıp oranı ve gölgeleme faktörü değerleri dikkate alınmak suretiyle yaprak yüzey alanı ve biyokütlesi belirlenmiştir. Nowak (1996) a göre yaprak alanı veya kuru biomass ağırlığını açıklamada göğüs çapı; gölgeleme faktörü; ağacın taç tepe yüzey alanı; tepe çapı ve taç boyu değişkenlerini kullanarak yaprak yüzey alanını %91 oranında; yaprak biyokütlesinde %92 oranında açıklamıştır. Ağaç yaprak alanı ve yaprak biyokütlesinin hesaplanmasında Nowak (1996) tarafından geliştirilen model kullanılmıştır.

$$Y = e^{(-4.3309 + 0.2942H + 0.7312D + 5.7217Sh - 0.0148S)}$$

Söz konusu makalede denklemin katsayıları logaritmik denklemin doğrusallaştırılması ile elde edildiği için düzeltme faktörü ile toplanması gerekir. Denklem için düzeltme faktörü varyansın yarısı olarak alınmıştır. Böylece düzeltme terimi, Düzeltme terimi= $\sigma^2/2=0.1159$ elde edilmiştir. Ayrıca tepe kayıp oranının da denkleme koyulması ile denklem aşağıdaki şekli ile kullanılmıştır.

$$Y = e^{(-4.3309 + 0.2942H + 0.7312D + 5.7217Sh - 0.0148S + 0.1159)*C}$$

Y: Yaprak alanı (m²);

e: doğal logaritma;

X: göğüs çapı (cm);

Sh: Yetişkin ağaçlar için ortalama gölgeleme faktörü. (Bu değer geniş yapraklılar için 0,83; iğne yapraklılar için ise 0,91 olarak alınacaktır.)

S: Ağacın dış tepe yüzey alanı ($\pi.D(H+D)/2$);

C: Tepe taç kayıp oranı;

D: Ortalama tepe çapı (m);

H: Tepe Taç boyu (m)

Yaprak bioması için ise bu çalışmada da söz konusu denklem aşağıdaki gibi kullanılmıştır.

$$Y = e^{(1.9375 + 0.4184*H + 0.6218*D + 3.0825*Sh - 0.0133*S + 0.1073)*C}$$

Y: Yaprak alanı (m²)

e: doğal logaritma

X: göğüs çapı (cm)

Sh: Yetişkin ağaçlar için ortalama gölgeleme faktörü. (Bu değer geniş yapraklılar için 0,83; iğne yapraklılar için ise 0,91 olarak alınmıştır.)

S: Ağacın dış tepe yüzey alanı ($\pi.D(H+D)/2$)

C: Tepe Taç kayıp oranı

D: Ortalama tepe çapı (m)

H: Tepe Taç boyu (m)

Çalışma alanında bulunan kentsel yol ağaçlarının yapraklarında tutulan karbon depolama miktarı Tuğluer (2019) tarafından geliştirilen KARBİYOSİS programı ile hesaplanmıştır. KARBİYOSİS (Karbon Depolama ve Biyokütle Hesaplama Sistemi), ağaç envanter çalışması ile elde edilen verilerin bazı formüller vasıtası ile toprak üstü karbon Depolama ve biyokütle tahminlerine ulaşmayı sağlayan herkesin kullanabileceği bir programdır (Tuğluer, 2019). KARBİYOSİS Programı henüz kullanıcılar ile paylaşılmasa da envanter verilerinin program geliştiricileri ile paylaşılması durumunda geliştiriciler tarafından hesaplama yapılabilmektedir. Çalışma alanında envanter verileri elde edilen ve yaprak biyokütlesi hesaplanan ağaçların bilgileri KARBİYOSİS geliştiricileri ile paylaşılmış ve programda yapılan hesaplamalar sonucu yapraklardaki karbon depolama miktarına ulaşılmıştır.

BULGULAR

Adnan Menderes Bulvarı ve özellikleri

Demir köprüden başlayıp Sav kasabası ile birleştiği kavşağa kadar uzanan ve 5,95 km uzunluğunda olan bir akstır. Bulvarda refüj genişliği sabit olmayıp 5-7 m arasında değişim göstermektedir. Yol genişliği ise ortalama 30 metredir. Yaya yolu (tretuvar) ise 1-3 metre arasında değişebilmektedir. Caddeye cephe alan parsellerde 5 kat yapılaşma (15,50 m yapı yüksekliği) hakkı vardır. Adnan Menderes Bulvarı ana arterdir. Ayrıca Isparta Antalya yol çıkışıdır. 3 şeritli geliş ve 3 şeritli gidişten oluşmaktadır.



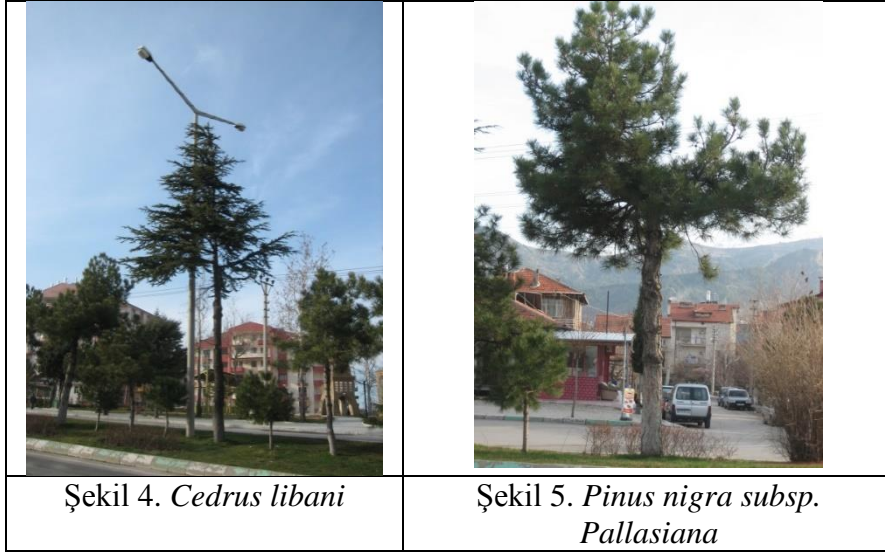
Şekil 3. Adnan Menderes Bulvarının genel görüntüsü

Adnan Menderes Bulvarı genel ağaç envanteri ve analizi

Adnan Menderes Bulvarında envanteri yapılan ağaç tür sayısı 1041 adettir. Kullanılan ağaçların içinde en fazla Toros Sediri (*Cedrus libani*) (% 37,27), Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra subsp. pallasiana*) (% 31,60), Doğu Çınarı (*Platanus orientalis*) (% 19,02), gibitürler yer almaktadır (Tablo 6.). (Şekil 4. ve 5).

Tablo 6. Adnan Menderes Bulvarı ağaç türleri ve % dağılımı

Ağaç Türleri ve Dağılımı	Adet	Yüzde (%)
<i>Acer platanoides</i>	56	5,38
<i>Cedrus libani</i>	388	37,27
<i>Cupressus arizonica</i>	12	1,15
<i>Fraxinus excelsior</i>	1	0,10
<i>Morus alba</i>	5	0,48
<i>Pinus nigra subsp. pallasiana</i>	329	31,60
<i>Pinus sylvestris</i>	37	3,55
<i>Platanus orientalis</i>	198	19,02
<i>Robinia pseudoacacia "Umbraculifera"</i>	12	1,15
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3	0,29
TOPLAM	1041	100,00



Şekil 4. *Cedrus libani*

Şekil 5. *Pinus nigra subsp. Pallasiana*

Adnan Menderes Bulvarındaki ağaçların % 52,74'ü 7-19,9 m boyundaki ağaçlar, % 44,76' i ise 3-6,9 metre orta boylu ağaçlar oluşturmaktadır (Tablo 7).

Tablo 7. Adnan Menderes Bulvarı ağaç boyu ve % dağılımı

Ağaç Boyu	Adet	Yüzde (%)
<3 m Küçük ağaç	21	2,02
3 – 6,9 m Orta boy ağaç	466	44,76
7 – 19,9 m Boylu ağaç	549	52,74
20 – 50 m Uzun boylu ağaç	4	0,38
50 m< Dev ağaç	1	0,10
Toplam	1041	100,00

Adnan Menderes Bulvarı'ndaki ağaçların % 35,45'inin tepe taç genişliği 1-2,9 m arası, % 32,95'ünün 3-4,9 m arası, % 30,55'inin ise 5-6,9 metre arasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Adnan Menderes Bulvarı ağaç tepe taç genişliği ve % dağılımı

Ağaç Tepe Taç Genişliği	Adet	Yüzde (%)
<1m	11	1,06
1-2.9m	369	35,45
3-4.9m	343	32,95
5-6.9m	318	30,55
7-8.9m	0	0,00
9-10.9m	0	0,00
11-12.9m	0	0,00
13-15m	0	0,00
15m<	0	0,00
Toplam	1041	100,00

Adnan Menderes Bulvarı'ndaki toplam alan 206.074,00 m² olup mevcut ağaç taç kaplama toplam ağaç taç genişliği alanı 11.186,00 m² 'dir. Alandaki ağaçların kapladığı alan, toplam alana oranı % 5, 4'ya tekabül etmektedir (Tablo 9).

Tablo 9. Adnan Menderes Bulvarı alanındaki ağaçtaç kaplamayüzdesive% dağılımı

Alandaki Ağaç Taç Kaplama Yüzdesi	Alan (m ²)	Yüzde (%)
TA=Toplam alan (m ²)	206074	
TATA=Toplam ağaç taç genişliği alanı($\sum r^2$)(m ²)	11186	
(Alandaki Toplam Ağaç Taç YoğunluğuYüzdesi) TATY= 100x TATA/TA	5,4	

Adnan Menderes Bulvarı'ndaki ağaçların % 41,31 'ünün dalsız gövde yüksekliği 2,1-3 m arası, % 34,58'inin dalsız gövde yüksekliği 1,1-2 m arası, % 16,04'nin ise <0,05 m az olduğu tespit edilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. Adnan Menderes Bulvarı ağaç dalsız gövde yüksekliğive% dağılımı

Ağaç Dalsız Gövde Yüksekliği	Adet	Yüzde (%)
<0,50 m	167	16,04
0,50-1m	54	5,19
1,1-2m	360	34,58
2,1-3m	430	41,31
3,1-4m	9	0,86
4.1-5m	6	0,58
5m<	15	1,44
Toplam	1041	100,00

Adnan Menderes Bulvarı'ndaki ağaçların % 45,34'sinin ağaç gövde göğüs çapı 45,1-60 cm arasında, % 22,86'inin gövde göğüs çapı 10,1-15 cm arasındadır (Tablo 11).

Tablo 11. Adnan Menderes Bulvarı ağaç gövde göğüs çapı (DBH=1,30cm) ve% dağılımı

Ağaç Gövde Göğüs Çapı (DBH=1.30cm)	Adet	Yüzde (%)
<5cm	15	1,44
5-10 cm	22	2,11
10,1-15 cm	238	22,86
15,1-30 cm	106	10,18
30,1-45 cm	188	18,06
45,1-60 cm	472	45,34
61-120cm	0	0,00
120 cm<	0	0,00
Toplam	1041	100,00

Adnan Menderes Bulvarı'ndaki ağaçların % 65,90'ı piramit formu, % 31,70'i ise yuvarlak formudur (Tablo 12).

Tablo 12. Adnan Menderes Bulvarı ağaç formu ve % dağılımı

Ağaç formu	Adet	Yüzde (%)
1. Piramit,	686	65,90
2. Sütun,	6	0,58
3. Yuvarlak,	330	31,70
4. Dağmık,	4	0,38
5. Sarkık,	1	0,10
6. Yayılıcı	0	0,00
7. Konik	14	1,34
Toplam	1041	100,00

Adnan Menderes Bulvarı'ndaki ağaçların % 87,80'inin taç ölüm yüzdesi 0,82' den büyük iyi ve çok iyi, % 11,82'sinin ise 0,37-0,82 arasında çok kritiktir. (Tablo 13).

Tablo 13. Adnan Menderes Bulvarı taç ölümü yüzdedeğerleri ve % dağılımı

Taç Ölüm Yüzde Değerleri ve Dağılımı	Adet	Yüzde (%)
0,82 < İyi ve çok iyi	914	87,80
0,37-0,82 Orta	123	11,82
<0,37 Çok kritik	4	0,38
Toplam	1041	100,00

Adnan Menderes Bulvarı'ndaki ağaçların %71,66'sinin taç örtüsünün kayıp yüzdesi % 0, % 14,70'ünün taç örtüsünün kayıp yüzdesi % 10'dur (Tablo 14).

Tablo 14. Adnan Menderes Bulvarı ağaçtaç örtüsünün kayıp yüzdesi ve % dağılımı

Ağaç Taç Örtüsünün Kayıp Yüzdesi	Adet	Yüzde (%)
1-% 0 Taç kaybı	746	71,66
2-%10 Taç kaybı	153	14,70
3-%20 Taç kaybı	118	11,34
4-%25 Taç kaybı	14	1,34
5-%30 Taç kaybı	10	0,96
6-%40 Taç kaybı	0	0,00
Toplam	1041	100,00

Adnan Menderes Bulvarı'ndaki ağaçların % 63,02'si gölge amaçlı, % 51,10'u trafik ve sirkülasyonu yönlendirme, % 43,23'ü ise ses izolasyonu olarak işlevsel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 15).

Tablo 15. Adnan Menderes Bulvarı ağaçlarının sağladığı işlevsel özellikler ve % dağılımı

Ağaçların Sağladığı İşlevsel Özellikler	Adet	Toplam Ağaç Adeti içindeki Yüzde (%)
1- Ses İzolasyonu	450	43,23
2- Güzel çiçekleri ve kokusu	0	0,00
3- Sınırlayıcı	0	0,00
4- Gölge	656	63,02
5- Yaprak Özellikler	1	0,10
6-Rüzgarı Önleme	0	0,00
7- Sonbahar Renklenmesi	0	0,00
8-Trafik ve Sirkülasyonu yönlendirme	532	51,10
9-Fon oluşturma	0	0,00
10- Vurgu etkisi	2	0,19
11-Kamüfle -kapatma etkisi	0	0,00
12- Anıt özelliği	0	0,00
13-Meyve özellikli	0	0,00
Toplam		

Adnan Menderes Bulvarındaki ağaçların % 63,02'si sağlıklı, % 35,35'i entomolojik sorunlar içermektedir (Tablo 16).

Tablo 16. Adnan Menderes Bulvarı ağaçlarının sağlık durumu ve % dağılımı

Ağaçların Sağlık durumu	Adet	Yüzde (%)
0- Sağlıklı	656	63,02
1- Entomolojik sorunlar	368	35,35
2-Patolojik sorunlar	13	1,25
3-Yaralama ve niteliği	4	0,38
4- Kovuk oluşumu ve niteliği	0	0,00
5- Büyüme bozuklukları	0	0,00
6- Toksik etkiler	0	0,00
7- Klimatik zararlar	0	0,00
8-Kök ile ilgili sorunlar	0	0,00
9-Baskı etkisi ve boğulma	0	0,00
10-Diğer	0	0,00
Toplam		

Adnan Menderes Bulvarındaki ağaçların % 63,02'sinde kusur yok, % 20,65'inde gövde eğriligi vardır (Tablo 17).

Tablo 17. Adnan Menderes Bulvarı ağaçların kusur durumu ve % dağılımı

Ağaçların Kusur Durumu	Adet	Yüzde (%)
0-Kusuru yok	656	63,02
1-Çatallanma	43	4,13
2-Gövde eğriliği	215	20,65
3-Dengesiz tepe	104	9,99
4-Gövde sürgünü verme	12	1,15
5-Kök sürgünü verme	7	0,67
6-Tepe kesik	4	0,38
7-Diğer	0	0,00
Toplam		

Adnan Menderes Bulvar'ındaki ağaçların % 63,2'sinde herhangi bir sorun görülmezken %16,71 inde Kök yayılış alanının yetersizliği olduğu belirlenmiştir (Tablo 18).

Tablo 18. Adnan Menderes Bulvarı ağaçların bakım ve koruma durumu ve % dağılımı

Ağaçların Bakım ve Koruma Durumu	Adet	Yüzde (%)
0-Yok	656	63,02
1- Budama	6	0,58
2- Gergileme	4	0,38
3-Herekleme	2	0,19
4-Temizleme	75	7,20
5-Kök yayılış alanını genişletme	174	16,71
6-Kesim	122	11,72
7- Gövde Sarma	2	0,19
8- İlaçlama	0	0,00
9-Gübreleme	0	0,00
10-Toprak işleme ve takviyesi	0	0,00
11-Izgara yerleştirme	0	0,00
12-Anıt ağaç olarak tescil ettirme	0	0,00
13-Taşıma	0	0,00
14-Destekleme	0	0,00
15-Diğer	0	0,00
Toplam		

Adnan Menderes Bulvar'ındaki ağaçların % 89 u 21-40 yaş arasındadır. (Tablo 19).

Tablo 19. Adnan Menderes Bulvarı ağaçların yaş grupları durumu ve % dağılımı

Ağaç Yaşı	Adet	Yüzde (%)
<5 yaş	0	0,00
6-10 yaş	0	0,00
11-20 yaş	64	6,15
21-40 yaş	928	89,15
41- 80 yaş	49	4,71
Toplam	1041	100,00

Adnan Menderes Bulvarı Yol Ağaçlarının Yaprak Biyokütle ve Karbon Tutma Değerinin Hesaplanması Ve İrdelenmesi

Adnan Menderes Bulvarındaki ağaçların envanter verileri kullanılarak ağaç yaprak alanı ve yaprak biyokütlesinin hesaplanmasında Nowak (1996) tarafından geliştirilen model kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre ağaç türleri içinde en fazla yaprak alanına sahip tür *Cedrus libani* olup 9898030,16 m² olup en fazla yaprak biyokütlesine sahiptir. (Tablo 20).

Tablo 20. Adnan Menderes Bulvarındaki ağaçların yaprak yüzeyi alanı (m²) ve yaprak biyokütle değeri (gr)

Ağaç Türleri	Adet	Yaprak alanı (m ²)	Yaprak Biyokütle (Biomass) Değeri (gr)	Yaprak Karbon Depolama Miktarı (gr)	Yaprak Karbon Depolama Miktarı (kg)	Yaprak Karbon Depolama Miktarı Yüzde (%) değeri
1 <i>Cedrus libani</i>	388	9898030,16	3922073,00	1890439,19	1890,44	49,49
2 <i>Pinus nigra subsp. pallasiana</i>	329	37841,27	2657429,00	1275565,92	1275,57	33,39
3 <i>Platanus orientalis</i>	198	13536,32	949810,90	413547,67	413,55	10,83
4 <i>Acer platanoides</i>	56	3995,90	318252,30	131947,40	131,95	3,45
5 <i>Cupressus arizonica</i>	12	1259,91	86297,92	41595,60	41,60	1,09
6 <i>Morus alba</i>	5	416,50	53750,99	23403,18	23,40	0,61
7 <i>Robinia pseudoacacia "Umbraculifera"</i>	12	278,49	49317,32	21808,12	21,81	0,57
8 <i>Pinus sylvestris</i>	37	512,90	30685,20	14394,43	14,39	0,38
9 <i>Robinia pseudoacacia</i>	3	312,41	16225,69	7064,67	7,06	0,18
10 <i>Fraxinus excelsior</i>	1	7,27	591,71	256,56	0,26	0,01
TOPLAM	1041	9956191,12	8084434,03	3820022,74	3820,02	100,0

Ağaç Türleri	Ağaç Başına ortalama Yaprak Karbon Depolama Miktarı (kg)
1 <i>Cedrus libani</i>	4,87
2 <i>Morus alba</i>	4,68
3 <i>Pinus nigra subsp. pallasiana</i>	3,88
4 <i>Cupressus arizonica</i>	3,47
5 <i>Acer platanoides</i>	2,36
6 <i>Robinia pseudoacacia</i>	2,35
7 <i>Platanus orientalis</i>	2,09
8 <i>Robinia pseudoacacia "Umbraculifera"</i>	1,82
9 <i>Pinus sylvestris</i>	0,39
10 <i>Fraxinus excelsior</i>	0,26
Bulvardaki Ağaç Başına Düşen Yaprak Karbon Depolama Miktarı Ortalaması (kg)	3,67

TARTIŞMA

Bu çalışmada ağaçların Nowak (1996) tarafından geliştirilen formül ile yaprak alanı ve yaprak biyokütlesi değerlerine ulaşılmış ve bu sonuçlara göre yapraklarında tutulan karbon depolama miktarı Tuğluer (2019) tarafından geliştirilen KARBİYOSİS programı ile hesaplanmıştır.

KARBIYOSİS Programı henüz kullanıcılar ile paylaşılmasa da envanter verilerinin program geliştiricileri ile paylaşılması durumunda geliştiriciler tarafından hesaplama yapılabilmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucu Adnan Menderes Bulvarında 10 adet ağaç türüne ait 1041 adet ağaç envanteri kapsamında ve Bulvardaki yol ağaçlarının toplam 3820,02 kg (3,8ton)yaprak biyokütlesi olarak karbon tutma oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu değer %49,49unu *Cedrus libani* , %33,39'unu ise *Pinus nigra subsp. Pallasiana* karbon tuttuğu görülmüştür. Adnan Menderes Bulvarı üzerinde yer alan yol ağaçlarının karbon depolama değerleri açısından hesaplandığında ağaç başına en fazla karbon tutan ağaç türleri; *Cedrus libani*, 4,87 kg, *Morus alba* 4,68 kg, *Pinus nigra subsp. pallasiana* 3,88 kg, *Cupressus arizonica* 3,47 kg, *Acer platanoides* 2,36 kg, şeklinde sıralanmıştır.

Elde edilen bulgulara göre ilişkilendirildiğinde ağacın yaprak biyokütle (biomass) değerinin artması karbon depolama miktarını da o derece artırmaktadır. Yaprak biyokütlesi ağacın yapraklanma oranı, taç genişliği ve yaşı ile doğru orantılıdır. Bir ağacın biyokütlesinin artması içerisinde barındırdığı karbon miktarını da doğrudan etkilemektedir.

Bilimsel kaynaklar incelendiğinde; Birim ağaç örtüsüne göre, kentsel ortamlarda büyük ağaçların orman meşcerelerinden nispeten hızlı büyüme oranlarına sahip olması nedeniyle, kentsel ağaçların karbon depolaması (9,25 kgC / m² örtü) ve brüt karbon tutma (0,3 kgC / m² örtü) oranları daha fazla olabilmektedir. Orman meşcerelerinin tipik olarak kentsel alanların yaklaşık iki katı ağaç yoğunluğuna ve ağaç örtüsü birimi başına ortalama karbon yoğunluğunun yaklaşık yarısına (kentsel = 9,25 kgC / ha örtüye karşı orman = 5,3 kgC / ha örtü) sahip olduğu göz önüne alındığında, münferit kentsel ağaçlar ortalama, orman meşcerelerindeki tek tek ağaçlardan yaklaşık dört kat daha fazla karbon içerebilmektedir. Bu fark büyük ölçüde kentsel ve orman alanları arasındaki ağaç çapı dağılımlarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Büyük ağaçlar küçük ağaçlardan 1000 kat daha fazla karbon depolayabildiğinden, kentsel ormanların daha açık yapısı göz önüne alındığında, ortalama bireysel karbon depolamadaki dört kat fark mantıklı olarak kabul edilmektedir (Nowak, 1994).

Tang vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, Pekin kentindeki ağaç büyüme ölçümlerinden ve resmi istatistik verileri kullanarak, Pekin'in altı şehir bölgesinde, sokak ağaçlarının depoladığı ve tutulduğu karbon kapasitesinin kentsel olmayan ormanlara nazaran yaklaşık 1/3veya 1/2'si olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Pekin'in şehir içi semtlerindeki sokak ağaçlarının 2014 yılında toplamC depolama oranı 77,1 ± 4,1 Gg C ve toplam C tutma oranı ise 3,1-1,8 Gg Cyr⁻¹ (1Gg = 109g) arasında olduğu ve toplam enerji tüketiminden kaynaklanan yıllık CO₂ eşdeğeri emisyonlarının sadece yaklaşık% 0,2'sine denk geldiği belirtilmiştir. Genellikle *Ginkgo biloba* L. ve *Populus* L. ağaçları, daha büyük boyutlarından dolayı daha yüksek bir C depolama yoğunluğuna sahip olduğu ifade edilmiştir.Russo vd. (2014)'ye göre Avrupa'da ağaç başına C depolama oranı 138,62–377,14 kg ve ağaç başına C tutma oranı ise 9,7–30,69 kg yıl⁻¹ arasında olduğu belirtilmektedir. Nitekim bu çalışmada ağaç başına yapraklardaki karbon depolama miktarının 3,67 kg olduğu gözlenmektedir.

Kentsel ekosistemlerdeki ağaçlar, kırsal alanlardaki ağaçlara göre daha yüksek sıcaklık, karbon konsantrasyonu ve azot birikimine maruz kalmaktadır (Idso ve diğerleri, 2002; Lovett ve diğerleri, 2002).

Tak ve Kakde (2020) tarafından yapılan çalışmada Thane şehrinin kentsel bölgesindeki 50 tesadüfi örnek parselde 29 ağaç türünde toplam karbon stoku hesaplanmış 238 ağaçta ortalama mevcut organik karbon stoğu 0,561 tC/ağaç olduğu belirlenmiştir. Ağaç türleri içinde

Azardirachta indica ağacının mevcut çalışma alanında en iyi karbon depolayan tür olduğu görülmüştür. Bu çalışma ile elde edilen bulgulara göre ağaç büyüklüğü ve yaşam süresi arttıkça karbon depolama oranı da arttığı düşünülmektedir.

Polat ve ark. (2012), farklı arazi kullanımlarına göre en önemli C depolama alanlarının ormanlık alanlar olduğu ve bu alanlarda yetişen bitkilerin yılda 3 ile 5 ton ha⁻¹ CO₂'i atmosferden alıp bitki ve toprakta depoladığını rapor etmişlerdir. Ayrıca aynı araştırmacılar bitki türlerinin toprakta depolanan C miktarı üzerine önemli bir etkisi olduğunu ve kızılbaş ormanları altındaki topraklarda saatte 11,7 ile 23,4 kg ha⁻¹ CO₂ üretilirken bu oranın tarla bitkileri altındaki topraklarda 1,25 ile 4,1 kg ha⁻¹ olarak ölçüldüğünü bildirmiştir. Bu çalışmadaki çam türlerinden *Pinus nigra subsp. Pallasiana* ve *Pinus sylvestris* türlerinin sırasıyla yapraklarından depolanan karbon miktarının 3,88 ve 0,39 kg olduğu tespit edilmiştir. Benzer türdeki ağaçlar arasında oluşan karbon depolama miktarı farklılıklarına ağacın yaşı, büyüklüğü, formu ve sağlık durumu gibi etkenlerin neden olduğu düşünülmektedir.

Mund (2002), tarafından Norveç Ladinin de yapılan çalışmada, Norveç Ladininin ilk yaşlarda hızlı bir biyokütle ve karbon depoladığı belirlenmiştir. Depolanan toplam karbonun %27'si yapraklarda ve gövdenin üst kısımlarındadır. Kabuk kuru ağırlığının karbon içeriğinin %47-56 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Peichl (2006), tarafından yapılan bir çalışmada 15, 30 ve 65 yaşlarındaki *Pinus strobus* meşcerelerin toplam gövde kütesinin %43, 65, 85 inin karbon olduğu ve köklerde depolanan karbon miktarının ileri yaşlarda daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre ise genç ve cılız ağaçların karbon depolama miktarlarının yetişkin ve sağlıklı durumdaki ağaçlara göre daha az oranda olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇ

Kent ağaçları hava kalitesini artırma, toprak erozyonunu azaltma, karbondioksit salımını azaltma, sera etkisini azaltma, gürültü düzeyini düşürme gibi kent ekosistemine önemli katkılar sağlamaktadır. Kent ekosistemi ve ekosfer açısından ağaçlar, karbon tutma ve depolama konusunda en ekonomik materyallerden birisidir(Tuğluer ve Gül, 2018).

Kentsel yol ve refüj ağaçlarının karbon tutma oranlarına yönelik bilimsel araştırmalar yetersiz olup ağaç türlerine göre karbon tutma oranlarının farklılık arz etmektedir. Karbon depolama ve tutma oranları genelde ağaç türüne, büyüme oranlarına, biyokütlesine, gövde göğüs çapı değerine, tepe çapı genişliğine, gövde taç hacmine, sağlık durumuna, vb çeşitli faktörlere göre farklılıklara yol açabilmektedir.

Özellikle bilimsel çalışmalarda kullanılan yöntem ve ölçütlere göre ağaçların karbon depolama ve tutma oranlarında farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle kent ağaçlarının C depolama ve tutma oranlarını tahmin edilmesi için sofistike bir allometrik büyüme modeli geliştirilmesi gerekmektedir. Bu tür veriler ve modeller, kent ağaçlarının kentsel karbon dengesi ve karbon döngüsü konusundaki belirsizlikleri daha net olarak ortaya konulmasını mümkün hale getirebilecektir. Kentsel yol ağaçlarının yazın gölge sağlayarak ve kışın rüzgar perdesi görevi görerek çevresindeki binaların soğutma ve ısıtma ihtiyaçlarını önemli ölçüde azaltmak suretiyle karbon emisyonlarının azalmasına neden olabilecektir. Buna yönelik bilimsel çalışmaların yapılması büyük katkı sağlayacaktır.

Özellikle kent ağaçlarının ekosistem hizmetleri belirlenmesine yönelik yöntemlerin oluşturulması ve yaygınlaştırılması, kent içi yol ve refüj ağaçlarının bulunduğu alanlarda genelde araç trafiğinin yoğun olması, hava kirliliğinin fazla olması, sağlıklı gelişimine yönelik koşulların çok sınırlı olması, kök yayılım alanlarının yetersiz olması, sürekli budama yapılması, ışık alma yetersizlikleri vb olumsuzluklar nedeniyle parklardaki ve diğer yeşil alanlara göre daha zor koşullarda yaşamaya zorlanmaktadır. Bu durum yol ağaçlarının istenilen düzeyde gelişmelerini engelleyerek yol ağaçlarının beklenen estetik ve işlevsel amaçları özellikle ekosistem servislerini karşılama zorlaştırabilmektedir. Bu bağlamda kentsel yol ağacı olarak kullanılacak türlerde, uzun süre yapraklı kalan, ilkbaharda güzel çiçeklenen ve sonbaharda güzel yapraklanan, bakım masrafı az olan ve gevrek yapıya sahip olmayan, genelde tepe sürgünü iyi gelişenler öncelikli olarak seçilmelidir. (Pamay, 1979; Gülez, 1989; TSE, 1990; Ürgenç, 1998; Tanrıverdi, 2001; Bilgili ve ark. (2012) Ülkemizde kent içi yol ağaçlamalarında yerden dallanma özelliğine sahip, gençken yavaş gelişme özelliğinde olan ve geniş tepe tacına ulaşabilen Çam (*Pinus sp.*), Sedir (*Cedrus sp.*), Göknar (*Abies sp.*), Ladin (*Picea sp.*) vb. bitki türleri refüj ve kaldırım gibi insan ve araç trafiğinin yoğun olduğu alanlarda ve özellikle dar (3m den az) refüj ve kaldırımlarda tercih edilmemelidir.

Yol ağaçların tesisine yönelik 1990 yılında ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından çıkarılan “Şehir İçi Yol ve Meydan Ağaçlandırma Tekniği” adlı standartlar günümüze göre yeniden revize edilerek ve kentsel peyzaj planlama/tasarım ilkeleri çerçevesinde kent yol ağaçları rehberi haline getirilmeli ve uygulanmalıdır.

Son olarak kentsel yol ağaçlarının kendilerinden beklenen estetik ve işlevsel amaçları yerine getirebilmesi için “amaca uygun doğru yere doğru ağaç tür seçilmesi”, “uygun yaşam koşullarının sağlanması”, “tekniklerine uygun bakım çalışmalarının yapılması”, tutarlı ve sürdürülebilir ağaç yönetim politikalarının oluşturulmasına bağlıdır. Kentsel alanlarda yapılacak kent içi ve kent dışı ağaçlandırma çalışmalarında kullanılacak ağaç türlerinin tercih edilmesinde karbon depolama ve tutma kapasiteleri önemli bir faktör olacaktır. Kent ağaçlarında, ekosistem hizmetleri belirlenmesine yönelik yöntemlerin oluşturulması ve yaygınlaştırılması, her kent için kent ağaçları bilgi sistemi ve kent ağaçları yönetim planlarının yapılması ve kent bilgi sistemi ile bütünleştirilmesi gerekmektedir.

Ayrıca yol ağaçlarının ekosistem hizmet ve katkıları ile sosyo-ekonomik faydaları konusunda kent insanlarını bilgilendirme ve farkındalıklarını artırmak için bilimsel araştırmalara ve eğitsel faaliyetlere önem verilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu makalede, ulusal ve uluslararası araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada Etik Kurul izni gerekmemiştir. Bu çalışmada kullanılan ağaçların envanter verileri TÜBİTAK 110Y301 numaralı “Kent Ağaçları Bilgi Sistemi Modeli adlı projenin ArcGIS ortamında sayısal ağaç envanteri verilerinden ve SDÜ BAP 3730-YL1-13 nolu proje verilerinden yararlanılmıştır. Verilerin elde edilme aşamasındaki desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a ve Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerimizi sunarız.

YAZAR KATKILARI

Atila Gül: Çalışma konusunun seçilmesi, yürütülmesi ve makale taslağının hazırlanması, Mahmut Tuğluer: Arazi çalışmaları ve envanter verilerinin analizi ve yorumlanması, Fatma Gözde Akkuş: Arazi envanter çalışması ve makale taslağının hazırlanması.

KAYNAKLAR

- Aslanboğa, İ., (1997). Kentlerde Yol ve Meydan Ağaçlarının İşlevleri, Ağaçlamanın Planlanması, Uygulanması ve Bakımlarıyla İlgili Sorunlar. Kent Ağaçlandırmaları ve İstanbul Sempozyumu, s, 7-12, İstanbul.
- Aslanboğa, İ., (2002). Odunsu Bitkilerle Bitkilendirmenin İlkeleri, Türkiye Cumhuriyeti Orman Bakanlığı, Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, İzmir. s.111.
- Bilgili, B.C., Çorbacı, Ö. L. &Gökyer, E., (2012). Çankırı Kent İçi Yol Ağaçlarının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2):98 107.
- Carpenter, P. L. &Walker, T. D., (1990). Plants in the Landscape. W.H.Freeman and Company. New York-Oxford, USA. 401 p.
- Cline, W. R., (1992). The Economics of Global Warming. Institute for International Economic, Peterson Institute, Washington, A.B.D.
- Çelem, H. & Şahin, Ş., (1997). Kent içi Yol Ağaçlarının Görsel ve İşlevsel Etkileri. Kent Ağaçlandırmaları ve İstanbul'96. Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 41-54.
- Fares, S. Paoletti, E., Calfapietra, C. Mikkelsen, T.N., Samson, R. & Le Thiec, D. (2017). Carbon Sequestration by Urban Trees. Chapter 4 In book: D. Pearlmutter et al. (eds.), The Urban Forest, Future City 7, p31-39. Springer International Publishing. DOI 10.1007/978-3-319-50280-9_4,
- Gezer, A. &Gül, A., (2009). Kent Ormancılığı, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını No, 86, Isparta.
- Gül, A. Çatal Y., Polat, E. A., Çoban, H.O., Gülcü, S., Yılmaztürk &Topay, M., (2015). Kent Ağaçları Bilgi Sistemi Modeli. TUBİTAK 1001 Projesi, Proje No: 110Y301 (Başlangıç Tarihi 2011-Bitiş Tarihi 2015).
- Gül, A. & A. Gezer, (2004). Kentsel Alanda Kent Ormanı Yer Seçimi Model Önerisi ve Isparta Örneğinde İrdelenmesi, I. Ulusal Kent Ormancılığı Kongresi, 9-11 Nisan 2004, Ankara s, 365- 382.
- Gül, A., Gezer, A. & Kane, B., (2006). Multi-Criteria Analysis For Locating New Urban Forests: An Example From Isparta, Turkey.” Urban Forestry & Urban Greening, Volume 5, Issue 2, 57-71.
- Gül, A., & Küçük, V., (2001). Kentsel Açık Yeşil Alanlar ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, A(2):27 48.
- Gül, A., Topay, M. &Özaltın, O., (2009). Küresel ısınma tehdidine karşı kent ormanlarının önemi. Uluslararası Davraz Kongresi, 24-27 Eylül 2009, Isparta, s.221-234.
- Gül, A., Çatal, Y., Çoban, H.O., Polat, E., Gülcü, S., Yılmaztürk, A. & Topay, M., (2015). Kent ağaçları bilgi sistem modeli. TUBİTAK 110Y301 Nolu Proje Sonuç Raporu, Isparta, s.742.
- Gülezer, S., (1989). Park-Bahçe ve Peyzaj Mimarisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Ders, s, 174-177, Trabzon.
- Harris, R. W., Clark, J.R. & Matheny, N.P., (2004). Arboriculture. Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines. Pearson Education Inc., Upper Saddle River; New Jersey 07458 USA 578 p.

- Hertsgaard, M .,(2001). Yeryüzü Gezgini, Çevresel Geleceğimizin Peşinde Dünya Turu. TEMA Yayın No, 34, İstanbul.
- Idso, S. B., Idso, C. D., & Balling, R. C. (2002). Seasonal and diurnal variations of near-surface atmospheric CO₂ concentration within a residential sector of the urban CO₂ dome of Phoenix, AZ, USA. *Atmos. Environ.* 36, 1655–1660. doi: 10.1016/S1352-2310(02)00159-0
- Jo, H.K. & E.G. McPherson, (1995). Carbon storage and flux in urban residentialgreenspace. *Journal of Environmental Management* 45: 109-133.
- Kadioğlu, M ., (2001). Bildiğimiz Havaların Sonu. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye. Güncel Yayıncılık, No,110, İstanbul.
- Küçük, V. &Gül A., (2005). Isparta kentiçi yol ağaçlandırmaları üzerine bir araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(3): 111-118.
- Lovett, G. M., Weathers, K. C., & Arthur, M. A. (2002). Control of nitrogen loss from forested watersheds by soil carbon: nitrogen ratio and tree species composition. *Ecosystems* 5, 0712–0718. doi: 10.1007/s10021-002-0153-1
- Mcpherson, E.G. (1993). Evaluating the cost effectiveness of shade trees for demand-side management. *The Electricity Journal* 6(9): 57-65.
- Miller, R.H.& Miller, R.W. (1991). Planting survival of selected street tree taxa. *Journal of Arboriculture* 17(7): 185-191.
- Mund, M., Kummertz, M., Heina, G.A. &Schulze, D.,(2002). Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe, *forest Ecology and management*.
- Nowak, D.J. (1994). Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago’s urban forest, chapter. In: McPherson, E.G.; Nowak, D.J.; Rowntree, R.A., eds. Chicago’s urban forest ecosystem: results of the Chicago urban forest climate project. Gen. Tech. Rep. NE-GTR-186. Radnor, PA: Northeastern Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 83-94.
- Nowak, D. J.& Crane, Daniel E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution* 116 (2002) 381–389.
- Ode, A., (2003). Visual Aspects in Urban Woodland Management and Planning. (Doktora Tezi). SwedishUniversity of AgriculturalSciences. Department of Landscape Planning. Alnarp, Sweden, 36 p.
- Pamay, B., (1979). Park-Bahçe ve Peyzaj Mimarisi, İstanbul Üniversitesi Yayın No, 1640, Orman Fakültesi Yayın No, 164, İstanbul.
- Peichl, M. &Arain, M.A., (2006). Above and Belowground Ecosystem Biomass and Carbon Pools in an Age-sequence of Temperate Pine Plantation Forests, *Agricultural and Forest Meteorology*, 140, 51-63.
- Polat, O., Polat, S. &Akça, E., (2012). Küresel Isınmada Ormanların Karbon Tutulumuna Etkisi: Tarsus Karabucak Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, Özel*, (313-319).
- Russo,A.,Escobedo,F.J.,Timilsina,N.,Schmitt,A.O.,Varela, S., & Zerbe,S.(2014).Assessing urban tree carbon storage and sequestration in Bolzano, Italy. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manage.* 10, 54–70.doi: 10.1080/21513732.2013.873822.
- Tak, A.A. & Kakde, U.B. (2020) ‘Analysis of carbon sequestration by dominant trees in urban areas of Thane city’, *Int. J. Global Warming*, Vol. 20, No. 1, p.1–11.
- Tang YJ, Chen AP & Zhao SQ (2016). Carbon Storage and Sequestration of Urban Street Trees in Beijing, China. *Front. Ecol. Evol.* 4:53. p. 1-8. doi: 10.3389/fevo.2016.00053
- Tanrıverdi, F., (2001). Peyzaj Mimarlığı Bahçe Sanatının Temel İlkeleri ve Uygulama Metotları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. p. 1-8. No, 291, Erzurum.
- TSE, (1990). TSE 8146/Mart 1990. Şehiriçi Yol ve Meydan Ağaçlandırma Standardı.

- Tuğluer, M., (2015). Kent Ağaçlarının Çevresel Etkileri ve Değerinin Belirlenmesinde UFORE Modelinin Kullanımı ve Isparta Örneğinde İrdelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110s, Isparta.
- Tuğluer, M., (2019). Bazı Kent Ağaçlarının Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarını Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 129s., Isparta.
- Tuğluer, M. &Çakır, M., (2019). UFORE Modeli'nin Kent Ekosistemine Hizmet Eden Bileşenlerinin İrdelenmesi. Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD), 4 (2), 193-200.
- Tuğluer, M. &Gül, A., (2018). Kent ağaçlarının çevresel etkileri ve değerinin belirlenmesinde UFORE modelinin kullanımı ve Isparta örneğinde irdelenmesi. Turkish Journal of Forestry, 19(3): 293-307. DOI: 10.18182/tjf.341054
- Ürgenç, I. S., (1998). Genel Plantasyon ve Ağaçlandırma Tekniği, İstanbul Üniversitesi Yayın No, 3997, Orman Fakültesi Yayın No, 444, 664s. İstanbul.