



**T.C.**

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

**EKOSİSTEM SERVİSLERİ ÇERÇEVESİNDE KENTSEL AÇIK-  
YEŞİL ALANLARIN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN  
BELİRLENMESİ; ÇANAKKALE ÖRNEĞİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FİLİZ ENGİN**

**Tez Danışmanı**

**DOÇ. DR. ÇİĞDEM KAPTAN AYHAN**

**ÇANAKKALE – 2022**





T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**EKOSİSTEM SERVİSLERİ ÇERÇEVESİNDE KENTSEL AÇIK- YEŞİL  
ALANLARIN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ;  
ÇANAKKALE ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİLİZ ENGİN

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. ÇİĞDEM KAPTAN AYHAN

ÇANAKKALE – 2022

## ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Filiz ENGİN

21/01/2022

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde ve öncesinde, lisans eğitimimden bu yana, akademik anlamda bana çok şey katmış olmasının yanı sıra, her konuda bilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, öğrencisi olmaktan mutluluk ve onur duyduğum değerli danışman hocam Doç. Dr. Çiğdem KAPTAN AYHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca değerli görüş ve önerileri ile katkı sağlayan Doç. Dr. Çiğdem COŞKUN HEPCAN hocama ve lisansüstü eğitimim süresince yakın ilgi ve desteği için Prof. Dr. Tülay CENGİZ TAŞLI hocama teşekkürü bir borç bilirim. Tez araştırmalarım boyunca, gerekli verilerin sağlanmasında yardımcı olan, Çanakkale Belediyesi'ne ve Çanakkale Belediyesi'nde görev yapmakta olan Peyzaj Mimarı arkadaşım, Tuğçe CİVELEK'e teşekkür ederim.

Üzerimde emeği olan, öğrenimimin her aşamasında gösterdikleri özveri ve destekleri için tüm hocalarıma, ayrıca arazi çalışmalarındaki desteklerinden dolayı canım kardeşim Deniz GÜNAL, kuzenlerim Emre KENAR ve Uygur Batın ENCÜR'e, her zaman yanımda olan arkadaşım Pınar AKBUDAK YILDIRIM'a teşekkür ederim. Son olarak hayatımın her aşamasında maddi ve manevi destekleriyle hep yanımda olan canım annem Naciye GÜNAL ve babam Hakkı GÜNAL'a, uzak yakın demeden her zaman yardımımıza koşan, desteklerini hep hissettiren kayınpederim Şendoğan ENGİN ve kayınvalidem Zahide ENGİN'e, tez çalışması sürecinde dünyaya gelen ve bu aşamada büyüyen minik kızım Defne'm ve beni sabırla bekleyen canım oğlum Toprak'ıma, elbette bütün bu süreçte sevgisi ve ilgisi ile varlığına hep ihtiyaç duyduğum canım eşim Aytaç ENGİN'e sonsuz teşekkürler...

Filiz ENGİN

Çanakkale, Ocak 2022

## ÖZET

# EKOSİSTEM SERVİSLERİ ÇERÇEVESİNDE KENTSEL AÇIK- YEŞİL ALANLARIN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ; ÇANAKKALE ÖRNEĞİ

Filiz ENGİN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Çiğdem KAPTAN AYHAN

21/01/2022, 89

Kentsel açık yeşil alanlar yaşam kalitesi üzerindeki negatif etkileri azaltma olanağı sağlayan en temel bileşenlerden birisidir. Bu alanların sunduğu en önemli ekosistem servisleri/hizmetlerinden bazıları da kirleticileri uzaklaştırarak havayı temizleme, serinletme, ısı adası etkisini azaltma, karbondioksit depolama gibi hava kalitesinin artırılmasına yönelik faaliyetlerdir.

Çanakkale ili, yüksek tarımsal üretim değerlerinin ve gelişmeye açık potansiyelinin yanı sıra sahip olduğu doğal ve kültürel özellikleriyle çeşitli ölçekteki turizm faaliyetlerine ev sahipliği yapmaktadır. Aynı zamanda Çan ve Biga ilçelerinde faaliyet gösteren ve yenilerinin inşa edileceği ifade edilen termik santrallerin özellikle hava kalitesi açısından mevcut ve olası olumsuz etkileriyle de karşı karşıyadır. Her ne kadar Çanakkale kent merkezi mevcut santrallerden görece uzak olsa da uzun vadede trafikten ve ısınma amaçlı kömür kullanımından kaynaklı hava kirliliğiyle birleştiğinde kentsel yaşam kalitesini düşüren bir faktör haline alacaktır. Buradan yola çıkarak, Çanakkale kent merkezinde yer alan üç açık yeşil alan tez konusu çerçevesinde irdelenmiştir. Bu amaçla, Amerika Birleşik Devletleri Orman Servisi tarafından, kentsel orman ekosistem hizmetlerini değerlendirmek ve ölçmek için tasarlanmış i-Tree Eco modeli kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda incelenen alanlardaki bitki varlığının karbon depolama ve tutma, oksijen üretimi, hava kirliliğine neden olan kirleticilerin uzaklaştırılmasına yönelik katkısı ortaya konmuş ve alanlardaki en yaygın 10 tür temelinde değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre *Ulmus minor*, *Laurus nobilis*, *Cupressus sempervirens*, *Pinus brutia* ve *Acer negundo* hava kalitesine en

yüksek katkı sağlayan türler olarak belirlenmiştir. Böylece mevcut durum ortaya konarken aynı zamanda Çanakkale ve benzer koşullara sahip alanlar için hava kalitesi açısından daha uygun türler saptanmış ve gelecekteki bitki seçimleri için önemli veri tabanı oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ekosistem Servisleri, UFORE, Hava Kalitesi, Kentsel Açık-Yeşil Alanlar, i-Tree Eco, Çanakkale



## ABSTRACT

### **DETERMINING THE EFFECTS OF URBAN OPEN-GREEN AREAS ON AIR QUALITY IN THE CONTEXT OF ECOSYSTEM SERVICES; THE CASE OF ÇANAKKALE**

Filiz ENGİN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Animal Science

Assoc. Prof. Çiğdem KAPTAN AYHAN

01/21/2022, 89

Urban open green spaces are one of the most basic components that provide the opportunity to reduce the negative effects on the quality of life. Some of the most important ecosystem services offered by these areas are activities aimed at increasing air quality such as cleaning the air by removing pollutants, cooling, reducing the heat island effect, and storing carbon dioxide.

Çanakkale province hosts tourism activities of various scales with its natural and cultural characteristics as well as its high agricultural production values and potential for development. At the same time, the thermal power plants operating in Çan and Biga districts, which are said to be built, are also faced with the current and potential negative effects, especially in terms of air quality. Although Çanakkale city center is relatively far from the existing power plants, it will become a factor that reduces the quality of urban life in the long run, when combined with air pollution caused by traffic and the use of coal for heating purposes. Based on this, three open green areas in Çanakkale city center were examined within the framework of the thesis topic. For this purpose, the i-Tree Eco model designed by the United States Forest Service to evaluate and measure urban forest ecosystem services was used. As a result of the analyzes, the contribution of the plant existence in the examined areas to carbon storage and capture, oxygen production, removal of pollutants that cause air pollution has been revealed and evaluations have been made on the basis of the 10 most common species in the areas. According to the findings, *Ulmus minor*, *Laurus nobilis*,



*Cupressuss sempervirens*, *Pinus brutia* and *Acer negundo* were determined as the species that contributed the highest to air quality. Thus, while presenting the current situation, more suitable species in terms of air quality were determined for Çanakkale and areas with similar conditions, and an important database was created for future plant selections.

**Keywords:** Ecosystem Services, UFORE, Air Quality, Urban Open-Green Areas, i-Tree Eco, Çanakkale



# İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii

## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

1.1. Ekosistem Servisleri.....	1
1.1.1. Ekosistem Servislerinin Sınıflandırılması.....	2
Tedarik Servisleri.....	3
Düzenleyici Servisler.....	4
Kültürel Servisler.....	6
Destekleyici Servisler.....	9
1.1.2. Ekosistem Servislerinin Hesaplanması.....	9
1.2. Hava Kirliliği ve Hava Kalitesi.....	12
1.2.1. Öncelikli Kentsel Hava Kirleticileri.....	14
Karbon Monoksit (CO).....	15
Azot Dioksit (NO <sub>2</sub> ).....	16
Ozon (O <sub>3</sub> ).....	17
Partikül Maddeler (PM 2.5).....	17
Kükürt Dioksit (SO <sub>2</sub> ).....	19
1.2.2. Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler.....	20
Topoğrafik Etkenler.....	20
Klimatik Etkenler.....	21
1.3. Yeşil Altyapı.....	23
1.3.1. Yeşil Altyapının Faydaları.....	24

1.3.2. Yeşil Altyapı Bileşenleri.....	25
1.4. Kentsel Açık-Yeşil Alanlar.....	27

## İKİNCİ BÖLÜM ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Araştırma Konusuyla İlgili Çalışmalar.....	29
2.2. Araştırma Alanıyla İlgili Çalışmalar.....	31

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal.....	34
Halk Bahçesi.....	35
500. Yıl Parkı ve Rotary Parkı.....	38
3.2. Yöntem.....	40

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Çalışma Alanına Ait Verilerin Toplanması ve Veri Tabanına İşlenmesi.....	43
4.2. Verilerin Analizi.....	49
Türlere Göre Dağılım ve Ölçüm Sonuçları.....	49
Karbon Fayda Tahminleri.....	54
Oksijen Üretimi Tahminleri.....	58
Hava Kirliliğinin Giderilmesi.....	59

## BEŞİNCİ BÖLÜM SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Araştırma Bulgularının Ekosistem Servislerine Yönelik Değerlendirilmesi..	65
KAYNAKÇA.....	72
EKLER.....	I
EK 1. Türlere Göre DBH Dağılım Tablosu, Halk Bahçesi.....	II
EK 2. Türlere Göre DBH Dağılım Tablosu, 500. Yıl Parkı ve Rotary Parkı.....	III
EK 3. Türlere Göre Karbon Fayda Tahminleri, Halk Bahçesi.....	IV

EK 4. Türlerle Göre Karbon Fayda Tahminleri, 500. Yıl Parkı ve Rotary Parkı.....	V
ÖZGEÇMİŞ.....	VI



## SİMGELER VE KISALTMALAR

ES	Ekosistem Servisleri
MA	Millenium Ecosytem Assesment
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
CICES	Common International Classification of Ecosystem Services
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
UFORE	Urban Forest Effects
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
WHO	World Health Organization
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
HKKY	Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
UHKİA	Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards
EPA	United States Environmental Protection Agency
CO	Karbon monoksit
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksit
SO <sub>2</sub>	Kükürt dioksit
NO	Azot monoksit
HF	Hidrojen florür
HC	Hidrokarbonlar
PM	Partikül maddeler
SO <sub>3</sub>	Kükürt trioksit
O <sub>3</sub>	Ozon
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik asit
NO <sub>2</sub>	Azot dioksit
NO <sub>3</sub>	Nitrat
PAN	Peroksi asetil nitrat
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
UV	Ultraviyole ışınları
VOC	Uçucu organik bileşikler (Volatile Organic Compound)
µm	Mikrometre
NCDC	ABD Ulusal İklim Veri Merkezi (National Climatic Data Center)

DBH	Diameter at Breast Height
M	Metre
Cm	Santimetre
M <sup>2</sup>	Metrekare
Ha	Hektar
Kg	Kilogram
g	Gram
%	Yüzde oranı
TL	Türk Lirası
SH	Standart Hata
AGB	Above Ground Biomass
TUBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo No</b>	<b>Tablo Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 1</b>	Ekosistem Servisleri Sınıflandırması	3
<b>Tablo 2</b>	Kirleticilerin Sınıflandırılması	15
<b>Tablo 3</b>	Ağaç Envanteri Bilgi Formu, işlenen veriler	43
<b>Tablo 4</b>	Tacın ışığa maruz kalma durumu	47
<b>Tablo 5</b>	Halk Bahçesi'nde en yaygın 10 tür için DBH sınıfı dağılımı	52
<b>Tablo 6</b>	500. yıl ve Rotary Park'taki en yaygın 10 tür için DBH sınıfı dağılımı	53
<b>Tablo 7</b>	Halk Bahçesi'nde yaprak yoğunluğu en yüksek 10 tür	53
<b>Tablo 8</b>	Rotary park ve 500. Yıl parkı yaprak yoğunluğu en yüksek 10 tür	54
<b>Tablo 9</b>	Halk Bahçesi'nde en yaygın 10 tür için karbon fayda tahminleri	55
<b>Tablo 10</b>	500. Yıl Parkı/Rotary Park için en yaygın 10 türün karbon fayda tahminleri	55
<b>Tablo 11</b>	Halk Bahçesi Yıllık Oksijen Üretimi	58
<b>Tablo 12</b>	500. Yıl ve Rotary Parkı Yıllık Oksijen Üretimi	59
<b>Tablo 13</b>	Çanakkale Kent Merkezi 2020-2021 Yılı Kirletici Miktarları	64
<b>Tablo 14</b>	Toplam PM10 uzaklaştırma miktarı (ton/yıl)	69

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Yeşil Altyapının Faydaları	25
Şekil 2	Yeşil altyapı ağı	27
Şekil 3	Araştırma alanları	35
Şekil 4	Calvert Yalısı ve Ailesi	36
Şekil 5a/b	Halk Bahçesi tahmini eski sınırları ve bugünkü hali	37
Şekil 6	Halk Bahçesi	37
Şekil 7	500. Yıl ve Rotary Parkları	38
Şekil 8	Yahudi Mezar Taşları, 500. Yıl Parkı	39
Şekil 9	500. Yıl Parkı mevcut hali fotoğrafları	39
Şekil 10	Rotary park mevcut hali fotoğrafları	40
Şekil 11	i-Tree ülkelere göre kullanım yoğunluğu	41
Şekil 12	Çalışma alanına ait meteoroloji istasyonu belirleme ekranı	42
Şekil 13	Tree-H uygulaması ölçüm yöntemi	45
Şekil 14	Taç kayıp yüzdesi tahmin ölçütü	45
Şekil 15	DBH ölçüm yöntemi	46
Şekil 16	Tacın ışığa maruz kalma durumu	47
Şekil 17	Veri kayıt ekranı	48
Şekil 18	Halk Bahçesi türlere göre dağılım yüzdeleri	50
Şekil 19	500. Yıl ve Rotary Parkı türlere göre dağılım yüzdeleri	51
Şekil 20	Halk Bahçesi türlere göre karbon depolama miktarları	56
Şekil 21	500. Yıl Parkı/Rotary Parkı türlere göre karbon depolama miktarları	57
Şekil 22	Halk Bahçesi yıllık kirletici uzaklaştırma miktar ve değerleri	61



<b>Şekil 23</b>	500.Yıl ve Rotary Park yıllık kirletici uzaklaştırma miktar ve değerleri	61
<b>Şekil 24</b>	Halk Bahçesi aylara göre uzaklaştırılan kirletici miktarları	62
<b>Şekil 25</b>	500.Yıl/Rotary Parkı aylara göre uzaklaştırılan kirletici miktarları	63



# BİRİNCİ BÖLÜM

## GİRİŞ

### 1.1.Ekosistem Servisleri

Ekosistem servisleri (ES), dünyanın yaşam destek sisteminin işleyişi için kritik bir öneme sahiptir ve insanlığın doğrudan ve dolaylı olarak ekosistem fonksiyonlarından elde ettiği faydaların tümü olarak tanımlanmaktadır (Costanza vd., 1997). Bu tanım, insanoğlunun, iyi işleyen ekosistemlere ve doğal sermayeye güçlü bir şekilde bağlı olduğunun bir göstergesidir (Burkhard ve Maes, 2017).“Ecosystem Services- ES” teriminin dilimizde kelime karşılığı “Ekosistem Hizmetleri” olarak yer almaktadır. Ancak terim, bazı kaynaklarda “Ekosistem Hizmetleri” bazı kaynaklarda ise “Ekosistem Servisleri” olarak geçmektedir. Ekosistem Servisleri (ES) olarak kullanıldığında İngilizce ve Türkçe kısaltması aynı olacağı için metin içerisinde daha kolay anlaşılacaktır. Bu nedenle araştırmada terimin karşılığı olarak “hizmet” yerine “servis” kelimesinin kullanılması tercih edilmiştir.

Ekosistem servisleri kavramının ortaya çıkışı 1970’li yılların sonlarına dayanmaktadır. Westman’ın (1977)’de “doğal servisler” olarak ele aldığı bu terim, daha sonra Ehrlich ve Ehrlich (1981) tarafından “ekosistem servisleri” olarak kullanılmıştır (Braat ve de Groot, 2012). 1990’larda ekosistem servislerinin ekonomik değerlerini tahmin etmeye yönelik çalışmalar (Costanza ve Daly, 1992; Costanza vd., 1997; Daily, 1997; Toman, 1998; Wilson ve Carpenter, 1999) artış göstermiştir. Daha sonra Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (Millenium Ecosystem Assesment) (MEA, 2003), ekosistem servislerinin politika gündemine girmesine büyük katkı sağlamış ve o zamandan bu yana ekosistem servisleri ile ilgili literatür katlanarak artmıştır (Fisher vd., 2007).

Ekosistem servislerine yönelik çeşitli tanımlar, hala ekoloji ve ekonomi konusundaki ek bakış açıları ve argümanlar ile tartışılmaktadır (Braat ve de Groot, 2012). Bu tanımlar, ekosistem servisleri hakkında genel bir fikir birliğine varılmasına rağmen, önemli farklılıkların vurgulanabileceğini göstermektedir. Literatürlerde geçen ES ile ilgili tanımlar arasında üç tanesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tanımlara göre ES’ler:

- İnsan hayatının sürdürülebilmesi için gerekli olan doğal ekosistemler, koşullar ve süreçler (Daily, 1997),
- İnsan topluluklarının ekosistem işlevlerinden direkt veya dolaylı olarak sağladığı faydalar (Costanza ve diğerleri, 1997),
- İnsanların ekosistemlerden elde ettiği faydalardır (MEA, 2003).

Ekosistem servisleri için önemli bir kaynak olan Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi, 1300'den fazla bilim insanının yer aldığı bir çalışmadır. Bu çalışmanın kilit sonuçlarından biri, araştırılan 24 ekosistem servisinden 15'inin küresel olarak bir düşüş durumunda olduğu (MEA 2003) ve bunun gelecekteki insan refahı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olacağı yönündedir. Bu durum, insan refahı ile ilgili değişikliklerin değerlendirilmesi için ekosistem servislerinin ölçülmesi, modellenmesi ve haritalandırılması konusunda daha ayrıntılı araştırmalar yapılmasını gerektirmektedir. Bunu yapmak için, ekosistem servislerinin ne olduğunun ve nasıl sınıflandırılacaklarının açık bir şekilde ifade edilmesi gerekmektedir (Fisher vd., 2007).

### **1.1.1. Ekosistem Servislerinin Sınıflandırılması**

Ekosistem servislerinin tanımında olduğu gibi sınıflandırılmasında da bir dizi farklı tipoloji mevcut olsa da, ES'ne yönelik literatürde üç ana sınıflandırmanın (Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MEA), Ekosistemlerin, Biyoçeşitliliğin Ekonomisi (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) (TEEB) ve Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)) var olduğu görülmektedir. Bu 3 uluslararası sınıflandırmanın ortak noktası ekosistemlerin sağladığı faydaları genel itibariyle tedarik, düzenleyici ve sosyo-kültürel olarak nitelendirilebilecek üç temel başlıkta ele almalarıdır. TEEB ve CICES'in sınıflandırmasındaki önemli bir fark, ekolojik süreçlerin bir alt kümesi olarak görülen destek servislerinin ihmal edilmesi olmuştur. TEEB sınıflandırmasında destek servisleri yerine, ekosistemlerin göçmen türlere habitat sağlaması ve gen havuzu koruyucularının önemini vurgulamak için habitat servisleri adında ayrı bir kategori tanımlanmıştır (European Commission Technical Report, 2013). CICES ise Millennium Ekosistem Değerlendirmesi'nde önerilen ekosistem servislerinin tipolojisini başlangıç noktası olarak almasına rağmen, kapsam olarak 'neyin nihai hizmet' olarak değerlendirildiğinin belirlenmesine odaklanmıştır. Sınıflandırma yapısı, bölüm, küme, grup,

sınıf ve sınıf türü olarak ana ve alt kategorilerden oluşan 5 kademedeki oluşmaktadır (Haines-Young ve Potschin, 2018).

Bu tez çalışmasında TEEB ve CICES tarafından da benimsenen ilk büyük ölçekli ekosistem değerlendirmesi olan ve literatürde en yaygın kullanılan Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MEA) sınıflandırması temel alınmıştır. Bu sınıflandırmaya göre ekosistem servisleri, tedarik servisleri (provisioning), düzenleyici (regulating), kültürel (cultural) ve destekleyici (supporting) servisler olarak dört ana ekolojik işlev grubu altında toplanmaktadır (MEA, 2003) (Tablo 1).

Tablo 1  
Ekosistem servisleri sınıflandırması

<b>Tedarik servisleri</b>	<b>Düzenleyici servisler</b>	<b>Kültürel servisler</b>
Gıda	Hava kalitesinin ve iklimin düzenlenmesi	Kültürel çeşitlilik
Su	Su akışının düzenlenmesi	Manevi ve etik değerler
Biyolojik hammadde (odun, lif vb.)	Erozyon kontrolü	Bilgi sistemleri
Dekoratif kaynaklar	Su ve atık madde arıtımı	Eğitimsel değerler
Biyokimyasallar (tıbbi ürünler vb.)	Salgın hastalıkları önleme	İlham
Genetik kaynaklar	Zararlıların kontrolü	Estetik değerler
	Tozlaşmanın düzenlenmesi	Sosyal ilişkiler
	Doğal afet kontrolü	Mekan duygusu
		Kültürel miras değerleri
		Rekreasyon ve ekoturizm
<b>Destekleyici servisler</b>		
Madde döngüleri (besin, su, karbon döngüsü vb.)		
Oksijen üretimi		
Toprak oluşumu		
Türler için habitat oluşumu		

(MEA (2003) ve MEA (2005) 'ten yararlanılarak hazırlanmıştır)

### **Tedarik servisleri**

Tedarik servisleri, ekosistemlerin doğrudan sağladığı hammaddenin, insanlar tarafından işlenerek ya da işlenmeden kullanılması sonucu ortaya çıkan ürünlerdir. Gıda, su, biyolojik hammadde (odun, lif vb.), dekoratif kaynaklar, biyokimyasallar (tıbbi ürünler vb.) ve genetik kaynaklar bu ES'lerin arasında yer almaktadır (MEA, 2003).

Gıda, tüm dünyada insanların sağlıklı olmaları, yaşamlarını ve fiziksel gelişimlerini sürdürebilmeleri için gerekli bir ihtiyaç olup (Erkmen, 2010), bitkilerden, hayvanlardan ve

mikroorganizmalardan sayısız ve çeşitli şekilde karşılanabilmektedir (Arslan Muhacir, 2014).

Su, yaşam ortamının oluşmasında temel öğelerden biri olduğu gibi aynı zamanda kendisi bir yaşam ortamıdır (Akın ve Akın, 2007) ve bu nedenle düzenleyici servislerin içinde de yer alır. Tedarik servisi olarak, sucul ekosistemlerden sağlanan tatlı su, içme, kullanma, sulama ve endüstriyel amaçlarla kullanılmaktadır (Pamukçu, 2015).

Lead vd. (2005)'ne göre odun, lif, vb. gibi biyolojik hammaddeler, birçok farklı ekosistemden sağlanan bir servistir. Odun, orman ekosistemlerinden ve plantasyon yapılmış alanlardan karşılanmakta, lif ise hayvansal ürünlerden (yün, tiftik, deri, ipek vb.) ve tarım alanlarından (pamuk, keten vb.) elde edilebilmektedir (Albayrak, 2012).

Dekoratif kaynaklar, ticari amaçlı kullanılan ve dekorasyona yönelik değerlendirilen kaynaklardır. Bitkilerin peyzaj çalışmalarında ve iç mekânda kullanılması ya da hayvanlardan elde edilen deri, boynuz, diş gibi ürünlerin dekoratif amaçlarla ticarete yönelik kullanılması buna örnek olarak verilebilir (Pamukçu, 2015).

Biyokimyasallar; tıbbi ürünler, ilaçlar, gıda katkı maddeleri ve diğer biyolojik malzemeler gibi kaynaklar sağlarken, genetik kaynaklar; bitki, hayvan yetiştiriciliği ve biyoteknolojiden elde edilen genler ve genetik bilgileri kapsamaktadır (Albayrak, 2012).

### **Düzenleyici servisler**

Düzenleyici ekosistem servisleri, hava kalitesinin ve iklimin düzenlenmesi, su akışı ve erozyon kontrolü, su ve atık madde arıtımı, salgın hastalık önleme, zararlıların kontrolü, tozlaşmanın düzenlenmesi, doğal afet kontrolü gibi ekosistemlerin doğal süreçlerinden elde edilen faydalardır (MEA, 2003).

Hava kalitesinin ve iklimin düzenlenmesi en önemli ve kritik düzenleyici servisler arasında yer almaktadır. İnsan ve çevresi üzerine etki eden hava kirliliğinin bir göstergesi olan hava kalitesi (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 2008), volkanik patlamalar, orman yangınları gibi doğal nedenlerle ya da insan faaliyetleri, kentleşme ve

sanayileşme gibi etkenlerle bozulabilmektedir (Menteşe, 2017). Ekosistemlerin hava kalitesini ve toprak kaynaklarını etkilemesi, bunun yanında iklim üzerine etki eden birçok atmosferik bileşen için hem bir kaynak hem de bir havuz görevi görmesi; yeryüzü ve atmosferdeki süreçlerin düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Albayrak, 2012).

Su akışını düzenleme ve yüzey akışını hafifletme, düzenleyici servislerin sağladığı önemli faydalardan bir diğeridir. Sulak alanların yok edilmesi, ormanların ekim alanlarıyla değiştirilmesi veya ekim alanlarının kentsel alanlara dönüştürülmesi gibi arazi örtüsündeki değişikliklerden, sistemin su depolama potansiyeli güçlü bir şekilde etkilenmektedir (MEA, 2003).

Erozyon, ekosistemlerde çeşitli nedenlerle oluşan bozulmalar sonucu, toprağın koruyucu örtüsünden yoksun kalmasına ve verimliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Şiddetli erozyonla birlikte taşınan bitki besin maddeleri ve pestisitler akarsuların, göllerin, barajların ve denizlerin kirlenmesine ve içerisindeki sucul ekosistemlerin zarar görmesine de sebebiyet vermektedir (Doğan, 2011; Tüfekçioğlu ve Yavuz, 2016). Vejetatif örtü, toprak tutmada ve toprak kaymalarının önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (MEA, 2003).

Düzenleyici servisler arasında yer alan su ve atık madde arıtımı, ekosistemlerin iç sulara, kıyı ve deniz ekosistemlerine karışan organik atıkların filtrelenmesine ve ayrıştırılmasına yardımcı olması ve tatlı suları süzmesi hizmetidir (MEA, 2003). Atıklar; insan faaliyetlerinin yan ürünleridir. Endüstriyel, tarımsal, kimyasal, tıbbi ve evsel kullanımlarla oluşurlar. Bir ortamın insan refahına veya ekosistemlere zarar vermeden atıkları absorbe etme kapasitesi, ekosistemlerin atık işleme, ayrıştırma ve izole etme yeteneğine bağlıdır (Ahmed ve Osibanjo, 2005).

Ekosistemlerin salgın hastalıkları ve zararlıları önleme rolü, yapısındaki değişikliklerle ilişkilidir (MEA, 2003). Çevresiyle sürekli bir etkileşim halinde olan insanoğlunun yaşadığı mekân ve yaşam kalitesi arasında bir ilişki olduğu ve bunun hastalıklarla olan bağlantısı Hipokrat'tan beri bilinmektedir (Yiğit, 2011). Hipokrat yaklaşık 2500 yıl önce iklimin halk sağlığı üzerindeki etkileri hakkında gözlemler yapmış ve "hava, su ve yer" adını vermiş olduğu kitabında ani iklim değişikliklerinin veya olağandışı hava koşullarının çeşitli bulaşıcı hastalıklara yol açtığını belirtmiştir (Falagas vd., 2010). Bununla

beraber, ekosistemlerde meydana gelen değişimler bitki ve hayvanlardaki hastalık ve zararlılarının yayılımını da etkilemektedir (Burkhard ve Maes, 2017).

Ekosistemlerin polen transferindeki etkisi, tozlaşmanın düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Ekosistem değişiklikleri, tozlaştırıcıların dağılımını, bolluğunu ve etkinliğini etkilemektedir (MEA, 2003). Doğal karasal ekosistemler kuşlar, böcekler ve polen taşıyıcılar için yaşam alanı sağlarken, bitkilerin hayvanlar tarafından tozlaşmasına, insanlara gıda sağlanmasına ve biyoçeşitliliğin korunmasına yardımcı olmaktadır (Pamukçu, 2015).

Ekosistemler doğal afetlerin sıklığı ve şiddetini azaltma kapasiteleriyle doğal afet kontrolüne yardımcı olmaktadır. Aslında fırtına, sel ve yangınlar doğal olaylardır ve doğal döngü açısından önemlidirler ancak insan yerleşimleri düşünüldüğünde, doğal afet olarak nitelendirilecek büyüklükte zararlara neden olabilmektedirler (Albayrak, 2012).

### **Kültürel Servisler**

İnsanlık tarihi boyunca toplumların sahip olduğu kültürel kimlikler, daima ekosistemlerden güçlü bir şekilde etkilenmiş ve ekosistemlere göre şekillenmiştir. Aynı zamanda, insanlar da her zaman belirli ve değerli hizmetlerin kullanılabilirliğini artırmak için çevresini etkilemiş ve şekillendirmiştir (de Groot vd., 2005). Kültürel servisler, rekreasyon için uygun alanlar sağlayarak insanlar için kentsel alanların estetik kalitesini artırmakta, kültürel zenginleşme fırsatları sunmakta, yerel kimliği ve mekan duygusunu korumakta, böylece insan ve toplumsal refah için gerekli olan bir dizi maddi olmayan fayda sağlamaktadır (Geneletti vd., 2020). Herkes kültürel servislerden yararlansa da, kentsel yaşam üzerindeki etkileri çoğunlukla somut değildir ve insanlar tarafından doğrudan deneyimlenerek sezgisel olarak anlaşılabilir (Urban Biodiversity and Ecosystem Services (URBES) Project, 2014). Diğer birçok ES'lerden farklı olarak, kültürel servisler dışarıdan tedarik edilememekte ve insanlarla içinde yaşadıkları çevre arasında çok boyutlu bağlantılar sağlamaktadır (Andersson vd., 2015). MEA (2005) raporunda, kültürel servisler; insanların, manevi zenginleşme, bilişsel gelişim, yansıma, rekreasyon ve estetik deneyimler yoluyla ekosistemlerden sağladığı maddi olmayan faydalar olarak tanımlanmıştır. Ayrıca kültürel çeşitlilik, manevi ve etik değerler, bilgi sistemleri, eğitimsel değerler, ilham, estetik

değerler, sosyal ilişkiler, mekan duygusu, kültürel miras değerleri, rekreasyon ve ekoturizm şeklinde sınıflandırılmıştır.

Farklı ekosistem koşulları, doğal çevre ile yakın etkileşim içinde olan insanoğlunu etkilemiş, kültürel kimliklerini, değer sistemlerini ve ekonomik refahlarını şekillendirmiştir. Örneğin kıyı ve kutup bölgelerinde yaşayanlar balık avına bağımlı olma eğilimindeyken, dağlık bölgelerde yaşayanlar hayvancılıkla uğraşma ya da göçebe bir hayat tarzı sürme eğilimindedir, uygun iklim koşullarında ve verimli arazilerde yaşayanlar için ise tarım büyük önem taşımaktadır. Farklı ekosistem koşulları tarafından “dikte edilen” bu yaşam biçimleri ve geçim kaynakları, farklı bilgi sistemlerine ve kültürel çeşitliliğe yol açmaktadır (de Groot vd., 2005).

Manevi ve etik değerler, toplumların bazı doğal değerlere dinsel, kültürel ve manevi anlamlar yüklemesidir (MEA, 2003). İnsanların doğaya bakarak kendilerinden daha büyük bir şeyin parçası olduklarını düşünmeleri ya da doğaya bağlı olduklarını hissederek ona saygı duymaları gibi manevi değerler, ekosistemlerin getirdiği psikolojik faydalardır (Cooper vd., 2016).

Kültürel ve sosyal servisler tamamen insanların çevresel algısı ile belirlenir. İnsan algıları da bireyin veya topluluğun bir parçası olduğu bilgi sisteminin ürünüdür. Bilgi sistemleri, ekosistemlerin sahip oldukları özelliklere bağlı olarak hem geleneksel, hem de bilimsel bilgi elde etmek için fayda sağlamaktadır. Bilimsel bilgi büyük ölçüde bilim adamlarının, varsayımsal yöntemler ve tümevarımsal akıl yürütme yoluyla yaptıkları analizler sonucunda, geleneksel bilgi ise, farklı topluluklarda yerel olarak deneysel bir yaklaşımla, her birinin bilgi yaratma biçimindeki farklılıklarla ortaya çıkar ve nesilden nesile aktarılır (de Groot vd., 2005). Eğitim değerleri ise ekosistemlerin bileşen ve süreçlerinin, örgün ve yaygın eğitimin temeline katkıda bulunmalarıdır (MEA, 2003).

Ekosistemler tarih boyunca insanlar için bilimsel, sanatsal, folklorik ve mimari açılardan sınırsız bir ilham kaynağı olmuşlardır (Albayrak, 2012). İlham “bir şeyler yapmak ya da hissetmek, özellikle yaratıcı bir şeyler yapmak için zihinsel olarak uyarılma sürecidir” şeklinde tanımlanmaktadır. Bu “bir şey”, örneğin, ilham verici bir değeri somutlaştıran ve diğer insanlar için daha fazla kültürel fayda kaynağı olabilecek bir eylem veya bir sanat eseri



olabilir (Coscieme, 2015). Kültürel ekosistemlerin ilham değeri, sanat için ilham kaynağı olmak veya doğa ile sanat yaratmak gibi yönleri içermektedir (Riechers vd., 2016).

Doğal ortamlar, tüm dünyadaki insanlar için önemli bir estetik zevk kaynağıdır. Doğanın yüksek estetik değeri, iç mekânlarda dekoratif unsurlar olarak bitki ve çiçeklerin kullanılması, doğal ortamları gösteren bilgisayar ekran koruyucularının kullanılması (de Groot vd., 2005) ve pek çok insanın estetik açıdan çekici bir çevrede yaşama tercihi, ekosistemlerin estetik boyutunu değerlendirmenin ve değer vermenin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Vasiljevic ve Gavrilovic, 2019).

Ekosistemler belirli kültürlerde oluşan sosyal ilişki türlerini de etkilemektedir (MEA, 2005). ES'nin mekâna özgü unsurları, belirli bir yerin sosyal yapısı ve işlevi ile birleşerek insanlar için farklı sosyokültürel değerler ortaya çıkarmaktadır. Bunun yanında mekan duygusu, insanlar ve ekolojik alanlar arasındaki duygusal bağlardan ve bir yere ait olma ihtiyacından ortaya çıkmaktadır. MEA (2003) raporunda mekan duygusu; “birçok insan, ekosistemin özellikleri de dahil olmak üzere, çevrelerinin tanınmış özellikleriyle ilişkili olan “yer hissine” değer vermektedir” şeklinde açıklanmıştır.

Kültürel miras değerleri, hem kolektif hem de bireysel olarak insanoğlunun tarihsel kökleriyle ilişkili, karakteristik özelliklere sahip ekosistemler ve manzaralarla bağlantılıdır (de Groot vd., 2005). Bu ekosistemler ve peyzaj unsurları, bölgenin gelişimi, kimliğinin anlaşılması, sürekliliği ve bölge sakinlerinin peyzajla özdeşleşmesi için önem taşımaktadır (Vollmer vd., 2001).

Birçok ekosistem, insanların dinlenmek, rahatlamak, serinlemek ve çeşitli açık alan aktiviteleri için gidebilecekleri bir yer olarak önemli bir değere sahiptir. Estetik nitelikleri ve neredeyse sınırsız çeşitlilikteki manzaraları sayesinde doğal ve kültürel ortamlar, doğa yürüyüşü, kuş gözlemciliği, kampçılık, yüzme, binicilik gibi doğa aktiviteleri için birçok fırsat sunar (de Groot vd., 2005). Ekosistemlerin kültürel bir hizmeti olarak rekreasyon Butler (1972)'a göre; “insanın bir kazanç amacıyla ya da zorunlu olarak değil, bedensel, ruhsal aynı zamanda yaratıcı bir kaynak olması nedeniyle ihtiyaç duyduğu ve insanda hoş ve doyurucu duygular bırakan eylemlere verilen addır” şeklinde tanımlanmıştır (Özkan, 2001). Ekoturizm ise kültür turizmi unsurlarına sahiptir ve geleneksel rekreasyon şekillerine

ek olarak, yerel toplumla gönüllü ve ortak yaşam sürerek, doğal ekosistemlerle hayatta kalan yerel kültürlerin keşfedilmesine olanak sağlar (Vasiljevic ve Gavrilovic, 2019).

### **Destekleyici Servisler**

Destekleyici ekosistem servisleri, tüm diğer ekosistem ürün ve servislerinin var oluşunu destekleyen ve dünya üzerinde hayatın var olmasını mümkün kılan unsurlar ve doğal süreçlerdir (Anonim, 2018). Diğer sınıflamalardan farklı olarak; insanlar üzerindeki etkileri dolaylı veya çok uzun bir sürede meydana gelmektedir. Ekosistemdeki madde döngülerini (besin, su, karbon döngüsü gibi), oksijen üretimini, toprak oluşumu ve türler için habitat oluşumunu sağlamaktadır (MEA, 2003).

#### **1.1.2. Ekosistem Servislerinin Hesaplanması**

Kentler, çağın değişen gereksinimleri ve güçlü teknolojik müdahaleler ile hızlı bir değişim süreci yaşamaktadır (Önder ve Polat, 2012). Bunun sonucunda yoğun yapılaşma, nüfus artışı ve göçlerin etkisiyle sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlar artmakta ve bu sorunlar kentsel yaşam kalitesini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılması ihtiyacını doğurmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir arazi kullanımı sorununu çözmek için kentsel planlama ve tasarıma yönelik yenilikçi yaklaşımlar giderek daha önemli bir hale gelmiştir (Ahern vd., 2014). Fiziksel planlama kararları verilirken, ekolojinin temel esasları doğrultusunda, ekosistemlerin ve ekosistemlerden sağlanan servislerin dikkate alındığı metotlardan yararlanılarak koruma ve kullanma açısından sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir (Pamukçu, 2015).

Ekosistem servislerinin sayısal değerlerinin belirlenmesi son yıllarda uluslararası düzeyde yoğun olarak ele alınan önemli bir araştırma konusudur. Ekosistemlerin ve hizmetlerinin işleyişi insan refahının pek çok yönünü etkilediğinden, etkilerinin büyüklüğünü/değerini ölçmek için geniş bir gösterge seti kullanılabilir ve kullanılmalıdır (de Groot vd., 2010). Ekosistem servislerinin sayısal ifadelerinin ortaya konması ihtiyacının temel nedeni, öneminin insanlar tarafından daha iyi anlaşılabilmesidir. Böylece bu servislerin sağladığı katkılarla ilgili ekonomik değerlerin belirlenerek, elde edilen sonuçların

akademi, politika ve finans mekanizmaları tarafından insan refahına ilişkin planlama ve karar alma süreçlerine dahil edilmesi mümkün olacaktır.

Çeşitli servislerin farklı amaçlar doğrultusunda sayısal olarak ifade edildiği araştırmalar için değişik yöntemler ve yazılımlar geliştirilmiştir. Serengil vd. (2016), tarafından geliştirilen EcoS-TR ve Gül vd. (2015) tarafından geliştirilen, Kent Ağaçları Bilgi Sistemi Modeli (KABSİS) bunlardan bazılarıdır. Vihervaara vd. (2017) yaptıkları çalışmada, ES'nin biyofiziksel stoklarını ve akışlarını ölçmek için düşünülebilecek üç yaklaşım sunmuşlardır; doğrudan ölçümler, dolaylı ölçümler ve (sayısal) modelleme.

Bir ekosistem servisi göstergesinin doğrudan ölçümleri, tüm çalışma alanını temsili bir şekilde kapsayan gözlemler, izleme, anketler veya anketlerden bir durumun, miktarın veya sürecin gerçek ölçümü olup birincil veri olarak da adlandırılmaktadır. Bir ulusal parkı ziyaret eden ziyaretçi sayısını (doğaya dayalı rekreasyon) saymak; bir orman standındaki toplam kereste hacminin ölçülmesi (kereste üretimi); bir kamış yatağının azot oksitlerinin salınmasının veya yapraklarda sülfür dioksit birikiminin izlenmesi (su ve hava filtrasyonu); bir çiftliğin mahsul veriminin kaydedilmesi (mahsuller); taşkın ovasının hacimsel kapasitesinin ölçülmesi (taşkın kontrolü); zaman içinde su kalitesinin iyileştirilmesini izleme (su arıtma); yeraltı su katmanlarından gelen suyun miktarını ölçmek (su temini) veya vatandaşlara çilek, mantar veya kestane (yabani gıda ürünleri) almak için bir ormanı kaç kez ziyaret ettiklerini sormak doğrudan ölçümlere verilebilecek örneklerdendir (Vihervaara vd., 2017).

Ekosistem servislerinin dolaylı ölçümleri biyofiziksel bir değer sağlar, ancak bu değer daha fazla yorumlanmasına, belirli varsayımlara veya veri işlemeye ihtiyacı vardır ya da bir ekosistem servisini ölçmek için kullanılmadan önce bir modelde diğer çevresel bilgi kaynaklarıyla birleştirilmesi gerekir. Birçok durumda, uzaktan algılama yoluyla toplanan değişkenler dolaylı ölçüm olarak nitelendirilir. Karasal ekosistemlerdeki ölçümlere örnek olarak arazi yüzey sıcaklığı, arazi örtüsü, su katmanları, yaprak alanı endeksi, deniz ekosistemlerine örnek olarak deniz yüzeyi sıcaklığı ve klorofil A konsantrasyonu verilebilir. Buna ek olarak, şehirlerdeki mikro iklim düzenlemesi (buharlaştırma yoluyla ısı dalgaları sırasında sıcaklık azalması ve gölge sağlanması) kentsel ormanın toplam yüzey alanı ölçülerek yaklaşık olarak tahmin edilebilir (Vihervaara vd., 2017).

Doğrudan veya dolaylı ölçüm yapılamıyorsa ES modelleme kullanılabilir. Hizmetleri düzenlemek ve gerçek ekosistem hizmet akışlarını ölçmek için modelleme bazen tek seçenektir. Örnek olarak, toprak erozyonu genellikle erozyona eğilimli bölgelerde, yamaçlarda ekili arazilerde doğrudan ölçülebilir. Bununla birlikte, bitki örtüsünün koruyucu örtüsü nedeniyle aşınmayan toprak miktarının tahmin edilmesi ölçülemez. Ancak toprak erozyonu miktarı, çeşitli şekillerde modellenebilir. Örneğin bitki örtüsünün varlığını taklit eden ya da koruyucu bitki örtüsünün kasıtlı olarak sifıra ayarlandığı bir modelleme yapılabilir. Ekili alan ya da çıplak toprak parametrelerine karşılık gelen parametrelerle karşılaştırılacak şekilde de modellenebilir (Vihervaara vd., 2017).

Ekosistem servislerinin hesaplanmasında geliştirilen araçlar basit tablolama modellerinden karmaşık yazılım paketlerine kadar uzanmaktadır. ENVI-MET, CITYgreen ve i-Tree (UFORE) bu amaçla geliştirilen yazılımlardan birkaçıdır. ENVI-MET, bir kentsel veya peyzaj ortamının tüm farklı unsurlarının birbiriyle etkileşime girdiği bütünsel bir mikro iklim modelidir. Bu simülasyon yazılımıyla, mimari ve kentsel planlamaların, dış mekanın mikro iklimi üzerindeki etkileri araştırılarak, ölçülür (Bruse, 2017). ArcGIS yazılımının bir uzantısı olan CITY green ise, kentsel alanlarda yeşil altyapı ile ilişkili bir dizi farklı özelliği haritalamak, ölçmek ve analiz etmek için geliştirilmiş bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılım programıdır (Wigley, 2015). Ağaçların ve diğer peyzaj özelliklerinin enerji kullanımı, yağmursuyu akışı, hava kirliliği, karbon tutulması ve doğal yaşam ortamları için faydalarını değerlendirir (Longcore vd., 2004). Bu tez çalışmasının yöntemi olarak seçilen i-Tree Eco ise, Urban Forest Effects (UFORE) modeline göre geliştirilmiştir ve sahada incelenen kentsel bitkilere ait konumsal veriler, yağış verileri ile hava kirletici ölçüm verileri kullanarak, ağaç topluluklarının yapısını değerlendirir ve bitkilerin sağladığı ekosistem servislerini nicelleştirir (Hirabayashi, 2012). Bu yazılımla ilgili detaylara yöntem başlığı altında ayrıntılı olarak yer verilecektir.

## **1.2.Hava Kirliliği ve Hava Kalitesi**

Dünyanın sürekli olarak hızlı bir değişim ve gelişim süreci içinde olması ile birlikte, artan sanayileşme, kentleşme, gelişen modern tarım ve teknolojiye bağlı olarak toplumsal refahı arttırıyor olsa da, doğal kaynakların kısıtlılığı ve bilinçsizce kullanımı sonucunda yeryüzü kirlenmeye başlamıştır (Baykal ve Baykal, 2008; Aleş, 2019). Uygulanan yasal

düzenlemelere, endüstriyel emisyonların kontrolüne, bazı kimyasal maddelerin kullanımının yasaklanmasına ve hava kalitesi standartlarında yapılan iyileştirmelere rağmen hava kirliliği, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunları hız kesmeden devam etmektedir (Özkurt, 2011).

Hava kirliliği sorunu, ülkeleri birbirlerine karşı sorumlu kılan en bağlayıcı kirlilik türü olup, etkisinin hızlı hissedilmesi ve geniş alanlara yayılması sonucunda ciddi boyutlara ulaşması nedeniyle, diğer kirlilik türleri ile karşılaştırıldığında ilk sıralarda yer almaktadır (Sofuoğlu 2003; Menteşe, 2017). Hava kirliliği, doğal olarak havada bulunmayan maddelerin, çevre ve insan sağlığına zarar verecek, ekolojik dengenin bozulmasına neden olabilecek düzeyde, katı, sıvı veya gaz formunda atmosferde bulunması ya da normalde zararlı olmayan miktarlarda bulunan maddelerin havadaki miktarının artması şeklinde tanımlanmaktadır (Cavkaytar vd., 2013; Bayram vd., 2006; Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği [TMMOB] Çevre Mühendisleri Odası, 2018).

Hava kirliliğine sebep olan kaynaklar, doğal ve yapay kaynaklar olarak iki sınıfa ayrılmakta olup, yapay kaynaklar kirlilik problemi üzerinde daha baskın bir etki yaratmaktadır. Doğal kaynaklar; çöl fırtınaları ile taşınan partikül maddeler, orman yangınları ile ortaya çıkan gaz ve partikül kirleticiler, okyanus ve denizlerden atmosfere karışan sıvı damlacıklar, volkanik patlamalar sonucu meydana gelen büyük kül bulutları ve gaz kirleticiler, bitkilerden atmosfere atılan organik bileşiklerdir. Yapay (antropojenik) kaynaklar; sabit ve hareketli kaynaklar olarak iki gruba ayrılır ve tümüyle antropojenik faaliyetler sonucu ortaya çıkmaktadır. Sabit kaynaklar termik santraller, petrokimya tesisleri, metal sanayi tesisleri, boya sanayi tesisleri, plastik sanayi, çimento sanayi, deterjan sanayi tesisleri gibi tüm endüstriyel tesisleri ve evsel ısınma amaçlı yakıt yakılmasını kapsamaktadır. Hareketli kaynaklar ise ulaşım amaçlı kullanılan tüm motorlu kara taşıtları, gemiler, trenler ve uçaklardan oluşmaktadır (Saral, 2011).

Hava kirliliğine sebep olan antropojenik kaynaklar için bir diğer sınıflandırılma şekli de noktasal, alansal ve çizgisel olarak nitelendirilmektedir. Noktasal kaynaklar, sabit bir noktadan çıkan, tek başına isim ya da lokasyon olarak tarif edilebilen, kirletici konsantrasyonu yüksek ve tehlikeli boyutta olan güç santralleri, rafineriler gibi endüstriyel kaynaklardır (Aydoğan, 2019; İm vd., 2008). Alansal kaynaklar, noktasal olarak değerlendirilemeyecek kadar küçük ve emisyon miktarlarının, tüm kaynaklardan salınan

miktarların toplamı olarak ölçüldüğü kaynaklardır. Daha çok fosil yakıtların kullanıldığı ticari ve evsel ısınmadan kaynaklanan emisyonlar buna örnektir (İm vd., 2008). Çizgisel kaynaklar ise, bir çizgi boyunca hareket eden, trafikten kaynaklanan emisyonlardır (Aydoğan, 2019) ve aracın yaşı, motorun çalışma devri, çalışma sıcaklığı, ortam sıcaklığı, ortam basıncı, yakıt türü ve kalitesi gibi parametrelere bağlıdır (Mangır vd., 2008).

Hava kalitesi, hava kirliliğinin insanlar ve çevreleri üzerindeki etkilerinin bir göstergesi olan ve havadaki kirleticilerin miktarlarının artması sebebiyle azalan atmosfer kalitesidir (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 2008). Aynı zamanda kirletici parametrelerin havadaki konsantrasyon değerinin insan sağlığına ve ekolojik sisteme zarar vermeyecek miktarda, yoğunlukta ve sürede bulunması şeklinde de ifade edilmektedir (Anonim, 2017). Temiz hava, insan sağlığı ve esenliğinin temel bir gereksinimi olarak kabul edilir. Bununla birlikte, hava kirliliği dünya çapında sağlık için önemli bir tehdit oluşturmaya devam etmektedir (World Health Organization [WHO], 2005). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün verilerine göre, hava kirliliği nedeniyle dünya genelinde her yıl 4.2 milyon kadar ölüm gerçekleşmektedir (WHO, 2020). Hava kirliliğini dünya çapında kontrol altına almak ve kirleticilerin verdiği zararları önlemek amacıyla temiz hava eylem planları geliştirilmiş, kirletici yayılım standartları oluşturulmuş ve belirli limit değerler ile emisyon kriterleri belirlenerek DSÖ tarafından ülkeler arası anlaşmalar yapılmıştır (Bayram vd., 2006; Sarı, 2019).

Ülkemizde hava kirliliği hakkında yapılan ilk yasal düzenleme anayasanın 56 ıncı maddesinde yer alan “Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir” hükmüdür (Sarı, 2019). Ancak hava kalitesi yönetimi çerçevesinde süregelen çalışmaların temelini, 1986 yılında çıkan ve yasal dayanağını 1983 yılında yürürlüğe girmiş olan 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun ilgili maddelerinde öngörülen amaç ve ilkelerinden alan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) oluşturmaktadır (Saral, 2011; Çakır Sümer 2014). 2005-2007 yılları arasında hava kalitesinin iyileştirilmesi ve hava kirliliğinin doğru bir şekilde ölçülmesi amacıyla Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından, 81 ilde ölçüm istasyonları kurulmuş ve Türkiye genelinde Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (UHKİA) oluşturulmuştur (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019).

### 1.2.1. Öncelikli Kentsel Hava Kirleticileri

Dünyayı kuşatan ve yaşamın sürmesini sağlayan atmosfer değişken yoğunlukta gazların oluşturduğu katmanlar halinde sınıflandırılarak ifade edilen bir gaz kütesidir. Atmosferin yaklaşık % 95'ini troposfer adı verilen en içteki katman oluşturmaktadır ve bu katmandaki kuru havanın, % 78'i azot,%21'i oksijen ve % 1 argondan oluşmaktadır ("Avrupa Çevre Ajansı", 2013).

Doğal olaylar ve insan etkileriyle ortaya çıkan çeşitli kimyasallar, temiz havanın dünya yüzeyinin bir yanından diğer yanına hareket etmesiyle, troposferde atmosferin doğal bileşenleriyle karışır ya da reaksiyona girerler. Bu potansiyel hava kirleticilerinin bazıları, hava hareketleri ve türbülans etkisiyle sulanarak, bazıları da katı parçacıklar, akışkan damlacıklar ya da yağışta çözülmüş kimyasallar olarak yeryüzüne düşmeden önce uzun mesafelere taşınırlar (Erdem, 1999).

Troposferde bulunan yüzlerce hava kirleticisi kaynaktan çıkışlarına göre iki sınıfa ayrılmaktadır. Birincil (Primer) kirleticiler, doğal olaylar ya da insan etkileri sonucunda kaynaktan doğrudan çıkan ve salındıkları halleriyle atmosferde bulunan bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Erdem, 1999; Tosun, 2017; Gündüz, 2018). İkincil (Sekonder) kirleticiler ise kaynaktan çıktıktan sonra atmosferde bulunan bir ya da daha fazla hava bileşeni arasında gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşmaktadırlar (Yücedağ ve Kaya, 2016; Erdem, 1999) (Tablo 2).

Tablo 2  
Kirleticilerin sınıflandırılması

<b>Birincil kirleticiler</b>	<b>İkincil kirleticiler</b>
Karbon Monoksit (CO)	Kükürt Trioksit (SO <sub>3</sub> )
Karbon Dioksit (CO <sub>2</sub> )	Ozon (O <sub>3</sub> )
Kükürt Dioksit (SO <sub>2</sub> )	Sülfürik Asit (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ),
Azot Monoksit (NO)	Azot dioksit (NO <sub>2</sub> )
Hidrojen Florür (HF)	Nitrat(NO <sub>3</sub> )
Hidrokarbonlar (HC)	Peroksi asetil nitrat(PAN)
Partikül maddeler (PM 2.5)	Aldehitler

(Erdem,1999)

Hava kalitesini etkileyen Karbon Monoksit (CO), Azot dioksit (NO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Partikül maddeler (PM 2.5) ve Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>) Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (United States Environmental Protection Agency [EPA])’nın Temiz Hava Yasası’nda tanımlanan “kriter hava kirleticileri” olarak adlandırılır. Kriterlerin her biri için Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartları (National Ambient Air Quality Standards [NAAQS]) belirlenmiştir. Bu standartlar dış ortamdaki her bir kirleticinin konsantrasyonu için geçerlidir (“EPA”, 2021). Ülkemizde kullanılan Ulusal Hava Kalitesi İndeksi de, EPA Hava Kalitesi Standartlarının ulusal mevzuatımız ve sınır değerlerimize uyarlanması sonucu oluşturulmuştur. Bu bağlamda tez çalışması kapsamında, antropojenik kaynaklar sınıfına giren ve hava kalitesini etkileyen başlıca kirleticilerden olan kriter hava kirleticileri ele alınacaktır.

### **Karbon Monoksit (CO)**

Karbon monoksit (CO), dünya atmosferindeki ana reaktif eser gazlardan biridir; hem atmosferik kimyayı hem de iklimi etkiler (Badr ve Probert, 1994). Bir karbon ve bir oksijen atomundan oluşan bu molekül, birincil hava kirleticilerin en önemlilerindedir. Doğası gereği renksiz, kokusuz, tatsız bir gazdır ve benzin, doğal gaz, petrol, kömür, odun gibi karbon içeren yakıtların eksik yanmasının bir ürünüdür (“EPA”, 2021; Curtis vd., 2006; “National Research Council”, 2002). Görünmez bir tehdit niteliğinde olan bu gaz büyük miktarlarda solunduğunda, kan akışıyla kalp ve beyin gibi kritik organlara taşınabilecek oksijen miktarını azaltarak, baş dönmesine, bilinç kaybına ve ölüme neden olabilir (“EPA”, 2021). Karbon monoksit, doğal ve antropojenik olarak atmosfere salınır ancak sanayileşme başladığından beri antropojenik kaynaklardan meydana gelen emisyon oranları giderek artmaktadır, en büyük antropojenik karbon monoksit kaynağı araç emisyonlarıdır. Kentsel bölgelerde trafiğin en yoğun olduğu saatlerde ve büyük endüstriyel bölgelerde yoğunluğunun yüksek olduğu gözlenmektedir (Badr ve Probert, 1994; “National Research Council”, 2002). Bunun yanında karbon monoksitin atmosferik ömrü (ortalama 1-2 ay), kıtalar arası taşınmasını ve yarı küresel hava kirliliğini sağlayacak kadar uzundur (Akimoto, 2003).



## **Azot dioksit (NO<sub>2</sub>)**

Herkes ortam havasında az miktarda azot okside maruz kalır, çünkü bu bileşiklerin temel kaynağı atmosferin % 78'ini oluşturan azottur (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2002; Baş, 2019). Azot oksitler (NO<sub>x</sub>) havadaki önemli kirletici gazlardandır. Yedi azot oksidi vardır: NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Bununla birlikte, hava kirliliğinde sadece ikisi önemlidir: birincil kirletici olan nitrik oksit (NO) ve hem birincil hem de ikincil kirletici olabilen azot dioksit (NO<sub>2</sub>) (Evcı, 2009). Bu tez çalışmasında, havadan ağır ve tahriş edici bir kokuya sahip, kırmızımsı kahverengi renkli bir gaz olan azot dioksit (O'Kiely vd.,1999) ele alınacaktır.

Azot dioksitin atmosfere yayılımı, motorlu taşıtların egzozundan, kömür, petrol veya doğal gazın yanmasından, enerji santralleri ve arazi ekipmanlarından kaynaklanan emisyonlardan gerçekleşir (ATSDR, 2002; "EPA", 2021). Atmosfere yayılan bu gaz, havada yaygın olarak bulunan diğer maddelerle reaksiyona girerek atmosferde hızla parçalanır. Azot dioksitin güneş ışığı tarafından üretilen kimyasallarla reaksiyonu, asit yağmurunun önemli bir bileşeni olan nitrik asit oluşumuna yol açar ayrıca güneş ışığı ile reaksiyona girerek soluduğumuz havada ozon ve duman koşullarının oluşmasına neden olur (ATSDR, 2002).

Yüksek konsantrasyonda NO<sub>2</sub> içeren havanın solunması, insan solunum sistemindeki hava yollarını tahriş edebilir. Kısa süreli bu tür maruziyetler solunum hastalıklarını, özellikle astımı şiddetlendirebilir, solunum semptomlarına (öksürme, hırıltılı solunum veya nefes almada zorluk gibi) yol açabilir. Yüksek NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına daha uzun süre maruz kalmak astım gelişimine katkıda bulunabilir ve solunum yolu enfeksiyonlarına yatkınlığı artırabilir. Astımlı insanlar, çocuklar ve yaşlılar genellikle NO<sub>2</sub>'nin sağlık etkileri için daha büyük risk altındadır ("EPA", 2021).

## **Ozon (O<sub>3</sub>)**

Üç oksijen atomu ile doğal olarak oluşan bir bileşik olan ozon, atmosferde en yoğun olarak troposfer ve stratosfer tabakaları olmak üzere iki ayrı tabakada bulunmaktadır. Bulunduğu yere göre iyi veya kötü olarak nitelendirilen bu bileşik, atmosferin dünya

yüzeyinden yaklaşık 10-50 km yukarısındaki katmanı olan stratosferde güneşin zararlı ultraviyole (UV) ışınlarını emerek miktarını azaltır ve koruyucu bir tabaka oluşturur; bu tabakada yer alan ozon stratosferik ozon veya iyi ozon olarak isimlendirilir. Kötü ozon olarak isimlendirilen troposferik ozon ise, yer yüzeyi ile 10-15 km arasında bulunur ve insanlar ile çevre üzerindeki etkileri nedeniyle zararlı bir hava kirleticidir (“EPA”, 2021; “National Research Council”, 2008,s. 48). Troposferik ozon, duman oluşumundaki duman oluşumundaki ana bileşendir ve havaya doğrudan yayılmaz, ancak azot oksitleri (NO<sub>x</sub>) ve uçucu organik bileşikler (VOC) arasındaki kimyasal reaksiyonlarla oluşur. Motorlu taşıtlar, enerji santralleri, endüstriyel kazanlar, rafineriler, kimyasal tesisler ve diğer kaynaklar tarafından yayılan kirleticiler güneş ışığı varlığında kimyasal olarak reaksiyona girerek havadaki ozon konsantrasyonunun artmasına neden olur. Atmosferdeki ozon konsantrasyonu kentsel ortamlarda ve sıcak güneşli günlerde daha sağlıksız seviyelere ulaşabilir, ancak rüzgârla uzun mesafelere taşınabilmesi, kırsal bölgeler için de risk oluşturmasına sebep olabilmektedir (“EPA”, 2021).

Ozonun insan sağlığı üzerindeki etkileri, göğüs ağrısı, öksürük, boğaz tahrişi ve hava yolu iltihabı gibi çeşitli sağlık sorunlarını tetiklemesi, ayrıca akciğer fonksiyonlarını azaltarak akciğer dokusuna zarar vermesi şeklinde olabilir. Bunun dışında çevresel etkileri; ormanları, parkları, vahşi yaşam sığınma alanlarını ve vahşi alanları içeren hassas bitki örtüsünü ve ekosistemleri etkilemesidir (“EPA”, 2021).

### **Partikül Maddeler (PM 2.5)**

Havada bulunan damlacıkları ve parçacıkları ifade eden partikül maddeler, önemli çevresel etkileri nedeniyle izlenmesi ve kontrol edilmesi gereken bir hava kirletici grubudur (ATSDR, 2016; Yatkin ve Bayram, 2007). Partikül maddeler doğal ve antropojenik faaliyetlerden kaynaklı olmak üzere pek çok farklı boyut ve şekilde havaya karışabilir. Doğal olarak karışması, toprak, çöller ve yollardan rüzgârlarla üflenen tozlar, volkanlar ve yangınlarla havaya karışan küller, havada serbest ya da kümeler halinde dolaşan bioaerosollar ve deniz ekosistemlerinden atmosfere karışan deniz tuzu parçacıkları şeklinde gerçekleşir. Bunun yanında motorlu taşıtlar, fabrikalar, santraller, endüstri tesisleri, şantiyeler vb. gibi insan kaynaklı faaliyetlerin veya kükürt dioksit ve azot oksitler gibi kimyasalların karmaşık reaksiyonlarının bir sonucu olarak oluşabilirler. Oluşan bu partikül

maddelerin etki oranları ve yoğunlukları bölgesel olarak değişim gösterebilir (Curtis vd., 2006; ATSDR, 2016; Yatkın ve Bayram, 2007; “EPA”, 2021; Alçay ve Yalçın, 2015). Parçacık çaplarına göre isimlendirilen partiküller, 10 mikrometre (10 µm) ve daha küçük çapa sahipse PM 10, 2,5 mikrometre (2,5 µm) ve daha küçükse PM 2.5 olarak adlandırılır ve büyüklük derecesine göre bazıları toz, kurum duman gibi çıplak gözle görülebilecek kadar büyük olup, bazıları ise sadece bir elektron mikroskobu kullanılarak tespit edilebilir (“EPA”, 2021). PM'nin atmosferdeki varlığı ve taşınması, partiküllerin büyüklüğü ile doğrudan ilişkilidir. Havaya girdikten sonra, daha büyük parçacıklar yerçekimi etkisinden dolayı hızla çöker(Brito ve diğerleri, 2018). Bir kısmı rüzgârla birlikte taşınır ve rüzgâr hızı arttıkça seyrelirler (Varınca vd., 2008). Daha küçük parçacıklar ise havada binlerce kilometre boyunca seyahat edebilir, okyanuslar boyunca taşınıp diğer kıtalara ulaşabilirler (Wilkening vd., 2000; Gyan vd., 2005; Curtis vd., 2006).

Partikül maddelerin insan sağlığı üzerindeki etkileri de boyutlarına bağlı olarak değişmektedir. PM 10 ve 10 µm'den küçük çaptaki parçacıklar solundukları zaman ciğerlerin derinliklerine hatta doğrudan kan dolaşımına nüfuz edebilir ve bu nedenle büyük parçacıklara oranla daha ciddi sağlık sorunlarına yol açabilirler. Solunum yolu enfeksiyonları ve astım dışında, kalp krizi ve felç de dahil olmak üzere kardiyovasküler sistem üzerinde pek çok zararlı etkiye sebep olabilirler (“EPA”, 2021; “National Academies of Sciences”, 2008). PM'nin belirlenen en önemli çevresel etkileri ise, güneş ışığını azaltmaları, görüş mesafesini düşürmeleri, uzun mesafe taşınmaları ile deniz ekosistemini etkilemeleri, çökelmeleri sonucu toprak ve yüzey sularının dengesini değiştirmeleri, hassas ormanlara ve çiftlik ürünlerine zarar vermeleri ve ekosistemlerin çeşitliliğini etkilemeleridir. Ayrıca heykeller ve anıtlar gibi kültürel açıdan önemli nesnelerin partiküllerden dolayı lekelenmesi ve hasar görmesi de kaçınılmaz etkilerindedir (“EPA”, 2021; Yatkın ve Bayram, 2007). Partikül maddelerin bitkiler üzerinde de pek çok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Özellikle yaprak yüzeyinde partiküllerin birikmesi, fotosentezi ve transpirasyonu engelleyerek, gelişim bozukluklarına sebep olmakta, diğer yandan kök gövde ve yapraklarda depolanan zararlı maddeler pek çok fizyolojik olayı olumsuz yönde etkilemektedir (Elkoca, 2003; Şar, 2017).

## Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>)

Kükürt atmosferde genellikle üç şekilde bulunur; hidrojen sülfür, kükürt dioksit ve partikül sülfat. Hidrojen sülfür neredeyse tamamen anaerobik bakteriler gibi doğal kaynakların bir ürünüdür, ancak endüstriyel aktivitelerden dolayı da ortaya çıkabilir ve hızlı bir şekilde kükürt dioksite oksitlenir (Anonymous, 1975). Kükürt dioksit keskin bir kokuya sahip, renksiz ve yanmaz bir gaz olup, suda çok çabuk çözülür. Basınç altında sıvı halde bulunan bu gazın (ATSDR, 1998) havadaki konsantrasyonlarının yükselişi, atmosferin kimyasal yapısını etkilemesi nedeniyle hava kirliliği açısından büyük önem taşımaktadır (Tayanç, 2000). Yüksek konsantrasyonlarda SO<sub>2</sub>'ye yol açan emisyonlar genellikle enerji santralleri ve diğer endüstriyel tesislerde fosil yakıt yanmasından kaynaklanmaktadır. Daha küçük miktarlarda SO<sub>2</sub> emisyon kaynakları ise, cevherden metal çıkarma gibi endüstriyel prosesler, volkanlar gibi doğal kaynaklar ve yüksek kükürt içeriğine sahip yakıt yakan lokomotifler, gemiler, diğer araç ve teçhizatlarıdır ("EPA", 2021).

SO<sub>2</sub> oksitlenerek, asit yağmurunun bir bileşeni olan, ekosistem ve yeşil altyapı üzerinde büyük olumsuz etkileri olan sülfirik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)'e dönüşebilir. Ayrıca atmosferdeki diğer bileşiklerle reaksiyona girerek, iklim değişimi ve insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olan sülfat aerosol parçacıkları oluşturabilir (Forbes ve Garland, 2016). Çeşitli kükürt oksitlerin atmosferde kalma süreleri tam olarak bilinmemektedir fakat SO<sub>2</sub> atmosferden bir dizi mekanizma ile uzaklaştırıldığı için uzun süreli birikme olmadığı söylenebilmektedir (Anonymous, 1975).

SO<sub>2</sub>'ye kısa süreli maruz kalma, insanlarda solunum sistemine zarar vererek nefes almayı zorlaştırabilir, burun, gözler ve boğazda tahrişe neden olabilir. Yüksek seviyelerde solunması akciğerleri etkileyerek daha ciddi sağlık problemlerine yol açabilir. SO<sub>2</sub> buharının cilt ile teması tahrişe ve yanıklara neden olurken, sıvı haldeki SO<sub>2</sub> gözleri ciddi şekilde yaralar ve çok soğuk olması nedeniyle donmalara sebebiyet verebilir. Ancak bazı yiyecekler ve şaraplar, insan için güvenli olacak az miktarlarda sülfür dioksit ile korunmaktadır (EPA, 2021; ATSDR, 2014). Havadaki SO<sub>2</sub> varlığı bitkiler üzerinde de pek çok olumsuz etkiye neden olmaktadır. Gaz halindeki SO<sub>2</sub>, stoma yoluyla öncelikle bitkilerin yapraklarına nüfuz eder (WHO, 2000). Yaprak içine stoma yoluyla giren SO<sub>2</sub>, yaprak hücrelerindeki suyla okside olarak yapraklarda akut zararlara ve yaralanmalara sebep olur. Havadaki SO<sub>2</sub>

konsantrasyonunun düşük olması durumunda ise, hücrelerde biriken sülfat konsantrasyonu artarak bitkide kronik zararlar meydana getirir. Akut zararlar sonucu bitkilerin ölümü gerçekleşirken, kronik zararlar gelişimlerini etkilemektedir (Elkoca, 2003). Gaz halindeki sülfür dioksit gibi, sis ve yağmurdaki sülfat iyonları da bitki örtüsüne doğrudan ya da toprak yoluyla dolaylı olarak zarar vermektedir (WHO, 2000).

### **1.2.2. Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler**

Bir bölgedeki hava kirliliğinin yoğunluğu, o bölgenin coğrafyasına, demografik yapısına ve sosyoekonomik profiline göre değişkenlik gösterebilir. Bu faktörler kirleticilerin kaynağını ve emisyon oranını belirler (İlten ve Selici, 2008). Sosyal ve ekonomik sebeplerle şehir nüfusunun hızlı artışı, nüfusun belirli yerlerde aşırı yığılması, artan konut, sanayileşme, bölgedeki trafik gibi etkenler kirliliğin artmasına sebep olur (Çiftçi vd., 2013). Ancak bölgedeki iklimik şartlar ve topoğrafik özellikler de, kirliliğin dağılımı, miktarı, atmosferik süreçleri ve havada kalma süresine etki eden önemli faktörlerdendir (İlten ve Selici, 2008; Garipağaoğlu, 2011).

#### **Topoğrafik Etkenler**

Bir yerleşim merkezinin sahip olduğu topoğrafik özellikler ve beşeri coğrafya etmenleri hava kalitesi üzerinde etkili olmaktadır (Kopar ve Zengin, 2009). Bölgedeki yüzey şekilleri, arazi yapısı, yeşil alan miktarı ve doğal hayatın varlığı, orada oluşabilecek hava kirliliğini azaltabilir veya engelleyebilir (Çiftçi vd., 2013). Çevresi yükseltilerle kuşatılmış havzalar ya da dağların arasında kalmış kent vadileri, hava akımlarını azaltma eğiliminde olmalarının ve kentsel alanlardan gelen kirleticilerin yer seviyesinde birikmesinin bir sonucu olarak ciddi hava kirliliği sorunları yaşayabilir. Bu tür arazilerin jeomorfolojik yapısı kirliliğin doğrudan nedeni olmasa da, kirletici emisyonların havada kalma süresi ya da vadiden dışarı atılması alanın topoğrafyası ile sınırlıdır (Rendón vd., 2015; Keser, 2002; Erdem, 1999). Bu bağlamda jeomorfolojik yapı ve hava kirliliği arasındaki ilişki, bölgede etkili olan hâkim rüzgâr yönü ve kentsel alanların havza ya da vadideki konumları ile bağlantılı olarak değişmektedir (Keser, 2002).

## Klimatik Etkenler

Hava kirliliği söz konusu olduğunda her ne kadar kalitesiz yakıt kullanımı, plansız kentleşme, yeşil alanların azalması ve topoğrafik koşullar etkili olsa da, kirletici konsantrasyonlarının miktarının bağlı olduğu en önemli faktörlerden biri de meteorolojik ve iklimsel etkenlerdir. Klimatik şartlar havadaki kirletici konsantrasyonlarını arttırabileceği gibi, kirli havanın etrafa yayılması konusunda da büyük önem taşımaktadır (Sungur ve Gönençgil, 1997). Hava kirliliği üzerinde etkili olan iklimatik faktörlerin başında sıcaklık, ısı terselmesi (inversiyon), nisbi nem ve sis, bulutluluk, yağış, basınç ve rüzgâr gelmektedir (Keser, 2002).

Sıcaklığın hava kirliliği üzerindeki etkisi; hava sıcaklıklarının düşüşü nedeniyle ortaya çıkan ısınma ihtiyacının artması, dolayısı ile fosil yakıt kullanımı ve emisyon artışı şeklinde meydana gelmektedir (Keser, 2002). Kirlilik konsantrasyonu üzerinde oldukça belirleyici olan bir diğer etken ısı terselmesi (inversiyon) olayıdır. Normal şartlarda atmosfer içinde yükseldikçe soğuması gereken hava özellikle karalar üzerinde geceleri ve sabahın erken saatlerinde zaman zaman ısınır ve kirletici kaynağı yoğun olan bölgelerde yoğun bir pus (smog) ya da yeteri kadar nem olması durumunda sis oluşturur (Sungur ve Gönençgil, 1997). Dolayısıyla sıcak havanın üstte, soğuk havanın altta ve yeryüzüne yakın olması dikey hava hareketini zorlaştırarak kirleticilerin yukarı taşınmasını engellemektedir. Yani bacalardan çıkan duman yükselmekte ve oldukça tehlikeli bir kirlenme şekli ortaya çıkarmaktadır (Çiftçi vd., 2013). Atmosfer içindeki nisbi nem, hava sıcaklığının azalması sonucu yoğunlaşarak, sis ve yağış oluşumuna sebep olmakta ve kirleticilerle çeşitli reaksiyonlara girerek asit karakter kazanması ile hava kirliliğinin bir başka boyutunu meydana getirmektedir (Tokuşlu, 2020). Yoğun sis oluşumu ve bulutluluk radyasyon transferini değiştirerek, sis tabakasının ya da bulutların yüzeyinden güneş ışığının daha iyi yansımaya ve radyatif yüzey soğumasının azalmasına yol açar. Aynı zamanda güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmasını engelleyerek bitki örtüsü üzerinde sıvı yüzeylerin oluşması, besin ve kirletici maddelerin birikmesi yoluyla ekosistem süreçlerini etkiler (Klemm ve Lin, 2016).

Havanın hareketli ve hareketsiz olması basınç faktörüyle ilişkilidir (Yılmaz, 2017). Alçak basınç (siklon) alanlarında hava hareketleri çevreden merkeze doğru, saat hareketinin

tersi yönünde (kuzey yarımkürede) olup, havanın düşey doğrultuda yükselmesini sağlar. Yükselen havada soğumaya bağlı yoğunlaşma olduğu için hızlı rüzgâr ve yağış oluşumları meydana gelir. Bu nedenle alçak basınç merkezleri kirli havanın uzaklaştırılması bakımından olumlu etkiler oluşturur. Yüksek basınç (antisiklon) alanlarında ise hava hareketi merkezden çevreye doğru, saat hareketi yönündedir. Bu durumda havanın düşey yönde alçalmasına bağlı olarak ısınma meydana geldiğinden, rüzgâr ve yağmur oluşumları beklenemez. Havanın, dolayısıyla kirleticilerin zemine doğru hareket ettiği antisiklon merkezleri açıklandığı gibi yağışsız ve durgun hava koşullarını da içerdiğinden hava kirliliği açısından olumsuz etkilere neden olur (Karpuzcu, 1996; Keser 2002).

Klimatik faktörler atmosferde bulunan kirletici konsantrasyonunu arttırmanın yanı sıra, kirli havanın etrafa yayılmasına ya da belli bölgelerde kirletici yoğunluğunun azalmasına da sebep olabilirler. Bu etki rüzgârlar ve yağışlar ile gerçekleşebilir. Rüzgâr özellikle hızı ve esiş yönü itibariyle kirleticilerin atmosfere dağılmasında önemli rol oynar (Sungur ve Gönençgil, 1997). Yağışlar 10 mikrona kadar olan kirletici maddeleri beraberinde yeryüzüne indirerek hava kirliliği açısından olumlu etken olabilirken, bu durum kış aylarında özellikle yoğun kirlilik kaynaklarına yakın yerlerde su ile tepkimeye giren kirleticilerin asidik karakter kazanması sebebiyle tam tersi de olabilir (Keser, 2002; Sungur ve Gönençgil, 1997).

Konuyla ilgili literatür incelendiğinde, havada bulunan kirletici konsantrasyonunu azaltmada, hava kalitesinin iyileştirilmesinde ve iklim değişikliği ile mücadelede yeşil alt yapının önemi ve irdelenmesi gerekliliği pek çok çalışmada ortaya konmuştur. Jayasooriya vd. (2017) çalışmasında ağaçlar, yeşil çatılar ve yeşil duvarlar gibi yeşil altyapı uygulamalarının, hava kirliliğini azaltmak için Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da yaygın olarak kullanıldığından söz etmektedir. Literatürde özellikle, kentsel bitki örtüsünün çeşitli ekosistem hizmetleri sağladığı ve hava kirleticilerin giderilmesinde, ağır metallerin uzaklaştırılmasında, yağmur suyu kontrolünde ve mikro iklimsel iyileştirmelerde hayati bir rol oynadığı vurgulanmıştır (Russo vd., 2021). Coşkun Hepcan (2019)'a göre yapı yoğunluğunun artmasıyla kırılğan hale gelen kentlerin küresel iklim değişikliği ile mücadelesinde yeşil altyapı sisteminin mekânsal planlama sürecinin bir parçası haline gelmesi ve yeşil alanlardan sağlanan ekosistem servislerinin iyileştirilmesine yönelik akılcı çözümler geliştirilmesi gereklidir.

### **1.3. Yeşil Altyapı**

Yeşil altyapı, dünya genelinde pek çok ülkede giderek daha fazla dikkat çeken ve yaygınlaşan bir terimdir. En geniş tanımıyla, kentsel ve kırsal peyzajlarda birbiriyle işlevsel bağlantılar oluşturacak şekilde kurgulanmış, ekolojik koridorları ve çekirdek alanları, bağlı olduğu peyzaj sistemi ile bütüncül olarak ele alan, geniş kapsamlı ekosistem servisleri sunan bir doğal yaşam destek sistemidir (Benedict ve McMahon, 2006; Coşkun Hepcan, 2019; Tülek ve Ersoy Mirici 2019).

Yeşil alt yapı, stratejik olarak planlanan, kırsal ve kentsel ortamların yer aldığı ekosistemlerin biyoçeşitliliğini sağlayarak, ekosistem hizmetlerini arttırmaya yönelik yüksek kaliteli doğal, yarı doğal ve kültürel alanlar arasında bağlantı kuran bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımla yeşil alt yapı uygulamaları, hava kalitesinin ve iklimin düzenlenmesi, su akışının kontrolü, karbon salımını düşürme, ekolojik koridorlar oluşturma, habitat sağlama, insan sağlığını koruma, yaşam kalitesini artırma ve bölge ekonomisini destekleme gibi pek çok katkı sağlamaktadır (Tülek ve Ersoy Mirici 2019).

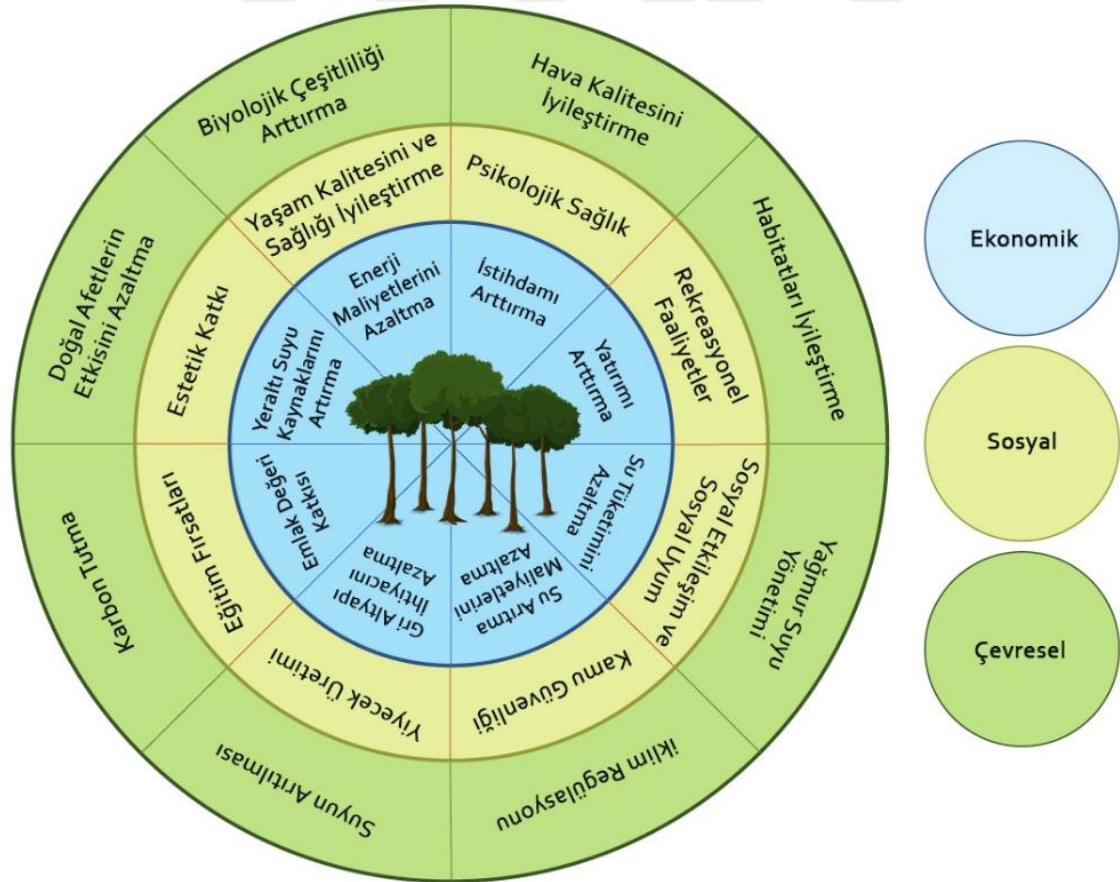
Kentlerde yoğun yapılaşma, nüfus artışı ve göçlerin etkisiyle sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlar artmaktadır. Bununla beraber kentsel yeşil alanlar büyük ölçüde yapı adaları arasında kalan küçük ve izole alanlar olarak kalmaktadır. Kentlerin, sağlıklı ve yaşanabilir olmaları için yapı alanları ile dengeli bir dağılım gösteren, birbirleri ile bağlantılı doğal ve yarı doğal alanlardan oluşan bir ağ ile karakterize edilmiş ekolojik nitelikleri yüksek yeşil alt yapı sistemine sahip olmaları önem taşımaktadır (Coşkun Hepcan, 2019). Merkezler ve bağlantılardan oluşan bu sistem, maki, frigana ve orman vejetasyonları, ağaçlandırma alanları, boş parseller, akarsu koridorları, sulak alanlar gibi doğal alanlar ile kent parkları, şahıs ve kurum bahçeleri, tarım alanları, mezarlıklar, botanik ve hayvanat bahçeleri, yeşil çatılar, dikey bahçeler gibi yarı doğal ve kültürel alanları içerir (Coşkun Hepcan ve Hepcan 2018, Coşkun Hepcan 2019).

#### **1.3.1. Yeşil Altyapının Faydaları**

Arazi koruma ve geliştirmeye yönelik kapsamlı, proaktif, yeşil altyapı yaklaşımı, çevresel, sosyal ve ekonomik yönden pek çok fayda sağlar. Yeşil altyapı ağları, bugün



yeryüzündeki çok çeşitli türlere yaşam alanı sağlayan habitatların ve bunlar arasındaki bağlantıların korunmasında büyük önem taşır. Yeşil altyapı doğal sistemlerin sürdürülebilirliğini sağlarken, yarı doğal ve kültürel alanların amaçlandığı gibi çalışmasına izin verir (Benedict ve McMahon, 2006). İklim değişimi etkilerinin azaltılması ve ısı adası etkisini düşürme, bunun yanında hava kalitesini arttırma gibi önemli katkıları da vardır (Coşkun Hepcan, 2019). Aynı zamanda su arıtma, sel ve benzeri olayların önlenmesi için gerekli insan yapımı çözümlerden kaçınılması sayesinde pek çok tasarrufu mümkün kılmaktadır (Benedict ve McMahon, 2006). Yeşil altyapı ekonomik büyümeyi, yatırım olanaklarını, istihdamı ve emlak değerlerini arttırırken (Öztaş Karlı ve Artar, 2021), ayrıca insanların doğaya yakın olmalarını sağlayarak zihinsel ve fiziksel sağlık açısından da fayda sunmaktadır (Benedict ve McMahon, 2006). Ek olarak sosyal etkileşimi ve sosyal uyumu sağlamada, yiyecek üretimine olanak tanıyarak sağlıklı gıdalara erişim imkânı sunmada, eğitim fırsatları yaratma ve kamu güvenliği sağlamada pek çok katkısı vardır (Öztaş Karlı ve Artar, 2021). Yeşil altyapının faydaları özetle Şekil 1’de sunulmuştur.



Şekil 1. Yeşil Altyapının Faydaları

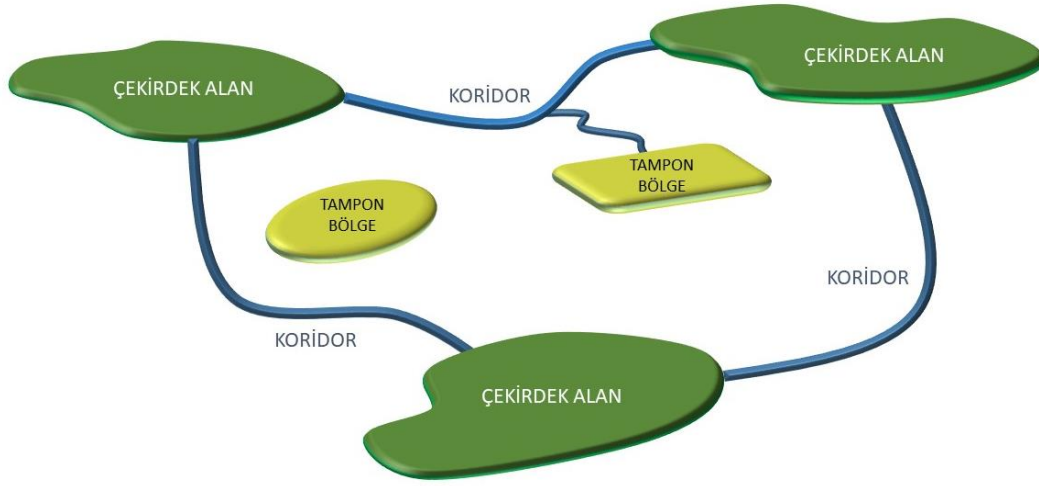
(Staas ve Leishman, 2017; Öztaş Karlı ve Artar, 2021)

### 1.3.2. Yeşil Altyapı Bileşenleri

Yeşil altyapı sistemi Benedict ve McMahon'a (2006) göre, çekirdekler (merkez/yama), koridorlar (bağlantılar) ve tampon bölge (matrisler) bileşenleri aracılığıyla birbirine bağlanır. Biyolojik çeşitlilik açısından en zengin alanlar olan çekirdekler doğal ve kültürel alanlardır (Demir ve Baylan, 2019). Çekirdekler, yeşil altyapı ağlarını sabitleyereksistem içinde hareket eden yaban hayatı, insanlar ve ekolojik süreçler için bir başlangıç veya varış noktasını simgeler (Benedict ve McMahon, 2006). Çevrelerinden ayrılan özelliklerde, pek çok farklı şekil ve boyutta olan bu merkezler, yaban hayatı habitatı sağlamak, farklı yaşam formları için besin kaynakları oluşturmak ve ekolojik süreçleri sürdürmek gibi birden fazla işleve sahip nispeten homojen alanlardır (Benedict ve McMahon, 2006; Demir ve Baylan, 2019). Çekirdekler, büyük rezerv bölgelerini, milli parkları, ulusal ormanları, vahşi yaşam alanlarını, kamuya ait büyük arazileri, bölgesel ve yerel düzeydeki parkları, kaynak çıkarmak amacıyla kullanılan geniş doğal alanları (kereste vb. için), tarım arazileri ve çiftlik arazileri gibi özel çalışma arazilerini kapsamaktadır (Benedict ve McMahon, 2006).

Koridorlar, sistemi birbirine bağlayan ve ekolojik süreçlerin devamlılığını sağlamakta kritik bir rol oynayan doğrusal hatlardır (Benedict ve McMahon, 2006). Genellikle uzun ve geniş olan bu bağlantılar, koruma koridorları, peyzaj bağlantıları ve yeşil kuşaklar olarak sınıflandırılmıştır. Koruma koridorları yaban hayatı için biyolojik kanallar olarak hizmet ederken, açık hava rekreasyonu için fırsatlar sağlarlar, nehir ve akarsu taşkın yatakları koruma koridorlarına örnektir. Peyzaj bağlantıları, mevcut parkları, koruma alanları veya doğal alanları birbirine bağlarken, yerel bitki türleri ve hayvanların gelişmesi için yeterli alan sağlamaktadır. Bu bağlantılar tarihi kaynaklar gibi kültürel unsurları da içerebilmekte ve rekreasyonel kullanım açısından fırsatlar sağlayarak bölgedeki yaşam kalitesini arttırabilmektedir. Yeşil kuşaklar, yerel ekosistemleri ve/veya çiftlik alanlarını korurken aynı zamanda kalkınma için bir çerçeve oluşturmaktadır (Williamson, 2003; Benedict ve McMahon, 2006). Peyzajda görsel ve fiziksel rahatlama biçimi oluşturan, bitişik arazi kullanımlarını ayıran ve bu kullanımların etkilerini tamponlayan bölümler olarak hareket ederler. Tarım arazileri koruma alanları yeşil kuşak olarak kabul edilebilir (Williamson, 2003).

Tampon bölgeler (matrisler), çekirdeklerden daha küçük yüzey alanına sahip olup, yeşil altyapı ağı içinde bir bölgesel koruma sistemine bağlı olmayabilir, ancak diğer bileşenler gibi vahşi yaşam habitatını korumak, doğaya dayalı rekreasyon ve dinlenme için alan sağlamak gibi önemli ekolojik ve sosyal değerlere katkıda bulunabilirler (Benedict ve McMahon, 2006).



Şekil 2. Yeşil altyapı ağı

(Benedict ve McMahon, 2006'dan değiştirilerek)

Günümüz kentlerinde yaşanabilir bir çevre, sağlıklı bir kent ve yüksek yaşam kalitesi açısından açık-yeşil alanların önemi büyüktür (Öztürk vd., 2019). Bu bağlamda yeşil altyapının düğüm noktasını oluşturan çekirdekler (merkezler), açık-yeşil alanlar olarak kentsel peyzajın en önemli bileşenlerindedir (Özeren, 2012; Coşkun Hepcan ve Hepcan, 2018).

#### 1.4. Kentsel Açık-Yeşil Alanlar

Kentsel çevrenin mekânsal ve işlevsel bileşenlerinden biri olan açık yeşil alanlar, ekolojik dengenin ve dolayısıyla insan refahının birincil şartıdır (Kısar Koramaz ve Türkoğlu, 2014; Dimiyati vd., 2018). Kentsel açık yeşil alanların mimari yapılarla ilişkileri ve bütünlüğü bir kentin genel karakterini ortaya koymakta etkili olan unsurlardandır (Gül ve Küçük, 2001). Bu sebeple fiziksel mekân kurgulanmasında doğrudan etkili olan açık ve yeşil alanlar, kitle-boşluk dengesini sağlamada, bozulan insan-doğa ilişkilerini dengelemede ve kentsel yaşam kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir konuma sahiptir (Yücesu, vd., 2017;

Gül ve Küçük, 2001). Kent ve mahalle parkları, kent ormanları, koruluklar, mezarlıklar, botanik bahçeleri, hayvanat bahçeleri, fuar ve sergi alanları, yol-bulvar ve refüjler, okullar, oyun ve spor alanları, fabrikalara, kamu kurum ve kuruluşlara ait bahçeler, toplu konut bahçeleri ve özel mülkiyetli bahçeler kentsel açık yeşil alan sistemi kapsamında ele alınmaktadır (Gül ve Küçük, 2001; Yücesu vd., 2017).

Kentsel yeşil alanlar farklı ülkelere hatta aynı ülkenin farklı bölgelerine göre çok farklı sınıflandırmalara ve standartlara tabi olabilmektedir (Erduran Nemutlu, 2016). Bununla beraber alan büyüklükleri, kullanıcı yaşları, işlevleri, sağladıkları olanaklar ve buldukları yer de sınıflandırmaya etki eden diğer unsurlardır (Karakaya, 2019). Özkan (2001)'a göre, kent parkı düzeyinde yeşil alanlar, konum olarak kentin merkezinde yer alan, kent halkının tümüne hitap eden, çeşitli kültürel ve sosyal etkinliklere imkân sağlayan, hizmet yarıçapı 5 km ve büyüklükleri 40-100 hektar arasında olan alanlardır. Semt parkları, birkaç mahalleye hizmet veren, aktif ve pasif rekreasyon etkinliklerine olanak sağlayabilen, hizmet yarıçapları 3 km ve büyüklükleri 4-20 hektar arasında olan alanlardır. Mahalle parkları, çoğunlukla pasif rekreasyona imkân sağlayan, büyüklükleri 4 hektara kadar olabilen, 400-800 metre hizmet yarıçapına sahip ve 1000-2000 kişiye hizmet verebilen alanlardır. Cep parkları ise kalabalık iş ve alışveriş merkezleri ya da konut çevrelerinde buluşma, kısa süreli dinlenme ya da nefes alma olanağı sağlayan, binalar arasına sıkışmış küçük yeşil alanlar olup, 50-100 kişiye hizmet verebilen ve büyüklüğü 1000 m<sup>2</sup>'nin altındadır.

Doğal alanların varlığı, kentlerdeki yaşam kalitesi için giderek daha önemli hale gelmektedir (Chiesura, 2004). Kent parkları, karmaşık kentsel ekosistem ağının önemli bir parçasıdır ve birçok ekosistem hizmeti sağlamaktadır (Loures vd. 2007). Önemli çevresel hizmetlerin (hava ve su arıtma, rüzgar ve gürültü filtreleme, mikro iklim stabilizasyonu) yanı sıra, doğal alanlar, modern şehirlerin yaşanabilirliği ve şehir sakinlerinin refahı için büyük önem taşıyan estetik, rekreasyonel, psikolojik ve ekonomik faydalar sağlar (Chiesura, 2004; Loures vd., 2007). Yapılan pek çok araştırmada, doğal unsurların “doğal sakinleştiriciler” olarak işlev görme yeteneği ortaya konmuş, stres azaltma ve zihinsel sağlık konusunda somut veriler öne sürülmüştür. Bununla birlikte doğanın dış mekân kullanımına teşvik etmesi, sosyal bütünleşme ve etkileşimi de arttırdığını göstermektedir. Kent parkları, sağladığı bütün bu faydaların yanı sıra şehirleri yerleşimciler ve turistler için çekici kılmakta,

kentleri canlandırma açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ancak bu faydaların algılanması kadar, unutulması ve hafife alınması da kolaydır (Chiesura, 2004).



## İKİNCİ BÖLÜM

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

#### 2.1. Araştırma Konusuyla İlgili Çalışmalar

Bu tez çalışmasının yöntemi olarak seçilen i-Tree Eco yazılımını, kentsel orman yapısını ve bunun dünya çapında insan sağlığı ve çevre kalitesi üzerindeki etkilerini araştıran, konu hakkında yayınlanmış pek çok makalesi bulunan David J. Nowak geliştirmiştir (“Institute of Arboriculture Studies”, 2020). Nowak vd. (2013) çalışmalarında, Chicago bölgesindeki kentsel bitki örtüsünün ilk kapsamlı değerlendirmesini yapmışlardır. Araştırmanın kapsamında, bölge ormanı ve bölge genelinde dikilmiş ya da doğal olarak oluşmuş ağaçların tümü (bulvar ağaçları, parklara dikilen ağaçlar ve kamu geçiş haklarında doğal olarak bulunan ağaçların yanı sıra özel veya ticari mülklere dikilen ağaçlar) yer almaktadır. Çalışmada gövde çapı 2,5 cm ve üzerinde ölçülen 157.142.000 ağaç bulunduğu ve 161 türden oluşan bu taç örtüsünün, bölgenin ortalama % 15,5'ini kapladığı tespit edilmiştir. Bu analiz, ağaçların çevresel düzenlemelere potansiyel olarak dâhil edilmesini desteklemek için veriler sağlamakta ve ağaçların çevreyi nasıl etkilediği konusunda bilgi vermektedir. Ayrıca orman politikalarını, planlamasını ve yönetimini geliştirmeyi, bölge vatandaşlarına ağaç dikme ve koruma konusunda ilham vermeyi ve şehir ormanının gücünü artıracak kentsel orman yönetimi yaklaşımlarını benimsetmeyi amaçlamaktadır. Yapılan analiz, çevre kalitesinin yanı sıra insan sağlığı ve refahını sürdürmek, geliştirmek ve iyileştirmek için stratejiler geliştirmek üzere bir platform görevi görmektedir.

Gül vd. (2015) yürüttüğü proje ile Türkiye’de ilk defa kentsel ölçekte ağaç envanteri veri setleri oluşturulmuş, modellenmiş ve çevrim içi erişim imkânı sağlanmıştır. Bu model ile, Isparta kent merkezinde seçilen çeşitli alanlardaki ağaçların bireysel, yapısal ve işlevsel özelliklerine yönelik arazi gözlem, inceleme ve ölçüm çalışmaları ile elde edilen verileri ArcGIS ortamında sayısallaştırmış, envanterini çıkarmış ve analiz etmişlerdir. Ayrıca kent ağaçları bilgi sisteminin, kent bilgi sistemi ile entegre edilerek çok amaçlı kentsel kararverme, projelendirme işlemlerine altlık oluşturma ve doğru hedeflere ulaşılmasına yardımcı olabileceği ifade edilmiştir.

Tuğluer (2015), i-Tree Eco metodunu, o dönemde sınırlamaları daha fazla olmasına rağmen Türkiye’de ilk defa kullanarak kent ağaçlarından sağlanan ekosistem servislerini belirlemeye yönelik bir çalışma yapmış ve bu modelin karbon salınımının kontrol edilmesinde, kent ağaçlarının çevresel etki ve değerlerinin bilimsel olarak ortaya konulmasında etkili olduğunu belirtmiştir. Tuğluer (2015) tarafından ilk defa test edilen bu uygulamanın, kısıtlamalar nedeniyle ihtiyaç duyduğu her parametreye uygun detaylı veriler elde edilememesinden kaynaklı Türkiye’de yeterli hassasiyete sahip olmadığı da ifade edilmektedir. Ancak çalışma, kent ağaçlarının faydalarını belirlemeye yönelik bir yöntemin varlığını desteklemesi bakımından önem taşımaktadır.

Serengil vd. (2016), ekosistem servislerinin sayısallaştırılması ile arazi planlama süreçlerine entegre edilebilecek web tabanlı bir yazılım geliştirmişlerdir. EcoS-TR olarak adlandırılan bu uygulama ile herhangi bir planlama birimindeki yeşil alanların ürettiği ekosistem servislerinin hesaplanabilmesini, farklı senaryolar veya alanlarla karşılaştırılabilmesini mümkün kılmaktadırlar.

Coşkun Hepcan ve Hepcan (2017) Ege Üniversitesi Lojmanlar Yerleşkesinde yaptıkları çalışmada, i-Tree’nin bir başka yazılımı olan i-Tree Canopy aracı kullanmışlardır. Elde ettikleri bulgularda alanın % 48’inin taç örtüsüyle kaplı olduğu ve bu taç örtüsünce atmosferden bir yılda uzaklaştırılan CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> miktarları, ayrıca depolanan ve yıllık tutulan karbon miktarı belirtilmiştir.

Riondato vd. (2020), farklı trafik hacimlerinde, yoğun ve yoğun olmayan saatlerde Air Monitoring ve i-Tree Eco (UFORE) modellerini kullanarak, kentsel ağaçların PM<sub>2.5</sub> kirleticisini uzaklaştırması üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Araştırma alanları olarak Dublin’de Drumcondra Yolu boyunca, ağaçlı bir sokak ve ağaçsız bir cadde seçmişler; elde ettikleri sonuçlar, yoğun saatler dışında PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarında bir fark olmadığını, ancak yoğun saatlerde ağaçlı sokakta konsantrasyonların, ağaçsız cadde kesimine kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğunu göstermiştir. Araştırma sonuçlarına göre, i-Tree Eco modeli, ağaçlı yolun yıllık bazda yaklaşık 3 kg PM<sub>2.5</sub> kaldırdığını hesaplarken, Air Monitoring ağaçların varlığının, i-Tree Eco tarafından tahmin edilenin iki katından fazla, % 126’lık hava kalitesi iyileştirdiği sonucunu bulmuştur.

Gülçin ve van den Bosch (2021), kent ağaçlarının depoladığı karbon miktarını belirlemek için insansız hava aracı tabanlı ışık algılama ve menzil (Light Detection and Ranging- LİDAR) tabanlı bir yaklaşım sunmuşlardır. Çalışmalarında sunulan yöntemle, planlama ve yönetimde kullanılabilecek daha verimli ve etkili yaklaşımların araştırılmasına katkıda bulunulduğunu, ancak metodolojiyi geliştirmek, peyzaj planlama ve yönetim bağlamında uygulamak için daha fazla araştırma ve teste ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

## 2.2. Araştırma Alanıyla İlgili Çalışmalar

Erduran vd. (2008), Halk Bahçesi mevcut bitkileri üzerine yaptıkları çalışmada, bitkilerin tür ve özelliklerini belirleyerek Autocad programı ile Halk Bahçesi planı üzerine işlemiş, tespit ettikleri türlerin ekolojik istekleri, morfolojik, estetik, fonksiyonel özellikleri ve Çanakkale şartlarına uygunluklarını belirtmişlerdir. Aynı zamanda yeşil dokunun sürdürülebilir olarak kullanılması için yapılması gerekenleri belirlemişlerdir.

Küzeci (2008), Çanakkale'nin kentsel yapılaşma ve peyzajının zaman içerisinde değişimini, açık ve yeşil alan kullanımını kapsamında uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanarak belirlemiş ve yorumlamıştır. Yoğun ve çarpık yapılaşmanın önüne geçilebilmesi, açık yeşil alanların yeterlikleri ve dağılımlarına dair öneriler sunmuştur.

Erduran ve Kabaş (2010), bu çalışmada Halk Bahçesi'nin ekolojik niteliklerini ortaya koymayı amaçlamışlar, bu bağlamda alanı sayısallaştırarak yumuşak ve sert yüzey oranını tespit etmiş, parkta yer alan bitkilerin ekolojik istek ve dendrolojik özelliklerini incelemişlerdir. Ayrıca çalışma alanı için kent parkı nitelik ölçütlerini belirleyen bileşenleri ele alarak, alanın ulaşım yönünden yeterli olmasına rağmen, büyüklük, kişi başına düşen alan ve diğer ölçütler bakımından kent parkı olarak yetersiz olduğu sonucuna varmışlardır.

Çotuker (2014), çalışmasında Çanakkale kent merkezi, Lapseki ve Çan ilçelerinde PM, CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> ve meteorolojik parametrelerin iç ortamlar ve eş zamanlı dış ortamlarda ölçümlerini gerçekleştirmiştir. Mevcut hava kalitesini farklı özellikte bölgelerde belirlemek amacıyla yaptığı bu çalışmasının sonucunda, iç ortam hava kalitesinin evden eve farklılık göstermekle beraber, ilçeler arasında da farklılıklar gösterdiğini, PM ve CO<sub>2</sub> kaynaklarının



iç ortamlar olabileceğini gözlemlemiştir. Bu sebeple yeterli seviyede havalandırma yapılması gerektiğine değinmiştir.

Erduran Nemutlu (2016) çalışmasında, mahalle parklarının sosyo-kültürel açıdan önemini belirleyerek, Çanakkale 500. Yıl Parkı'nı bu kapsamda incelemiştir. Parkın tasarım ve kalite kriterlerini irdeleyerek, yerinde gözlem ve kullanıcılarla yapmış olduğu görüşmeler sonucunda, 500. Yıl Parkı'nın kalite kriterleri açısından düşük olduğunu, peyzaj mimarlığı açısından gerekli işlev ve estetik değere sahip olmadığını, bölge sakinlerinin sosyo-kültürel ihtiyaçlarına yeterince cevap vermediğini ifade etmiştir.

Yaman Varhan (2018), Marmara Bölgesi'ndeki hava izleme istasyonlarından almış olduğu verilerle, bölgede yaşayan insanların maruz kaldıkları kirletici seviyelerini ulusal ve uluslararası sınır değerlerle karşılaştırmıştır. Ayrıca PM10 ve SO2 için benzer özellik gösteren istasyonları gruplandırarak, benzer hava kirliliği özelliklerine sahip istasyonlarda ihtiyaç duyulması durumunda cihaz değişikliği yapılabilmesini ve herhangi bir istasyonda ölçüm yapılamaması durumunda bölgeye ait kirliliğin tahmin edilebilmesini sağlamayı amaçlamıştır. Araştırma sonuçlarına göre, kirletici seviyelerini sınır değerlerle karşılaştırdığında, PM10 için bazı yıllarda sınır değer altına indiği, SO2 için ise birkaç istasyon dışında tüm istasyonlarda sınır değerinde olduğunu tespit etmiştir.

Erbeşler Ayaşlıgil (2019), Halk Bahçesi'ndeki odunsu bitki örtüsü üzerine yapmış olduğu çalışması ile alandaki çok yıllık odunsu bitki türlerini, boy, çap, tepe tacı genişliği özelliklerini, gelişme ve sağlık durumlarını incelemiş, ağaç ve çalı olarak 1200 adet bitki tespit etmiştir. Bitki tür ve gelişimlerine dair saptamış olduğu veriler ışığında Halk Bahçesi bitki örtüsünün kent ve yöre için önemine değinerek, korunması ve iyileştirilmesi amacıyla öneriler sunmuştur.

Karataş (2021) çalışmasında, Çanakkale'nin erken Cumhuriyet Dönemi'nde (1923-1950 yılları arasında) kentsel gelişimini, nüfus, ekonomi, ulaşım, kültür, eğitim, kent planı ve alt yapı konuları kapsamında irdelemiştir. Savaş sonrası dönemde kentsel gelişim sürecini askeri ve stratejik önemine paralel şekilde gerçekleştiren Çanakkale'nin, savaşın izlerini taşıdığı için imara muhtaç bir kent görünümünde olduğunu, ancak 1923 yılından itibaren,

mübadele ve göçlerle artan nüfus ile birlikte, kentin sosyo-kültürel, ekonomik, ulaşım ve altyapı yönünden gelişmeye başladığını ifade etmiştir.



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

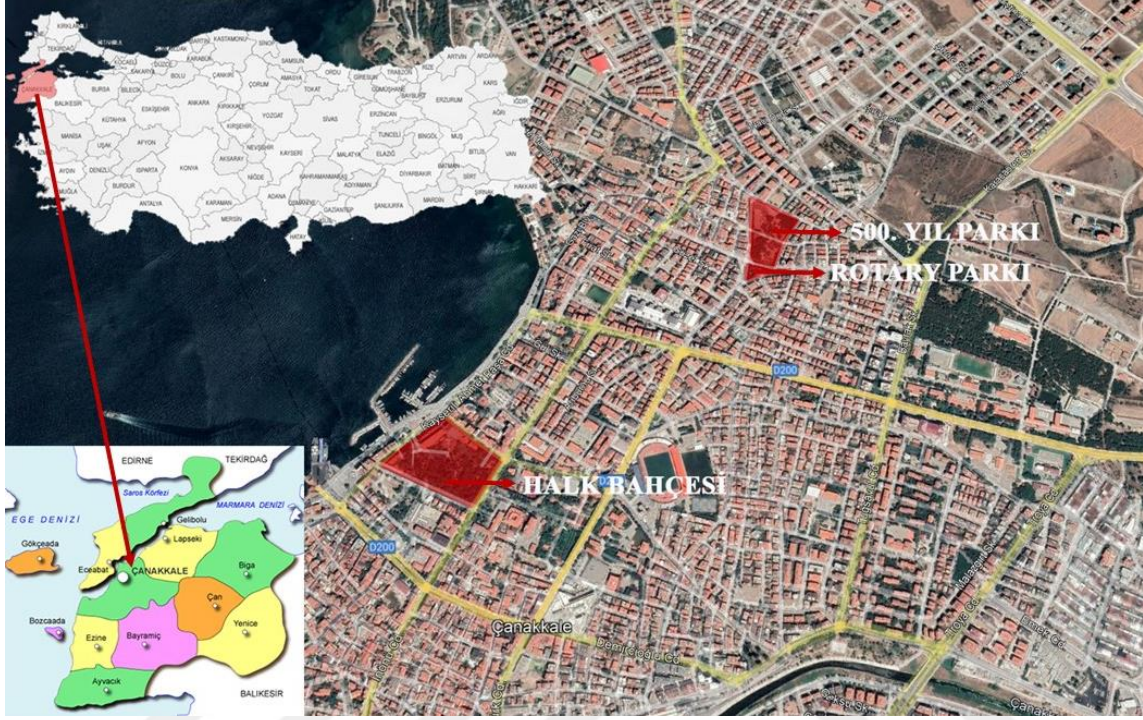
### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini, Çanakkale kent merkezinde yer alan üç farklı park; Halk Bahçesi, 500. Yıl Parkı ve Rotary Park oluşturmaktadır. Bu parkların çalışma alanı olarak seçilmesinin nedeni, ulaşım açısından avantajlı olup tüm kent halkına hitap etmeleri, yüzey ölçümü olarak Çanakkale kent merkezinin en büyük ve en eski parklarından olmaları, dolayısıyla en yaşlı ağaçları barındırmalarıdır. Araştırma materyali olarak ayrıca, çalışma alanı ve konusu ile ilgili çok yönlü bilgiler sağlayan literatür kaynakları, Çanakkale Belediyesi'nden temin edilen alanlara ait hali hazır harita ve imar durum planları incelenmiştir. Ayrıca Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı Çanakkale istasyonu hava kirliliği ölçüm saatlik verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen son 30 yılın iklim verileri, raporlar, yazılı ve görsel basında yayınlanmış alanlarla ilgili haberler de irdelenmiştir. Çalışma materyalinin bir diğer önemli kısmını ise, çalışma alanında yapılan gözlem ve incelemeler sırasında alınan notlar, ölçümler ve çekilen fotoğraflar oluşturmaktadır.

Çanakkale, Türkiye'nin kuzeybatısında, Biga ve Gelibolu yarımadaı üzerinde, 25° 37'–27° 45' doğu meridyenleri ile 39° 40'–40° 45' kuzey paralelleri arasında 9.933 km<sup>2</sup>'lik bir alana kurulmuştur ("Çanakkale İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü", 2021). Eski çağlarda Hellespontos ve Dardanel isimleriyle anılan, boğazın iki yakasında da topraklara sahip Çanakkale, Avrupa ve Asya kıtalarını birleştirirken, Marmara ve Ege Denizi'ni de birbirine bağladığı için tarihin her döneminde stratejik bir öneme sahip olmuştur. Tarih boyunca pek çok uygarlığa ev sahipliği yapmış olan şehir, Troia ve Assos antik kentleri, Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı gibi şehitlik, anıt ve mezarlıklarıyla Türkiye için önemli kültür ve turizm merkezlerinden biridir (Mercan ve Yıldız, 2014). İl ekonomisinde tarım en önemli faaliyet olmakla beraber son yıllarda tarıma dayalı sanayi kolları gelişme göstermekte ve buna bağlı olarak ekonomide sanayinin de payı artmaktadır ("Çanakkale Belediyesi", 2021). Çanakkale, nüfus artışının yoğun olduğu bir kent olmasının yanı sıra, göç hareketinin de fazla olduğu bir şehirdir (İncekara, 2005). Türkiye İstatistik Kurumu 2020 verilerine göre 329.202 nüfusa sahiptir ("Türkiye İstatistik Kurumu", 2021). Çanakkale Belediyesi'nden alınan

bilgiye göre; kent merkezi 2021 yılı nüfusu 140 bin olup, toplam yeşil alan miktarı ise 1.163.823 m<sup>2</sup> 'dir. Araştırma alanları konumları Şekil 3'te gösterilmiştir.



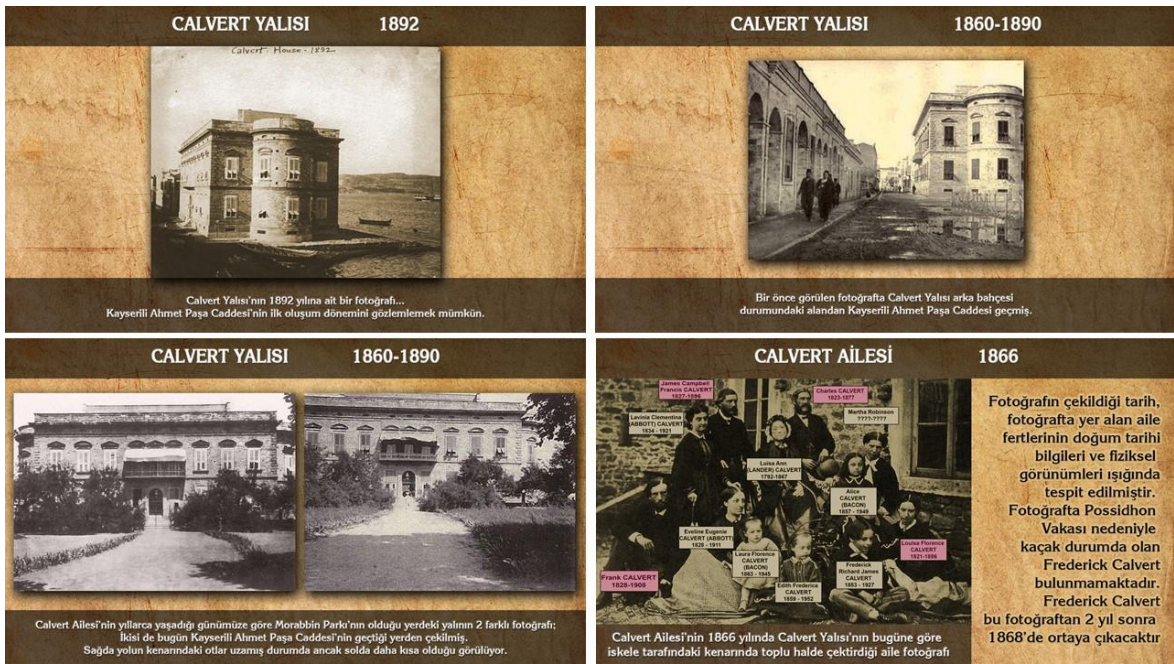
Şekil 3. Araştırma alanları

(Google Earth (2021); "Coğrafya Harita" (2021) ve Türkiye Vektörel Siyasi Haritası (2020)'ndan yararlanılarak yapılmıştır.)

### Halk Bahçesi

Kentin en merkezi konumunda yer alan ve uzun yıllardır kent halkına çeşitli rekreatif olanaklar sağlayan Halk Bahçesi aynı zamanda Çanakkale kent tarihinin can damarlarından birisidir (Kalfa, 2020). Bilinen eski adıyla Calvert Bahçesi ya da İngiliz Bahçesi olarak anılan parkın 19. Yüzyıldan izler taşıması alanı Çanakkale açısından önemli kılmaktadır (Kalfa, 2020). İngiliz ve Amerika ticaret ataşesi olarak görev yapan Calvert ailesi, Malta'dan Çanakkale'ye yerleşerek 1852'de, Çanakkale sahilinde geniş bir malikâne inşa etmişlerdir (Baytop, 2011; Kaplan, 2009; Kalfa, 2020). Calvert Malikânesi ve Konsolosluk Binası olarak bilinen bu büyük yapının arka bahçesi, mevcut bölgeden Sarıçay'a kadar uzanan geniş bir alana yayılmakta olduğu bilinmektedir (Kalfa, 2020). O dönemde özenle yetiştirilen ve korunan pek çok bitki türünü barındıran bahçe, kent içinde küçük bir orman parçası

konumunda olup, günümüzde asırlık ağaçların pek çoğunu hala barındırmaktadır (Erbesler Ayaşlıgil, 2019). Calvertlar'ın Malta'da eğitim almış olmaları ve bölgedeki kaliteli okulların yanı sıra, botanik bahçeleri ile ünlü bir üniversitenin de varlığı hayatlarında önemli bir etkiye sahip olmuştur (Kaplan, 2009). Kardeşlerden Frank Calvert'ın bir arkeolog olarak Truva harabelerinin ortaya çıkarılmasında önemli bir rol oynadığı ve Berlin Botanik Müzesi Herbaryumu'nda, Dardannelles bölge adıyla pek çok bitki örneği kaydının olduğu bilinmektedir (Baytop, 2011). Calvert Yalısı ve ailesine ait Çanakkale Kent Müzesi 2019 yılı arşivinde yer alan fotoğraflar Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Calvert Yalısı ve Ailesi

(Çanakkale Kent Müzesi, 2019)

Bahçede pek çok bitki türünün yer almasının yanı sıra, seralar, atlar için bir ahır, tenis kortu, İngiliz adaları formunda bir süs havuzu, pek çok depo ve müstemilatlar bulunmaktaydı. Bahçenin hemen dışında ise, neredeyse bahçe ile bitişik olan ve günümüzde İngiliz Mezarlığı olarak bilinen aile mezarlığı yer almaktaydı (Kalfa, 2020; Aslan, 2012). Çanakkale kıyılarında etkili olan 9 Ağustos 1912 depreminden sonra Calvert ailesi, bahçe içerisinde küçük ev veya 'kiosk' olarak isimlendirilen geçici ahşap bir kulübede şartları kısıtlanmış şekilde yaşamaya başlamışlardır (Kaplan, 2009). Ardından 1932'de çıkan bir yangın ve savaşlar sonrasında Calvert ailesinin bahçesi 1938 senesinde kamulaştırılmış ve o

dönemdeki sınırları küçülerek bugünkü halini almıştır, mevcut haliyle 36.500 m<sup>2</sup>'lik bir alana sahiptir (Erduran ve Kabaş, 2010; Kalfa, 2020) (Şekil 5).



Şekil 5. Halk Bahçesi tahmini eski sınırları ve bugünkü hali

(a.Kalfa 2020'den yararlanılarak, b.Google Earth 2021'den yararlanılarak yapılmıştır.)

Halk Bahçesi 2018 yılında yapılan yenileme çalışmaları ile mevcut durumuna gelmiş olup, kentin odak noktasındaki yeşil alan olma özelliğini korumaktadır. Beş ayrı noktadan giriş verilmiş olan parkta; yürüyüş yolları, koşu parkuru, çocuk oyun alanları, amfi tiyatro, spor aletleri alanı, köpek parkı, oturma alanları, sosyal tesis ve ilk biçimi bozulsa da Calvertlar'dan sonra korunmuş olan süs havuzu varlığını sürdürmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Halk Bahçesi

(Orijinal)

## 500. Yıl Parkı ve Rotary Parkı

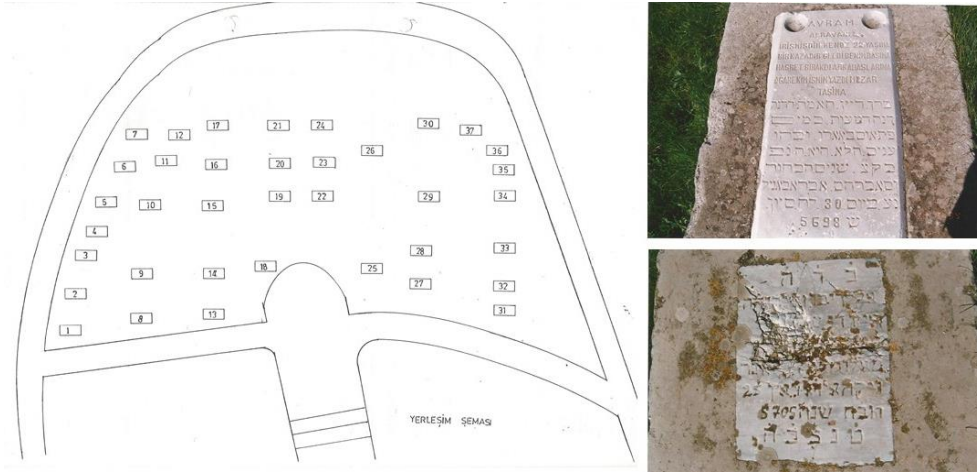
Çanakkale'nin en yoğun nüfusa sahip Cevatpaşa mahallesinde yer alan bu iki park birbirlerine yakın olduğu için birlikte ele alınıp değerlendirilmiştir. Kent merkezine yürüme mesafesinde olmaları ve alan girişinde toplu taşıma araç duraklarının mevcut olması bu iki parkın tüm kentliye hitap etme olanağını sağlamaktadır (Erduran Nemutlu, 2016). Çanakkale Belediyesi yeşil alan raporlarından elde edilen verilere göre 500. Yıl Parkı 19.503, Rotary Parkı 2.346 m<sup>2</sup>'lik alana sahiptir (Şekil 7).



Şekil 7. 500. Yıl ve Rotary Parkları

*(Google Earth 2021'den yararlanılarak yapılmıştır.)*

Çanakkale'de 500 yıllık bir tarihe sahip olan Yahudiler için cumhuriyet sonrası dönemde Yahudi Mezarlığı olarak kurulmuş 500. Yıl Parkı, 1985 yılından itibaren mezarlıkların taşınmaya başlaması ile boşaltılmıştır (Palti, 2017; Erduran Nemutlu, 2016). 1975 yılı İmar Planında yeşil alan olarak belirlenmiş olan alan, 1992 yılı başlarında Yargıtay kararıyla Çanakkale Belediyesi'ne devredilmiş ve dönemin belediye başkanının girişimiyle 500. Yıl Dostluk Parkı olarak düzenlenmiştir (Özay, 2018). Taşınan mezarların tarihi taşlarından bazılarını halen alanda görmek mümkündür (Şekil 8).



Şekil 8. Yahudi Mezar Taşları, 500. Yıl Parkı

(Özay, 2018)

500. Yıl Parkına dört ayrı noktadan giriş olup, ana aks doğu ve batı kapılarını birleştirmektedir (Erduran Nemutlu, 2016). Alanda bulunan amfi tiyatro pek çok konser ve festival organizasyonlarında aktif olarak kullanılmaktadır. Yürüyüş yolları, oturma alanları ve çocuk parkının yanı sıra, düğün davet gibi organizasyonların da yapıldığı bir çay bahçesi yer almaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. 500. Yıl Parkı mevcut hali fotoğrafları

(Orijinal)



Rotary Park, Cevatpaşa Mahallesi'nde 500. Yıl parkının bitişiğinde yer almakta olup, içindeki tatlı su çeşmesi nedeniyle bölge halkı tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Üç noktadan girişin sağlandığı parkta bir de çocuk oyun alanı bulunmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Rotary park mevcut hali fotoğrafları  
(Orijinal)

### 3.2. Yöntem

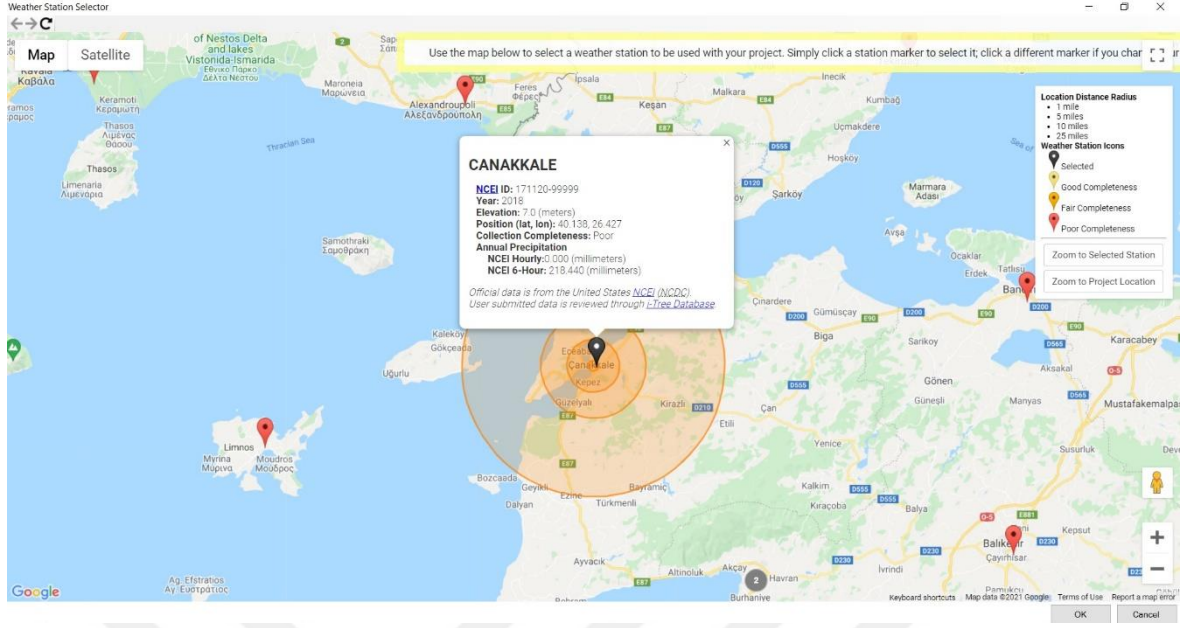
Kentsel yeşil altyapının, kente ekosistem servisleri bağlamında sağladığı katkıların önemi pek çok araştırmada irdelenmiştir, ancak ekosistem servislerinin ölçülebilir matematiksel yöntemler kullanılarak hesaplanması ile ortaya konan çalışmalar daha somut veriler elde edilmesini sağlamaktadır (Coşkun Hepcan ve Hepcan, 2017). Bu kapsamda geliştirilen yazılım modellerinden biri olan i-Tree Eco (UFORE (The Urban Forest Effects) Kentsel Orman Etkileri), kentin iklim ve kirlilik verileri yardımıyla kentsel açık-yeşil alanlardaki bitkilerin yapısal özelliklerini ve çevreye sağladığı işlevleri belirlemek ve ölçmek amacıyla kullanılmaktadır. Tez çalışmasının yöntemini oluşturan bu model, 2006 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilmiş olup, pek çok ülkede aktif olarak kullanılmaktadır ("i-Tree Eco", 2021). i-Tree Eco yazılımının ülkelere göre kullanım yoğunluğu Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. i-Tree ülkelere göre kullanım yoğunluğu

(“i-Tree Eco”, 2021)

Model çerçevesinde, araştırma alanı ile ilgili toplanan veriler ve yerinde yapılan gözlemler ışığında bitkisel doku envanteri çıkarılarak, türlere göre ağaç boyu, dalsız gövde yüksekliği, gövde çapı, tepe taç genişliği, gövde sayısı, taç ölüm durumu yüzdesi, tacın maruz kaldığı ışık derecesi, taç örtüsünün kayıp yüzdesi, ağaç sağlığı durumu, ağaç kusurları gibi detaylı pek çok veri kayıt altına alınmaktadır. I-Tree Eco yazılım modeli kapsamında oluşturulan bu veri tabanı ile bitki türlerinin yıllık ve ortalama karbon tutma miktarları, hava filtreleme ve oksijen üretimi değerleri, yüzey akışını önleme miktarı gibi analiz sonuçlarına ulaşılabilmektedir. Model bu sonuçlara ulaşabilmek için, dünyanın en büyük aktif hava durumu verileri arşivi olan, ABD Ulusal İklim Veri Merkezi (National Climatic Data Center; NCDC) verilerini kullanmakta olup (Hirabayashi, 2017), çalışma alanında elde edilen bitkisel doku envanteri sisteme işlenmeden önce, alanın meteoroloji istasyonu seçilerek bölgenin iklim ve hava kalitesi verileri elde edilmektedir (Şekil 12). Tüm verilerin eksiksiz bir şekilde sisteme girilmesinin ardından, veriler model üzerinden merkeze yönlendirilmekte ve araştırma sonuçlarının hazır olduğuna dair e-posta yoluyla gelen bilgi sonrası yine model üzerinden analiz raporu teslim alınmaktadır.



Şekil 12. Çalışma alanına ait meteoroloji istasyonu belirleme ekranı  
(“i-Tree Eco”, 2021)

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 4.1. Çalışma Alanına Ait Verilerin Toplanması ve Veri Tabanına İşlenmesi

Çanakkale kent merkezinde çalışma alanı olarak seçilen üç parkta yapılan arazi gözlem, inceleme ve envanter çalışmaları sonucunda, her bir park için ağaç envanter veri setleri oluşturulmuş ve veri tabanına işlenmiştir. Kasım/Aralık 2019 ve Haziran/Temmuz 2020 dönemlerinde toplam 1270 adet ağacın yapısı, işlevi ve değerine ilişkin envanter değerlendirmesi yapılmıştır.

Veri toplama için kullanılan standart protokole ilişkin ayrıntılar i-Tree Eco v6.0 kullanıcı el kitabı ve saha kılavuzundan elde edilmiştir (“i-Tree Eco”, 2021). Programın veriler ışığında en doğru sonuçları verebilmesi için, tür adı ve DBH (diameter at breast height; göğüs yüksekliğinde ağaç gövde çapı ölçüsü) dışında önemli olan parametreler:

- Arazi kullanımı
- Toplam ağaç boyu
- Canlı ağaç boyu
- Taç tabanına kadar olan yükseklik
- Taç genişliği
- Taç kayıp yüzdesi
- Tacin ışığa maruz kalma durumudur (“i-Tree Eco”, 2021).

Sahada veri toplama kararlarına rehberlik etmesi için i-Tree Eco v6.0 kullanıcı el kitabı ve saha kılavuzunda yer alan Tablo 3 örnek alınmıştır.

Tablo 3. Ağaç Envanteri Bilgi Formu, işlenen veriler

Veri Değişkenleri	Açıklama		
<b>Minimum gerekli alanlar</b>			
Türler	Her ağacın türünün ve cins adının tanımlanıp, kaydedilmesi	GEREKLİ	
DBH	Her ağaç için göğüs yüksekliğinde ağaç gövdesi çapının ya da birden fazla gövdesi olan ağaçlar için, çaplarının ölçümü	GEREKLİ	
<b>Genel konum bilgileri</b>		İŞLENEN VERİ	İŞLENMEYEN VERİ
Ağaç adres bilgisi	Ağacın açık adresi veya açık adresleri olmayan alanlarda ağaçların yerini belirlemek için notlar	✓	

Arazi kullanımı	Ağacın bulunduğu arazinin kullanım türü	✓	
<b>Tablo 3'ün devamı</b>			
Tabaka	Çalışma alanının analiz için bölündüğü alt birimler (ör. arazi kullanımı, mahalle)	✓	
Durum	Ağacın dikilmiş veya tohumdan yetişmiş olma durumu		X
Yol ağacı/yol ağacı değil	Ağacın yol ağacı olup olmadığını belirlenmesi (E/H)		X
Harita koordinatları	Ağacın boylamı ve enlemi		X
Kamu/Özel	Her ağacın şehir yönetimi olarak sınıflandırılması		X

<b>Ağaç detay bilgileri</b>		İŞLEN EN VERİ	İŞLEN MEYEN VERİ
Toplam Ağaç Boyu	Ağacın yerden yüksekliği (canlı veya ölü)	✓	
Canlı ağaç boyu	Yerden ağacın canlı taç tepesine kadar olan yükseklik	✓	
	Taç tabanına kadar olan yükseklik	✓	
Taç Boyutu	Yerden canlı tacın tabanına kadar olan yükseklik		
	Taç genişliği	Taç genişliği iki yönde: kuzey-güney ve doğu-batı	✓
	Taç kayıp yüzdesi	Taç hacmindeki dalsız ve yapraksız kayıp durumunun yüzdesi	✓
Taç sağlığı	Taç ölüm durumu	Ölü dallardan oluşan taç yüzdesinin tahmini	✓
	Taç durumu	Taç örtüsünün kayıp yüzde değerleri	✓
Taçın ışığa maruz kalması	Tacın güneş ışığı alan kenar sayısı (en fazla 5)	✓	
Enerji	Yön	Ağaçtan binanın en yakın yerine olan yön	X
	Mesafe	Ağaçtan binanın en yakın kısmına en kısa mesafe	X

<b>Bakım ve koruma tedbirleri</b>		İŞLEN EN VERİ	İŞLEN MEYEN VERİ
Bakım önerileri	Ağaç için kullanıcı tanımlı genel bakım önerileri (örn. rutin budama)		X
Bakım görevi	Ağaç için kullanıcı tanımlı öncelikli bakım görevleri (ör. haşere tedavisi)		X
Kaldırım çatışması	Kullanıcı tarafından tanımlanan yakındaki ağaçlardan kaldırımlara verilen hasarın kapsamı		X
Fayda çakışması	Ağaç dalları ve havai elektrik hatları arasında kullanıcı tanımlı potansiyel veya mevcut çakışmalar		X

(“i-Tree Eco”, 2021)

Saha verileri, veri formlarına kaydedilirken, boy ve yükseklik verileri için Tree-H uygulaması, taç genişlikleri için ise standart bir şerit metre ve pusula kullanılmıştır. Tree-H uygulaması, 2016 yılında Endonezya’da bir meslek yüksekokulunda, Juan Rachman ve M. Alijabbar Supriyanto tarafından geliştirilen bir uygulama olup, trigonometrik metotlar kullanılarak ağaç yüksekliğini ölçmektedir (“SMK Bakti Nusa”, 2021).

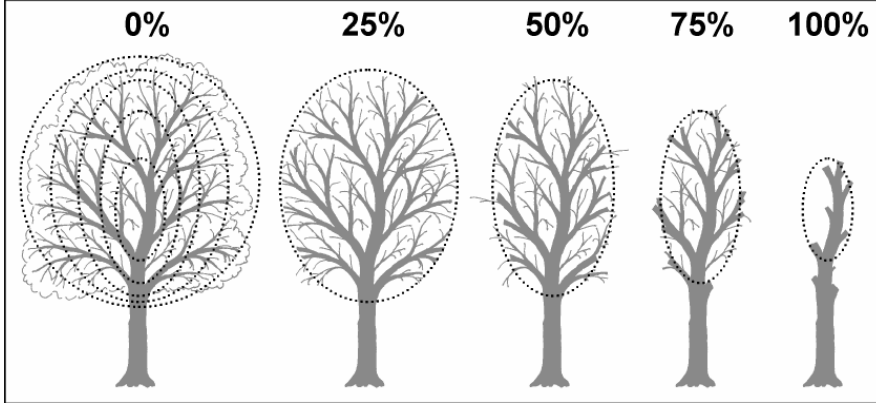
Yöntemde ağacın kök noktasına konulan belirli ölçüde bir latanın alt ve üst noktası ile ağacın ölçmek istediğimiz noktası ekrana sığdırılarak, Şekil 13’te görüldüğü gibi ağaç yükseklik verisi elde edilmektedir.



Şekil 13. Tree-H uygulaması ölçüm yöntemi

(“SMK Bakti Nusa”, 2021)

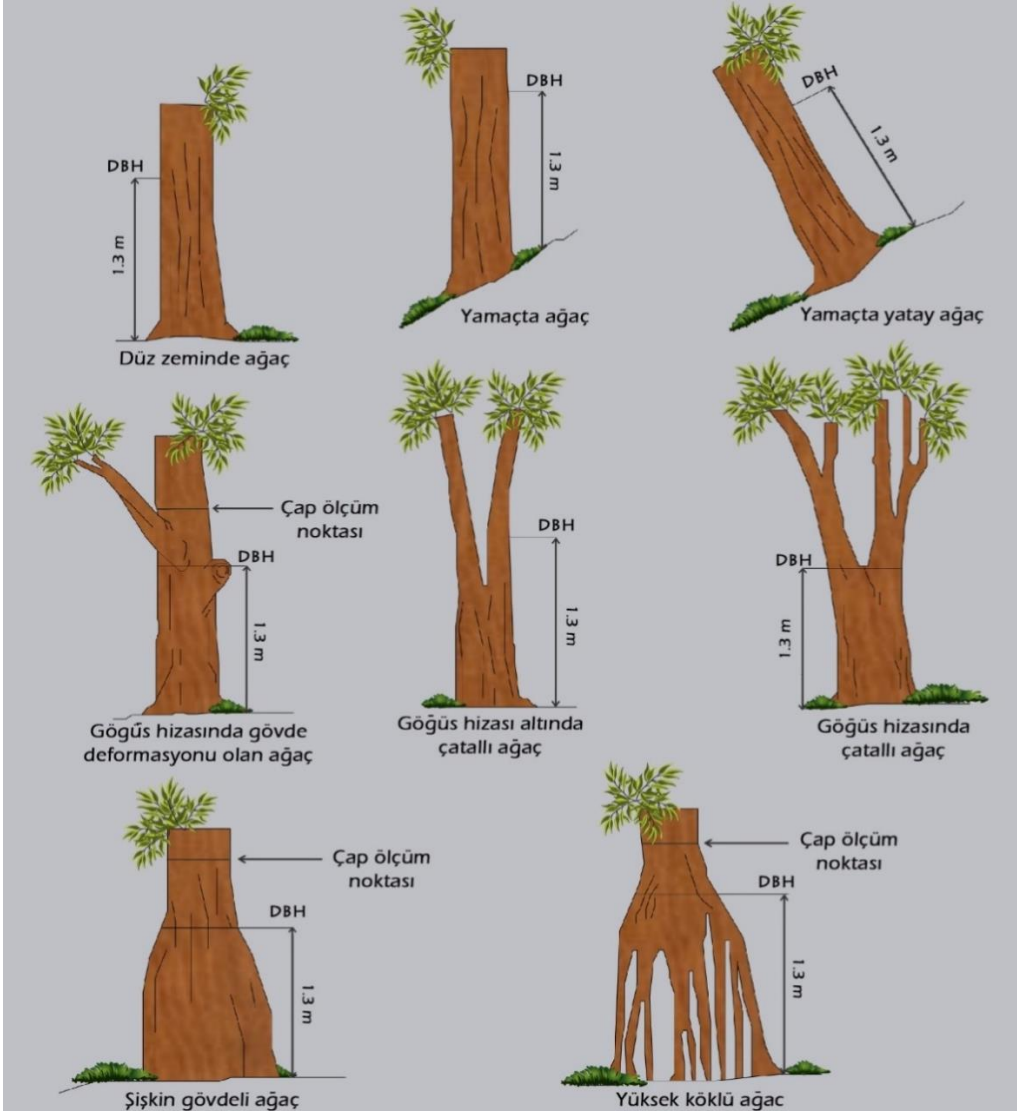
Taç sağlığı ile ilgili durum, görsel değerlendirmelerle tahmin edilmiştir. Bu tahminlerde, her bir ağaç için, eksik görünen taç yüzdesi, Şekil 14 ölçüt alınarak değerlendirilmiştir.



Şekil 14. Taç kayıp yüzdesi tahmin ölçütü

(Meilby ve Puri, 2007)

DBH ölçümleri bir mezura ve şerit metre yardımıyla 1.30 m göğüs yüksekliğinde ölçüm standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve gövde çapı 5 cm'den büyük olan ağaçlar dikkate alınmıştır. Ölçümler; düz zeminde dikey büyüyen ağaçlarda zemine dik olarak, yamaçta dikey büyüyen ağaçlarda yamacın üst noktasından ağaca paralel olacak şekilde yapılmaktadır. Yamaçta eğimli büyüyen ağaçlarda 1.30 m yükseklik ağaç üzerinde yine ağaca paralel olarak, göğüs hizasında gövde deformasyonu olan ağaçlarda ise gövde kusurunun üzerinden ölçülmektedir. Çatal gövde oluşturan ağaçlarda göğüs hizası çatal üzerindeyse ayrı ayrı, çatal altındaysa tek ölçüm olacak şekilde, gövde genişliği ya da kök yükselmesi durumlarında uygun yükseklik ayarlanarak ölçülmektedir. Ölçüm yöntemi Şekil 15'te gösterilmiştir. Analiz sonuçlarında DBH ölçüm sınıfları inch üzerinden program tarafından otomatik olarak cm'ye çevrilmiştir.



Şekil 15. DBH ölçüm yöntemi

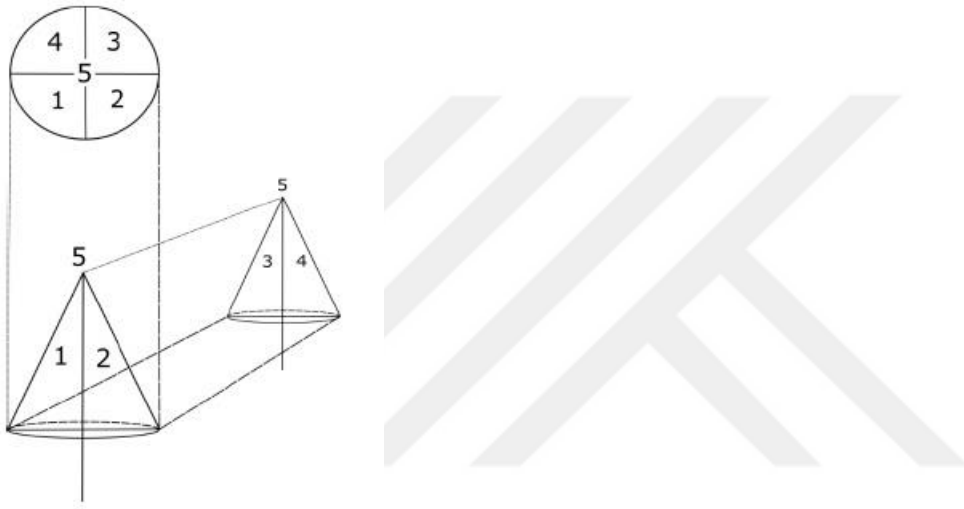
(Huy vd., 2013'ten değiştirilerek düzenlenmiştir)

Saha çalışmalarında tacın ışığa maruz kalma durumu incelenirken dikkat edilmesi gereken husus tacın kaç yüzeyden ışık aldığıdır. Her bir ağaç için 0 ve 5 arasında numaralandırma yapılarak veri formlarına işlenir ("i-Tree Eco", 2021). Tacın ışığa maruz kalma dereceleri i-Tree Eco v6.0 kullanıcı el kitabından yararlanılarak Tablo 4 ve Şekil 16'da belirtilmiştir.



Tablo 4  
Tacın ışığa maruz kalma durumu

Yüzey Sayısı	Açıklama
0	Tacın etrafındaki diğer bitkiler ya da yapılar sebebiyle hiçbir yönden ışık alamaması
1	Tacın ışığı tek bir yönden alması
2	Tacın ışığı iki yönden alması
3	Tacın ışığı üç yönden alması
4	Tacın ışığı dört yönden alması
5	Tacın ışığı her yönden alması



Şekil 16. Tacın ışığa maruz kalma durumu

(*"i-Tree Eco"*, 2021)

Veri formlarına işlenmiş olan tüm kayıtlar Şekil 17’de gösterildiği gibi veri tabanına aktarılır. Verilerin kaydı tamamlandıktan sonra programın “Reports” bölümünden “Submit data for processing” yoluyla i-Tree Ekosistem Analiz Raporları elde edilir.

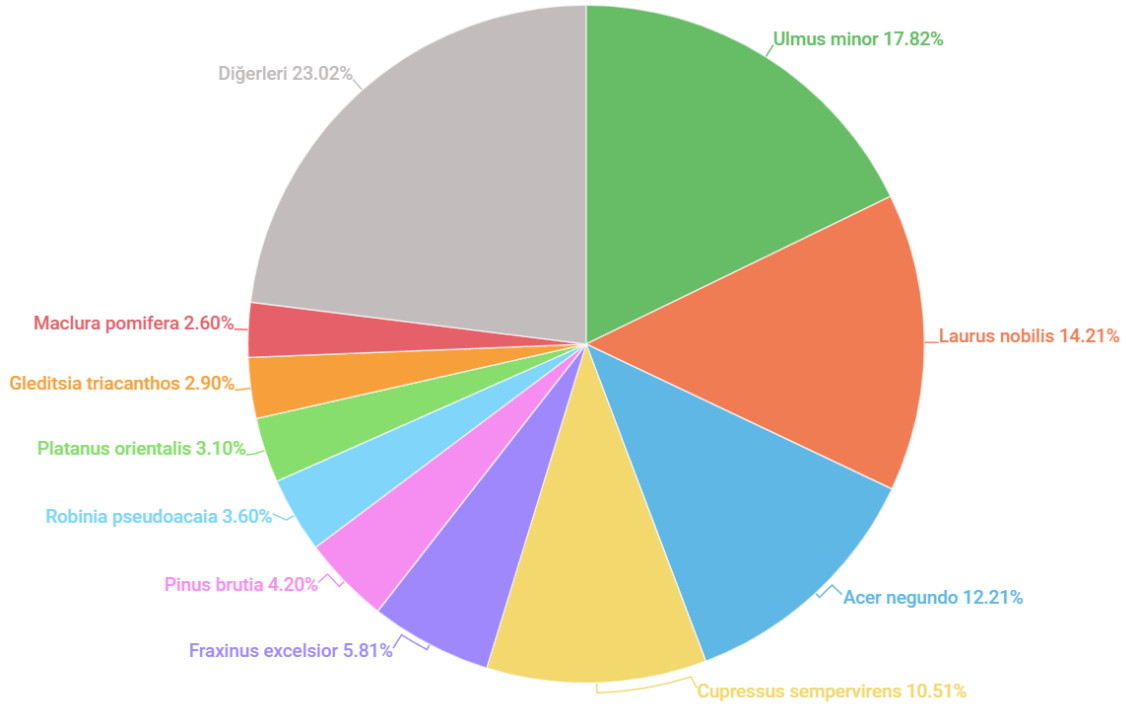


## 4.2. Verilerin Analizi

Ağaç envanter sistemleri, kent ağaçları yönetiminin önemli bir parçasıdır. Geçmişten bugüne bir envanter sistemi olmadan ağaç dikilmekte, bakımı yapılmakta ya da sökülmemektedir (Hauer ve Peterson, 2017). Bitkilerin türlerine, yapısal özelliklerine, konum ve gruplanmalarına göre belirli ekosistem servisleri üzerindeki etkilerini gösteren algoritmalar veya modeller, kentsel alanlardaki ağaç tür ve çeşitliliğine dair seçimler için yol gösterici niteliktedir. Bununla beraber ekosistem modellemesi kent ağaçlarının dikilmesine ilişkin kararların alınmasına da yardımcı olmaktadır (Pace vd., 2018). Bu bağlamda i-Tree Eco modeli aracılığıyla Çanakkale kent merkezinde yer alan 3 parktaki (Halk Bahçesi, 500. Yıl Parkı ve Rotary Park) bitki örtüsü yapısı, işlevi ve değeri açısından analiz edilmiştir.

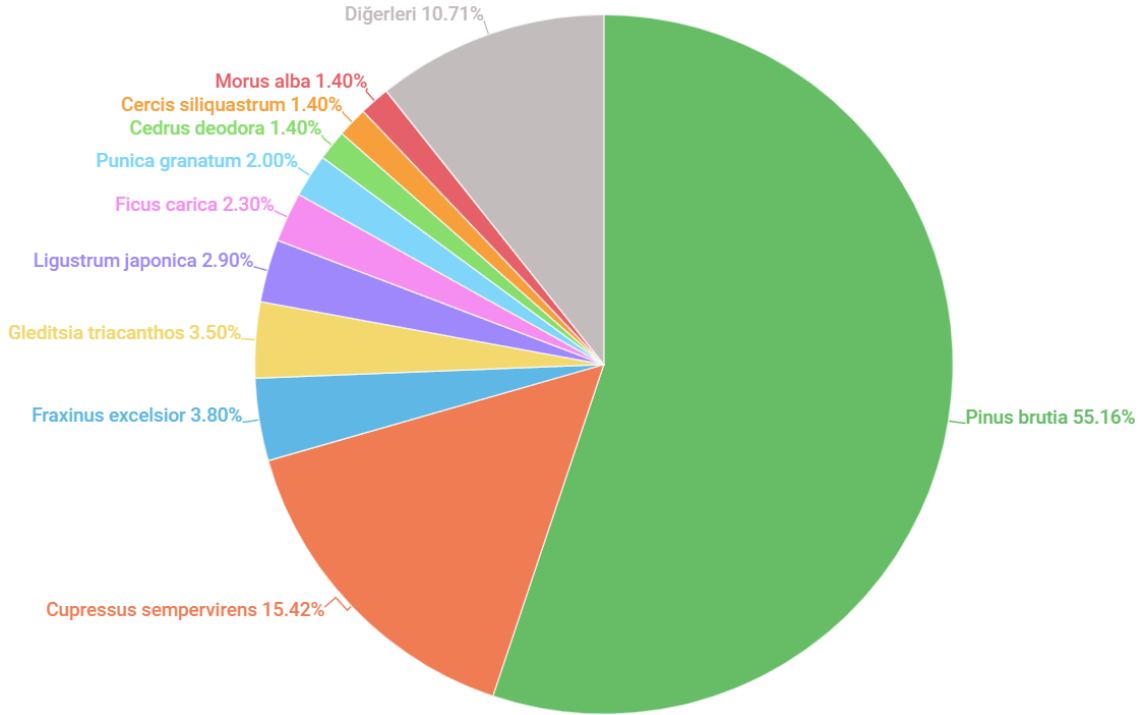
### Türlere Göre Dağılım ve Ölçüm Sonuçları

Envanteri çıkarılan 1270 adet ağacın, parklara göre dağılımları ve türlere ait yoğunlukları incelenmiştir. Bu inceleme sonuçlarına göre, Halk Bahçesi genelinde bulunan 925 ağaç için 64 tür tespit edilmiş olup, eden elde edilen veriler ışığında, hektarda yaklaşık 253 ağaç yoğunluğu saptanmıştır. Alanda en yaygın ağaç türleri *Ulmus minor*, *Laurus nobilis*, *Acer negundo* olup, tür dağılımları Şekil 18’de gösterilmiştir.



Şekil 18. Halk Bahçesi türlere göre dağılım yüzdeleri

500. yıl ve Rotary parkı genelinde bulunan 345 ağaç için, 28 tür tespit edilmiş olup, hektarda 157 ağaç olmak üzere % 69,1 ağaç yoğunluğu saptanmıştır. En yaygın üç tür *Pinus brutia* (% 55,1), *Cupressus sempervirens* (% 15,4) ve *Fraxinus excelsior* (% 3,8)'dur. Türler göre dağılım yüzdeleri Şekil 19'da yer almaktadır.



Şekil 19. 500. Yıl ve Rotary Parkı türler göre dağılım yüzdeleri

Ağaçların büyüklükleri ile sundukları işlevsel hizmetler arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Büyük ağaçlar, kök ve gövdelerinde daha fazla dokuya sahip oldukları için karbon depolama ve tutma konusunda daha etkilidir. Bununla beraber, kirliliği ortadan kaldırma ve yağışı kesme, genel olarak geniş yaprak yüzey alanı sayesinde gerçekleştiğinden daha büyük ağaçların sundukları işlevsel hizmetler de daha fazla olma eğilimindedir (Seed Consulting Services, 2016).

Halk Bahçesi'nde sayı olarak en baskın tür olan *Ulmus minor*, gövde çapı olarak da ağırlıklı en yüksek DBH ölçülerine sahip olup, toplam % 57,6 'sının gövde çapı 122 cm'den büyüktür. Halk Bahçesi'nde % 4,2 oranında bulunan *Pinus brutia* 'nın ise % 48,7'si 122 cm den büyük DBH ölçülerine sahiptir. Alanda yaygın olarak görülen türlerden *Laurus nobilis* için ölçülen DBH, 7 cm'den 91 cm'ye kadar değişkenlik göstermekte olup en çok 30 ve 45 cm arasındadır. % 12'lik dağılımla bir diğeri yaygın tür olan *Acer negundo* 'nun ise % 6,2

'sinin DBH ölçümleri 122 cm üzerindedir. Halk Bahçesi için en yoğun on türe ait DBH sınıfı dağılım tablosu Tablo 5'te yer almaktadır. Bütün türlerin DBH dağılım tablosu Ek 1'de sunulmuştur.

Tablo 5  
Halk Bahçesi'nde en yaygın 10 tür için DBH sınıfı dağılımı

Tür Adı	DBH Sınıfı (cm)									
	0 / 7,6 (%)	7,6 / 15,2 (%)	15,2 /30,5 (%)	30,5 /45,7 (%)	45,7 /61 (%)	61 / 76,2 (%)	76,2 /91,4 (%)	91,4 / 106,7 (%)	106,7 / 121,9 (%)	121,9+ (%)
Ulmus minor	0,0	0,6	7,3	8,5	6,7	6,1	5,5	3,6	4,2	57,6
Laurus nobilis	0,0	4,6	25,2	34,4	21,4	9,2	4,6	0,0	0,8	0,0
Acer negundo	0,0	0,9	8,0	17,7	20,4	15,0	15,9	8,8	7,1	6,2
Cupressus sempervirens	0,0	7,2	16,5	17,5	12,4	5,2	5,2	4,1	5,2	26,8
Fraxinus excelsior	0,0	0,0	5,6	3,7	9,3	22,2	20,4	11,1	7,4	20,4
Pinus brutia	0,0	2,6	0,0	5,1	2,6	7,7	10,3	10,3	12,8	48,7
Robinia pseudoacacia	0,0	3,0	0,0	18,2	27,3	21,2	12,1	9,1	3,0	6,1
Platanus orientalis	0,0	0,0	3,4	6,9	13,8	17,2	3,4	20,7	17,2	17,2
Gleditsia triacanthos	0,0	0,0	3,7	0,0	11,1	14,8	7,4	22,2	11,1	29,6
Maclura pomifera	0,0	0,0	0,0	4,2	8,3	8,3	12,5	20,8	4,2	41,7

500. yıl ve Rotary Park içinde % 55 yoğunlukla en yaygın tür olan *Pinus brutia* ağırlıklı en yüksek DBH ölçülerine sahip olup, % 20,5 'i 122 cm ve üzerinde ölçülmüştür. % 19'unun DBH ölçümü 106.7 ile 121.9 arasında, % 20'sinin de 91.4 ile 106.7 aralığındadır. Yoğunluk dağılımında ikinci sırada olan *Cupressus sempervirens* DBH ölçümleri incelendiğinde % 15'inin 122 cm'den ve % 50'sinin de 75 cm'den büyük olduğu gözlenmektedir (Tablo 6). Tablo 6'ya göre 500. Yıl ve Rotary Park alanlarında DBH ölçümlerinde 122 cm'den büyük gövdeye sahip diğer bitkiler; *Gleditsia triacanthos*, *Ligustrum japonica*, *Ficus carica* ve *Morus alba*'dır. Ek 2 'de sunulan tüm türlere ait DBH dağılım tablosuna göre *Acer negundo*, *Mespilus germanica*, *Platanus orientalis*, *Populus alba*, *Prunus dulcis* ve *Washingtonia filiferada* parkta 122 cm'den büyük DBH ölçülerine sahip bitkiler arasındadır.

Tablo 6  
500. yıl ve Rotary Park'taki en yaygın 10 tür için DBH sınıfı dağılımı

Tür Adı	DBH Sınıfı (cm)									
	0 / 7,6 (%)	7,6 / 15,2 (%)	15,2 /30,5 (%)	30,5 /45,7 (%)	45,7 /61 (%)	61 / 76,2 (%)	76,2 /91,4 (%)	91,4 / 106,7 (%)	106,7 / 121,9 (%)	121,9+ (%)
Pinus brutia	0,0	0,0	1,1	1,1	6,3	17,4	14,7	20,0	18,9	20,5
Cupressus sempervirens	0,0	0,0	5,7	1,9	11,3	15,1	17,0	17,0	17,0	15,1
Fraxinus excelsior	0,0	0,0	30,8	38,5	15,4	0,0	7,7	7,7	0,0	0,0
Gleditsia triacanthos	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	41,7	8,3	16,7	0,0	16,7
Ligustrum japonica	0,0	0,0	10,0	30,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Ficus carica	0,0	0,0	37,5	37,5	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	12,5
Punica granatum	0,0	0,0	0,0	28,6	14,3	28,6	0,0	28,6	0,0	0,0
Cedrus deodora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	40,0	0,0	0,0	0,0
Cercis siliquastrum	0,0	0,0	20,0	0,0	20,0	40,0	20,0	0,0	0,0	0,0
Morus alba	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0	20,0	20,0	0,0	20,0

i-Tree Eco değerlendirmesindeki ağaç gölgelik örtüsü, esas olarak gölgelik yayılım ölçümlerine dayanır (Seed Consulting Services, 2016). Halk Bahçesi için mevcut gölgelik örtüsünün % 120, Rotary ve 500. Yıl Parkları için yaklaşık % 70 olduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, ağaçların çoğunun taç örtülerinin üst üste geldiği ve bazı küçük ağaçların bir kısmının veya tamamının daha büyük ağaçların taç örtülerinin altına düştüğü belirtilmelidir.

Birçok ağaç faydası, doğrudan bitkinin sağlıklı yaprak yüzey alanı miktarına eşittir. Ağaçlar benzer taç örtüsü alanlarına sahip olabilir, ancak bakım ve budama farklılıkları, ışık alma yüzdeleri gibi durumlar farklı yaprak yüzey alanlarına sahip olmalarına neden olmaktadır (Seed Consulting Services, 2016). Türlerle ait ölçümler ve taç kayıp yüzdeleri tahminleri sonucunda Halk Bahçesi için 21 hektar, 500. Yıl ve Rotary Parkı için 12 hektar yaprak alanı hesaplanmıştır. Bu alanlar için yaprak yoğunluğu en yüksek 10 tür Tablo 7 ve Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 7  
Halk Bahçesi'nde yaprak yoğunluğu en yüksek 10 tür

Tür adı	Yaprak Alanı (m <sup>2</sup> /ha)		Yaprak biyokütlesi (kg/ha)	
	Değer	SH	Değer	SH
Ulmus minor	15.604,10	0,50	1.062,80	0,00
Acer negundo	8.376,60	0,30	766,30	0,00
Cupressus sempervirens	4.309,80	0,20	1.010,30	0,10
Platanus orientalis	3.834,30	0,30	176,10	0,00
Laurus nobilis	3.135,30	0,10	178,50	0,00
Pinus pinea	3.087,30	0,20	297,60	0,00
Maclura pomifera	3.014,50	0,30	303,10	0,00
Gleditsia triacanthos	2.113,60	0,20	221,30	0,00
Robinia pseudoacacia	1.764,00	0,10	95,00	0,00

Tablo 8  
Rotary park ve 500. Yıl parkı yaprak yoğunluğu en yüksek 10 tür

Tür adı	Yaprak Alanı (m <sup>2</sup> /ha)		Yaprak biyokütlesi (kg/ha)	
	Değer	SH	Değer	SH
Pinus brutia	36.540,80	0,90	3.522,00	0,10
Cupressus sempervirens	9.549,70	0,70	2.238,60	0,20
Gleditsia triacanthos	2.298,60	0,40	240,70	0,00
Platanus orientalis	1.064,00	0,30	48,90	0,00
Ficus carica	889,30	0,30	69,60	0,00
Cedrus deodora	680,20	0,10	159,40	0,00
Morus alba	590,80	0,20	43,20	0,00
Acer negundo	536,50	0,10	49,10	0,00
Fraxinus excelsior	491,20	0,10	52,30	0,00
Mespilus germanica	397,30	0,10	29,90	0,00

### Karbon Fayda Tahminleri

Kent içinde yer alan açık yeşil alanlarda bitki dokusu, yerli ve egzotik ağaç türlerinin bir karışımından oluşur. Bu nedenle, doğal olarak oluşan manzaralardan daha yüksek bir ağaç çeşitliliğine sahiptir. Artan tür çeşitliliği, türlere göre sağlanan faydanın değişkenliği konusunda ışık tutmaktadır (i-Tree Eco, 2021). Yapılan analizlerle elde edilen sonuçların daha net ortaya konabilmesi amacıyla, incelenen parklardaki en yaygın 10 türe ilişkin sonuçlar değerlendirmeye alınmıştır. Buna göre sırasıyla Halk Bahçesi ve 500.yıl/Rotary

Park alanlarına yönelik karbon fayda tahminleri Tablo 9 ve 10'da yer almaktadır. Alanlardaki tüm türlere ilişkin sonuçlar ise Ek 3 ve Ek 4'te mevcuttur.

Tablo 9  
Halk Bahçesi'nde en yaygın 10 tür için karbon fayda tahminleri

Tür adı	Adeti	Karbon Depolama		CO <sub>2</sub> Eşdeğeri	Karbon Tutma		CO <sub>2</sub> Eşdeğeri
		ton	TL	ton	ton/yıl	TL/yıl	ton
Ulmus minor	165	889,70	793.403,26	3.262,50	6,61	5.891,01	24,22
Laurus nobilis	131	204,54	182.405,14	750,10	7,93	7.068,77	29,07
Acer negundo	113	162,14	144.588,41	594,60	5,68	5.065,59	20,83
Cupressus sempervirens	97	208,63	186.047,75	765,00	0,71	635,38	2,61
Fraxinus excelsior	54	123,80	110.368,01	453,80	3,14	2.798,70	11,51
Pinus brutia	39	99,80	89.028,82	366,10	0,90	803,56	3,30
Robinia pseudoacacia	33	40,60	86.167,64	148,70	1,68	1.497,02	6,16
Platanus orientalis	29	62,70	55.876,37	229,80	1,53	1.365,45	5,61
Gleditsia triacanthos	27	66,08	58.926,72	242,30	0,96	851,75	3,50
Maclura pomifera	24	95,00	84.683,32	348,20	0,06	54,94	0,23

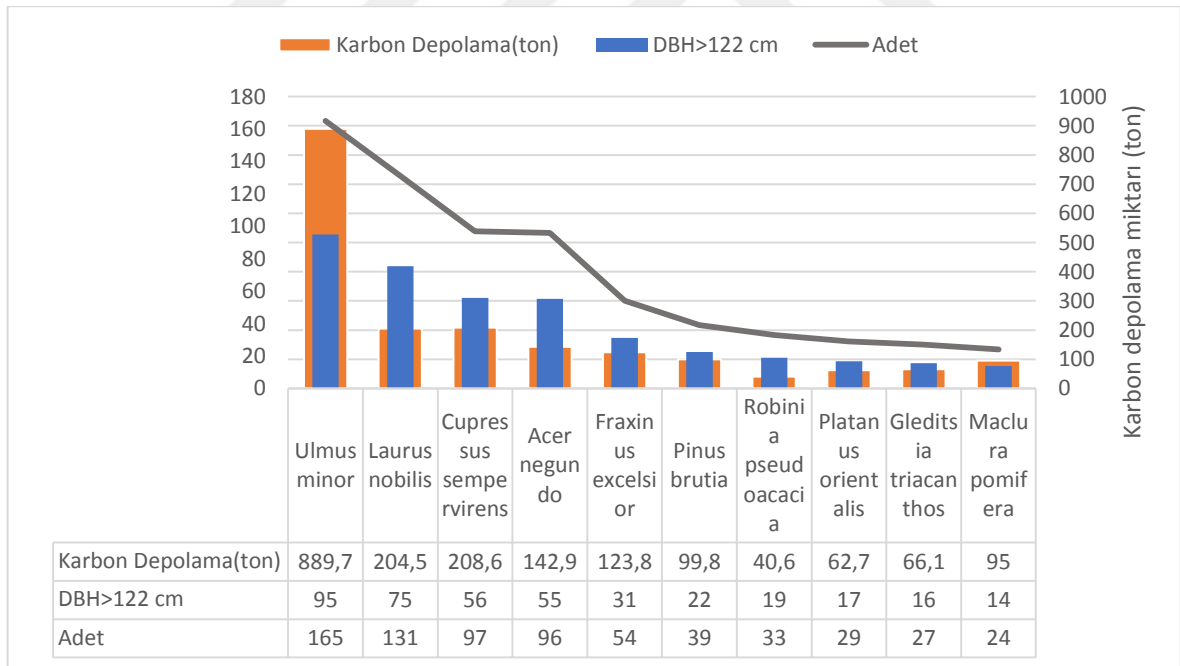
Tablo 10  
500. Yıl Parkı/Rotary Park için en yaygın 10 türün karbon fayda tahminleri

Tür adı	Adeti	Karbon Depolama		CO <sub>2</sub> Eşdeğeri	Karbon Tutma		CO <sub>2</sub> Eşdeğeri
		ton	TL	ton	ton/yıl	TL/yıl	ton
Pinus brutia	190	390,57	348.301,88	1.432,20	5,68	5.062,86	20,82
Cupressus sempervirens	53	128,34	114.453,11	470,60	0,14	123,82	0,51
Fraxinus excelsior	13	7,13	6.360,16	26,20	0,48	429,8	1,77
Gleditsia triacanthos	12	20,44	18.226,13	74,90	0,64	570,61	2,35
Ligustrum japonica	10	14,04	12.523,09	51,50	0,11	101,75	0,42
Ficus carica	8	11,44	10.200,07	41,90	0,13	118,62	0,49
Punica granatum	7	13,35	11.907,12	49,00	0,04	33,09	0,14
Cedrus deodora	5	6,23	5.552,92	22,80	0,26	233,08	0,96
Cercis siliquastrum	5	3,93	3.507,11	14,40	0,02	21,12	0,09
Morus alba	5	9,88	8.814,41	36,20	0,07	61,23	0,25

Karbon depolama miktarı, Dünya Gözlem Uyduları Komitesi tarafından ağaç veya çalı (odunsu bitki) yaşam formlarından elde edilen canlı veya ölü maddelerin yer üstünde duran kuru kütlesi olarak tanımlanan yer üstü biyokütlesinden (Above Ground Biomass; AGB) tahmin edilebilir. AGB, kentsel ağaçlarda depolanan toplam karbon miktarını tahmin etmek için allometrik modeller aracılığıyla nicelendirilmekte olup, DBH ve ağacın yüksekliği olmak üzere iki dendrometrik ölçü kullanılarak hesaplanmaktadır (Gülçin ve van den Bosch, 2021).



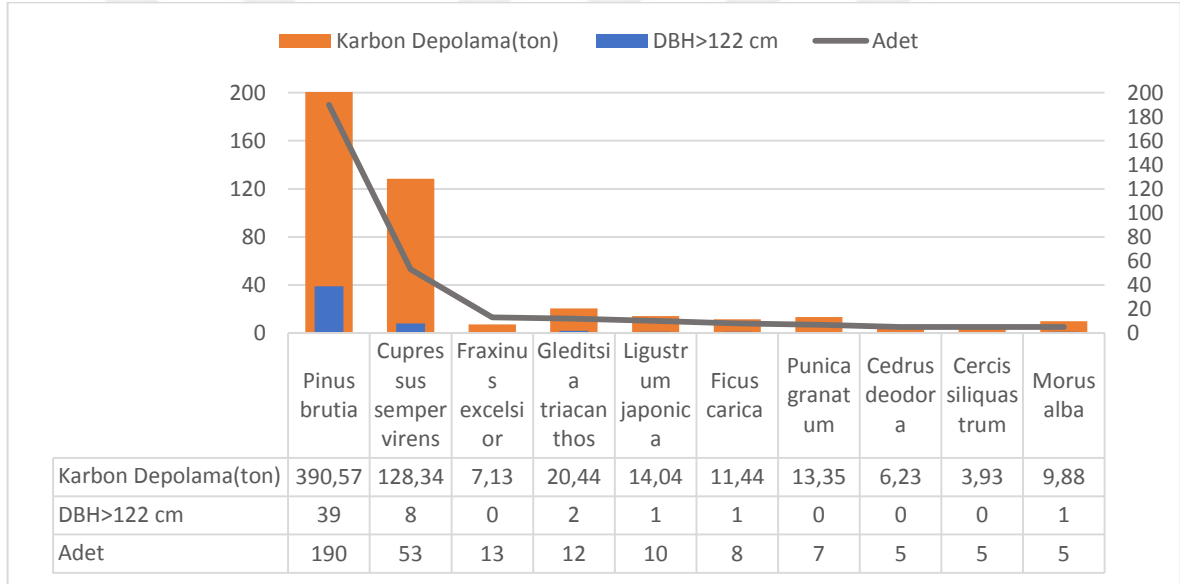
Halk Bahçesi için Tablo 9’da görüldüğü gibi, alanda sayıca ve yaşça baskın olan *Ulmus minor* karbon depolama konusunda da ön sırada yer almaktadır. 889,70 ton karbon depolayan bu türün depoladığı miktar 3.262,50 ton CO<sub>2</sub>’e eşdeğer olup, depolanan karbon için ekonomik katkı değeri 793.403,26 TL olarak hesaplanmıştır. *Ulmus minor*’den sonra en yaygın tür olan *Laurus nobilis* (131 adet), kendisinden sayıca daha az olan *Cupressus sempervirens* (97 adet) ile karşılaştırıldığında, *Cupressus sempervirens*’in 4,09 ton daha fazla karbon depoladığı görülmektedir. Bu farkın ekonomik bazda 3.642,61 TL’ye eş değer olduğu hesaplanmaktadır. Aynı şekilde *Maclura pomifera* (24 adet) ve *Platanus orientalis* (29 adet) karşılaştırıldığında da karbon depolama miktarları arasında 32,3 ton gibi önemli bir fark göze çarpmaktadır. Karbon depolama miktarında ağacın DBH ve yüksekliğinin, dolayısı ile yaşının etkili olduğu Tablo 5’te belirtilmiş olan DBH farklılıkları karşılaştırıldığında daha net görülmektedir. Alanda sayıca az olan *Maclura pomifera*’nın % 41,7’si 122 cm’den yüksek DBH’a sahipken *Platanus orientalis*’in yalnızca % 17,2’sinin DBH’ı 122 cm’den büyük ölçülmüştür. Karbon depolama miktarları ile DBH ve tür adeti ilişkisi Şekil 20’de gösterilmiştir.



Şekil 20. Halk Bahçesi türlere göre karbon depolama miktarları

500. Yıl Parkı/Rotary Park için Tablo 10’da yer alan veriler ışığında alanın yarısından fazlasını kaplayan *Pinus brutia*’nın, karbon tutma ve depolama konusunda ön sırada yer aldığını söylemek mümkündür. 390,57 ton karbon depolayan *Pinus brutia*’nın depoladığı karbon miktarı 1.432,2 ton CO<sub>2</sub>’e eşdeğerdir ve ekonomik bazda 348.301,88 TL gibi ciddi

bir değere karşılık gelmektedir. Onu takip eden tür *Cupressus sempervirens* (53 adet), 128,34 ton karbon depolarken 114.453,11 TL ekonomik değer sağlamakta olup, depoladığı miktar 470,60 ton CO<sub>2</sub>'e eş değerdir. Tabloda *Fraxinus excelsior*'dan sayıca az olup, depoladığı karbon miktarı bakımından çok daha yüksek olan türler *Gleditsia triacanthos*, *Ligustrum japonica*, *Ficus carica* ve *Punica granatum* göze çarpmaktadır. Yüzde 4 yayılım oranı ile alanda en baskın üçüncü tür olan *Fraxinus excelsior*'un (13 adet) depoladığı karbon miktarı 7,13 ton iken, *Gleditsia triacanthos* (12 adet) 20,44 ton, *Ligustrum japonica* (10 adet) 14,04 ton, *Ficus carica* (8 adet) 11,44 ton ve *Punica granatum* (7 adet) 13,35 ton'dur. Bu farklılığın temel sebebinin yine DBH ölçüm sonuçlarından kaynaklanmakta olduğunu söylemek mümkündür (Tablo 6). Karbon depolama miktarları ile DBH ve tür adeti ilişkisi Şekil 21'de gösterilmiştir.



Şekil 21. 500. Yıl Parkı/Rotary Park türlerine göre karbon depolama miktarları

Karbon tutma, karbonu biyosferde depolayarak atmosferden uzaklaştırmak için doğal bir yöntemdir. Bir ağaç tarafından sürekli olarak tutulan karbon miktarı, olgunlaşana kadar ağacın yaşı boyunca önemli ölçüde artar (Chavan ve Rasal, 2011). Tablo 9 ve 10'da karbon tutmaya yönelik veriler, türler için havadan alınan ve ağaçta yıllık olarak depolanan karbon miktarının tahmini oranıdır. Tablo 9'a göre Halk Bahçesi için, bir yılda karbon tutma miktarları en fazla olan bitkiler sırasıyla, *Laurus nobilis* (7,93 ton/yıl), *Ulmus minor* (6,61 ton/yıl) ve *Acer negundo* (4,74 ton/yıl) 'dur ve sadece bu türlerin tuttıkları karbon ile sağladıkları faydanın değeri yılda toplam 17.186,23 TL'dir. Halk bahçesi Çanakkale kent merkezinde 36.500 m<sup>2</sup>'lik alanıyla önemli bir yer tutarken bünyesinde barındırdığı asırlık

ağaçlarıyla Çanakkale kent merkezi hava kalitesine 2.151,99 ton karbon depolayarak ve yılda 34,28 ton karbon tutarak katkı sağlamaktadır. Sağladığı bu katkının maddi olarak karşılığı karbon depolama için yaklaşık iki milyon lira (1.919.071,01 TL) olup, karbon tutma ile ilgili ise yılda otuz bin altı yüz (30.569,66 TL) liradır.

500. Yıl Parkı ve Rotary Park yıllık karbon tutma miktarlarına göre, 5,68 ton ile *Pinus brutia*, 0,64 ton ile *Gleditsia triacanthos* ve 0.48 ton ile *Fraxinus excelsior* önde gelmektedir (Tablo 10). Yalnızca bu 3 türün yıllık olarak tuttıkları karbon ile sağladıkları toplam fayda yılda 6.063,27 TL'dir. Çanakkale kent merkezinde kapladıkları 21.849 m<sup>2</sup>'lik alan ile hava kalitesine önemli ölçüde katkı sağlayan 500. Yıl ve Rotary Parkları toplam 696,94 ton karbon depolamakta ve yılda 8.552 ton karbon tutmaktadırlar. Sağladıkları katkı ekonomik bazda karbon depolama için yaklaşık altı yüz yirmi iki bin lira (621.509,36 TL) ve karbon tutma için yıllık yedi bin altı yüz otuz lira (7.626,09 TL)'dir.

Karbon depolama ve karbon tutma (TL) değerleri, tahmini veya özelleştirilmiş yerel karbon değerlerine dayanmaktadır. Yerel değerlere sahip olmayan uluslararası raporlar için, tahminler Amerika Birleşik Devletleri (ABD Çevre Koruma Ajansı 2015, Kurumlar Arası Karbon Maliyeti Çalışma Grubu) için karbon değerini temel alır ve kullanıcı tanımlı döviz kurlarıyla yerel para birimine dönüştürülür. i-Tree Eco yazılımında bu analiz için karbon depolama ve karbon tutma değerleri metrik ton başına (06.12.2021 tarihli dolar kuruna göre) 892 TL üzerinden hesaplanmıştır (i-Tree Eco, 2021).

### **Oksijen Üretimi Tahminleri**

Pek çok ekoloji ders kitabı, dünyadaki oksijen üreten organizmaların büyük çoğunluğunun sucul olduğunu ortaya koysa da, oksijen üretimi, şehir ağaçlarının en sık bahsedilen faydalarından biridir (Nowak vd., 2007). Ağaçların net oksijen üretimi, fotosentez sırasında üretilen oksijen miktarından bitki solunumu sırasında tüketilen oksijen miktarının çıkarılmasıyla elde edilir (Salisbury ve Ross, 1978) ve bir ağacın yıllık oksijen üretimi, ağaç biyokütlesinin birikimine bağlı olan, ağaç tarafından tutulan karbon miktarı ile doğrudan ilişkilidir (i-Tree Eco, 2021). Tablo 11 ve 12, incelenen alanlarda yıllık oksijen üretimi en fazla olan 10 türe ait üretim miktarlarını göstermektedir.

Tablo 11  
Halk Bahçesi Yıllık Oksijen Üretimi

<b>Tür Adı</b>	<b>Ağaç Adeti</b>	<b>Yaprak Alanı (hektar)</b>	<b>Oksijen Üretimi (ton/yıl)</b>	<b>Yıllık Brüt Karbon Tutma (ton/yıl)</b>
Laurus nobilis	131	1,14	21,14	7,93
Ulmus minor	165	5,70	17,62	6,61
Acer negundo	113	3,06	15,15	5,68
Fraxinus excelsior	54	2,50	8,37	3,14
Robinia pseudoacacia	33	0,64	4,48	1,68
Platanus orientalis	29	1,40	4,08	1,53
Gleditsia triacanthos	27	0,77	2,55	0,96
Pinus brutia	39	1,13	2,40	0,90
Cupressus sempervirens	97	1,57	1,90	0,71
Ligustrum lucidum	20	0,16	1,46	0,55

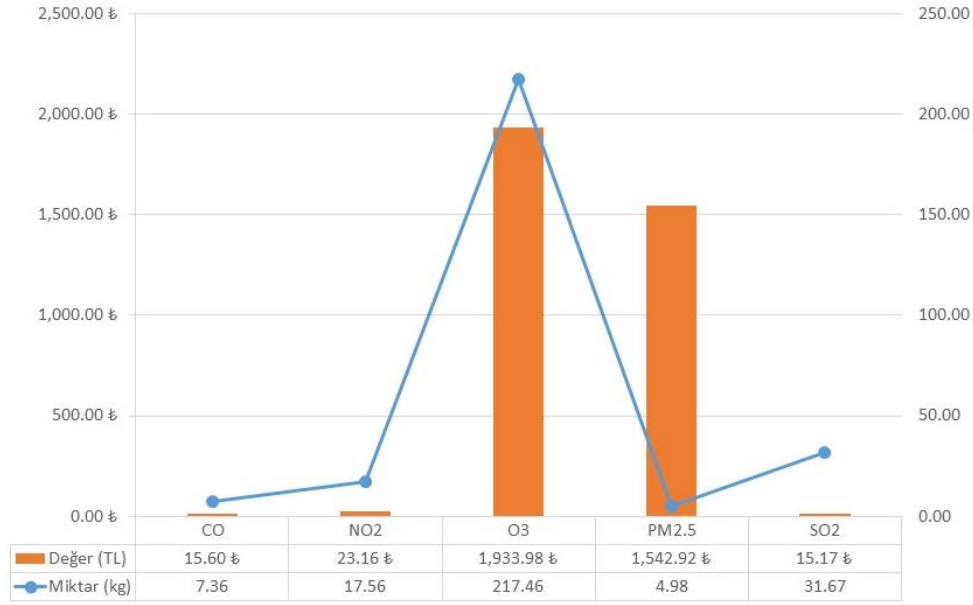
Tablo 12  
500. Yıl ve Rotary Parkı Yıllık Oksijen Üretimi

<b>Tür Adı</b>	<b>Ağaç Adeti</b>	<b>Yaprak Alanı (hektar)</b>	<b>Oksijen Üretimi (ton)</b>	<b>Yıllık Brüt Karbon Tutma (ton/yıl)</b>
Pinus brutia	190	8,04	15,14	5,68
Gleditsia triacanthos	12	0,51	1,71	0,64
Fraxinus excelsior	13	0,11	1,29	0,48
Cedrus deodora	5	0,15	0,70	0,26
Laurus nobilis	2	0,08	0,68	0,25
Acer negundo	4	0,12	0,54	0,20
Platanus orientalis	4	0,23	0,40	0,15
Cupressus sempervirens	53	2,10	0,37	0,14
Ficus carica	8	0,20	0,35	0,13
Olea europea	5	0,03	0,32	0,12

Tablolar incelendiğinde yıllık brüt karbon tutma miktarının oksijen üretimi ile ilişkisi dikkat çekmektedir. Halk Bahçesi için en çok oksijen üretimi *Laurus nobilis* tarafından sağlanmakta olup yılda 21,14 ton oksijen katkısı vardır (Tablo 11). *Ulmus minor* 17,62 ton ve *Acer negundo* 15,15 ton olmak üzere Halk Bahçesi'ndeki bitkiler arasından en çok oksijen üretimini sağlayan türlerdir. Halk Bahçesi'ndeki ağaçlar tarafından yılda toplam 87,93 ton oksijen üretildiği tahmin edilmektedir. 500. Yıl ve Rotary Parkları için oksijen üretimine en yoğun katkı sağlayan türler *Pinus brutia* (15,14 ton), *Gleditsia triacanthos* (1,71 ton), ve *Fraxinus excelsior* (1,29 ton) olup, alan genelindeki tüm bitkilerin sağladığı yıllık oksijen üretim miktarı 22,8 tondur (Tablo 12).

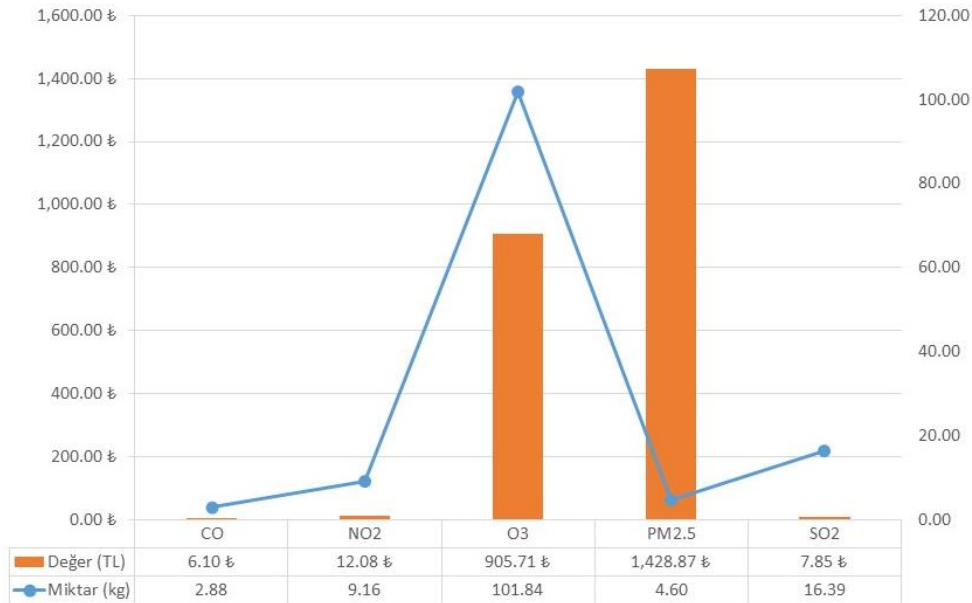
## Hava Kirliliğinin Giderilmesi

Hava kirliliği, ekosistemleri ve insan sağlığını tehdit eden, artan küresel emisyonlarla birlikte büyüyen çevresel bir tehdittir (Riondato vd., 2020). Kentsel alanlarda hava kalitesinin düşük olması, araç egzoz emisyonları, endüstriyel süreçler, evsel ısınma ve solvent kullanımı gibi yüksek konsantrasyonda kirletici kaynakları göz önüne alındığında, kaçınılmaz bir gerçektir. Azalan hava kalitesi, erken ölüm ve hastalıkların başlıca nedeni olduğu gibi, ekosistemlerin işleyişi, altyapısal ve çevresel sistemler üzerinde de önemli sorunlar yaratmaktadır. Kentsel bitki örtüsü hava kalitesinin doğrudan ve dolaylı olarak iyileştirilmesine önemli bir katkı sağlamaktadır (Seed Consulting Services, 2016). Bitkiler gerek yaprak stomaları yoluyla gaz halindeki kirleticileri emerek, gerek havadaki partikülleri bitki yüzeyinde yakalayarak ve tutarak kirletici oranlarını düşürürler (Morani vd., 2011). Hava kirliliğinin giderilmesi konusunda i-Tree Eco değerlendirmesinde, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından kriter hava kirleticileri olarak isimlendirilen Karbon Monoksit (CO), Azot dioksit (NO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Partikül maddeler (PM 2.5) ve Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>) dikkate alınmaktadır. Program kirlilik tahminleri için, arazi verileri, mevcut kirlilik ve hava durumu verilerini kullanmaktadır (i-Tree Eco, 2021). Analiz sonuçlarına göre Halk Bahçesi için yılda 279 kilogram kirleticinin kaldırılacağı ve bununla ilişkili toplam değer 3.530 TL olacağı tahmin edilmektedir. İlgili tahminler incelendiğinde en fazla Ozon gazının (O<sub>3</sub>) atmosferden uzaklaştırıldığı görülmektedir (Şekil 22). Yılda 217,46 kg Ozon gazının uzaklaştırılması yaklaşık iki bin liralık maddi değere karşılık gelmektedir. Ozondan sonra en çok kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>)'in uzaklaştırıldığı (31,67 kg) görülse de, ilişkili değer (TL) karşılıklarına bakıldığında partikül madde (PM 2.5) için tahmin edilen rakam çok daha fazladır.



Şekil 22. Halk Bahçesi yıllık kirletici uzaklaştırma miktar ve değerleri

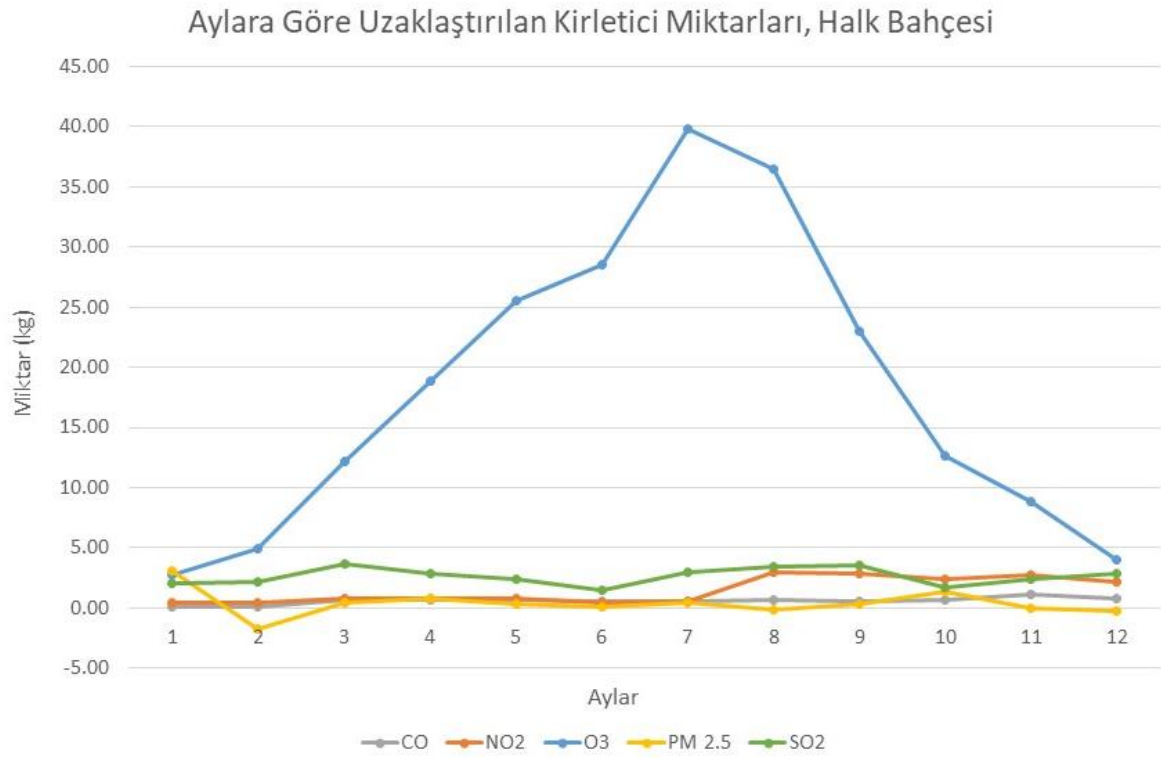
500. Yıl ve Rotary Park için elde edilen sonuçlar ise yılda 134,9 kilogram kirletici uzaklaştırılacağı ve toplam değerinin 2.360 TL olacağı şeklindedir. Tahmin sonuçlarına göre (Şekil 23) bir yılda en fazla uzaklaştırılan kirleticilerin Ozon gazı (O<sub>3</sub>) ve yine takiben kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) olması beklenmektedir. Ancak partikül maddelerin uzaklaştırılması ile sağlanan maddi faydanın boyutu diğer kirleticilere göre çok daha fazladır.



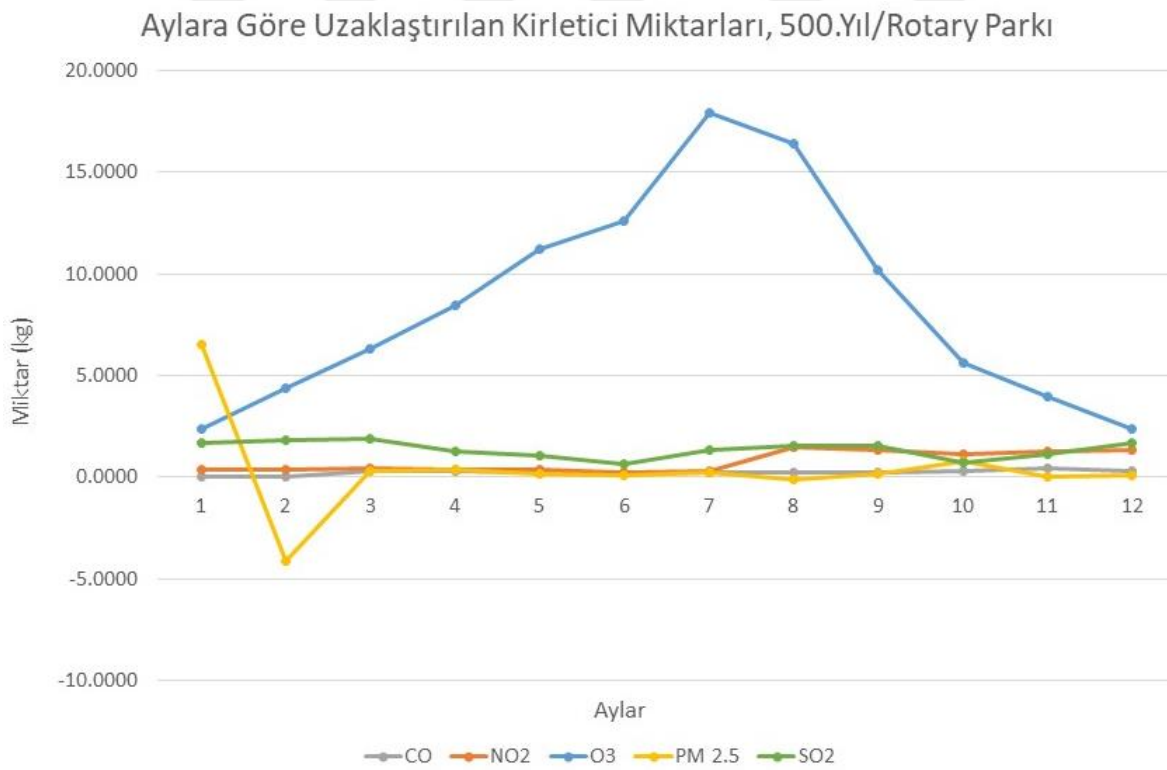
Şekil 23. 500.Yıl ve Rotary Park yıllık kirletici uzaklaştırma miktar ve değerleri

Her bir kirletici için kirlilik giderme değerleri, ta örtüsü miktarına, kirlilik konsantrasyonuna, yapraklı sezonun uzunluğuna, yağış miktarına, transpirasyonu ve okelme hızlarını etkileyen diğer meteorolojik değişkenlere bağlı olarak aylara göre farklılık gösterecektir. Bu faktörlerin tümü, toplam kirletici uzaklaştırma miktarını ve birim ta örtüsü başına standart kirlilik giderme oranını etkilemek üzere birleşmektedir (Nowak vd., 2006). Aylara göre uzaklaştırılan kirletici miktarları Şekil 24 ve Şekil 25'te gösterilmiştir. Verilen iki grafikte de ozon gazı uzaklaştırma miktarlarının bitki örtüsünün yapraklı olduğu, sıcaklığın ve dolayısıyla transpirasyonun yüksek olduğu yaz aylarında en st seviyelere ulaştığı görülmektedir. Nowak (1994)'a göre; bu durum ozon gazının suda düşük znrlğe sahip olmasına rağmen stoma boşluklarına kolayca difüze olması ve yaprak i yüzeylerinde hızla reaksiyona girmesi şeklinde açıklanabilir. Kent ağaçlarının ozon, kükürt dioksit ve nitrojen dioksit üzerindeki en büyük etkisi, ağaçların transpirasyon hızının yüksek olduğu yapraklı mevsiminin gündüz vakitleridir (Nowak vd., 2006).

TMMOB evre Mühendisleri Odası 2019 yılı Hava Kirliliği Raporuna göre, Çanakkale lm istasyonu, PM 2.5, O<sub>3</sub> ve SO<sub>2</sub> kirletici parametreleri bazında, yıllık DSÖ, AB ve Ulusal Limit değerlerini açmaktadır (TMMOB evre Mühendisleri Odası, 2019). evre, Şehircilik ve İklım Değişikliği Bakanlığı'nın Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağında yayımlanan verilerde, Çanakkale kent merkezi 2020-2021 yılı kirletici miktarlarının PM 2.5 ve SO<sub>2</sub> için Kasım- Aralık aylarında, NO<sub>2</sub> için Mart ve O<sub>3</sub> için Ağustos aylarında en yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir (Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı, 2021).



Şekil 24. Halk Bahçesi aylara göre uzaklaştırılan kirletici miktarları



Şekil 25. 500.Yıl/Rotary Parkı aylara göre uzaklaştırılan kirletici miktarları



Şekil 24 ve 25’te yer alan grafikler incelendiğinde PM 2.5 için yağış mevsimlerinde negatif değerler göze çarpmaktadır. Partikül madde yaprak yüzeylerinde biriktiğinde, ağaçlar PM2.5’i uzaklaştırır. Ancak biriken PM 2.5 için yağmur olayları sırasında atmosfere yeniden asılma, çözülme ya da toprağa aktarılma ihtimalleri mümkündür. Bu sebeple çeşitli atmosferik faktörlere bağlı olarak pozitif veya negatif kirlilik giderme değerleri oluşabilmektedir (i-Tree Eco, 2021). Partikül madde giderme, partiküller yaprak ve kabuk yüzeyleri tarafından tutulduğu için hem gündüz hem de gece ve yıl boyunca gerçekleşir. Karbon monoksit giderimi de yapraklı dönemde hem gündüz hem de gece gerçekleşir, ancak diğer kirlleticilere göre çok daha düşük oranlardadır (Nowak vd., 2006).

Kent ağaçları iklim değişikliğinin azaltılmasında ve çok yönlü ekosistem servisleri sunulmasında önemli rol oynamaktadır. Her yıl tonlarca hava kirleticisini uzaklaştırarak, yerel hava kalitesini çeşitli şekillerde etkilemektedir. Atmosferik parçacıkları yakalama, gaz halindeki kirleticileri hapsetme, hava akımlarını değiştirme, gölgeleme ve terleme yoluyla sıcaklıkları düşürme gibi pek çok etkileri vardır (Nowak vd., 2006; Gülçin ve van den Bosch, 2021). Dolayısıyla çevre kalitesi ve insan sağlığı üzerindeki etkileri de büyüktür.

i-Tree Eco modeli bir veri tabanı olarak çalışmaktadır. Kullanıcılar verileri sisteme entegre ettikten sonra ABD’de yapılan veri analizi vasıtası ile sonuçlara ulaşabilmektedir. Modelin ihtiyaç duyduğu yerel kirlilik ve meteorolojik bazda bazı parametrelerin yetersizliği birtakım kısıtlamalara sebep olmaktadır. i-Tree Eco sürümünün hesaplayacağı parametreler için çalışma yapılacak alanla ilgili veriler tam anlamıyla sağlanabildiği takdirde daha hassas ve detaylı sonuçlar elde edilebilecektir (Tuğluer ve Gül, 2018). Ancak i-Tree Eco modeli, kirliliğin giderilmesi ve hava kalitesinin iyileştirilmesine ilişkin, daha detaylı sonuçlar vermek üzere sürekli olarak geliştirilmekte ve güncellenmektedir.

## BEŞİNCİ BÖLÜM BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 5.1. Araştırma Bulgularının Ekosistem Servislerine Yönelik Değerlendirilmesi

Her yıl milyonlarca erken ölüme sebep olan, ciddi bir çevre sorunu olarak kabul edilen (“WHO”, 2020) hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki yıkıcı etkilerine ilişkin kanıtlar artmaktadır. Aynı zamanda dünya nüfusunun yarısından fazlası şu anda, pek çoğu Dünya Sağlık Örgütü'nün sağlıklı yaşam yönergelerini karşılamayan hava kalitesine sahip kentsel alanlarda yaşamaktadır (Hewitt vd., 2020).

Son yıllarda karbon emisyonlarının azaltılması, toplu taşıt kullanımının artırılması gibi hava kirliliği ve iklim değişikliği ile mücadele için alınan önlemler, COVID-19 salgın sürecinde toplu taşıma araçlarından kaçınılarak bireysel ulaşım yollarının tercih edilmesiyle göz ardı edilmekte (Özdede vd., 2021), dolayısıyla şehirlerde araç egzoz emisyonlarının artma durumu söz konusu olmaktadır. Bununla beraber, bir kentsel alanda kapsamlı bir şekilde ekosistem servisleri (ES) sağlama kapasitesine sahip yeşil altyapı yaklaşımı, sürdürülebilir kentsel planlamanın yanı sıra hava kalitesini artırma, iklim değişikliğinin etkilerine uyum ve dayanıklılıkta kilit bir unsur olarak rol oynamaktadır (Votsis, 2017). Kentsel açık yeşil alanlarda bulunan bitki örtüsü, hem kirleticileri doğrudan ortadan kaldırarak hem de hava sıcaklıklarını ve bina enerji kullanımlarını azaltarak hava kirliliğini azaltmaya yardımcı olmaktadır (Nowak ve Heisler, 2010). Ancak özellikle kentlerdeki nüfusun kontrol edilemez bir biçimde artışıyla beraber artan talep ve kullanım baskıları sonucunda, ekosistemlerin hızla bozulduğu ve sağladıkları servislerin azalmaya başladığı görülmektedir. Bu sebeple, ekosistem servislerinin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve bu servisleri üreten ekosistemlerin korunabilmesi için; toplumlar tarafından önemlerinin anlaşılması kabul edilmesi gerekmektedir (Avcıoğlu Çokçalışkan, 2016).

Araştırma kapsamında irdelenen ekosistem servislerinin sayısal ifadelerine ilişkin bulguların, kentsel açık yeşil alanlar üzerindeki baskıyı azaltmada etkili olması beklenmektedir. Bu tür çalışmaların yaygınlaştırılması, ekosistemlerin ve onlardan sağlanan ekosistem servislerinin anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Ayrıca sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için ekosistem servislerinin peyzaj planlama sürecine entegrasyonu da büyük

önem taşımaktadır. Yılmaz Kaya ve Uzun (2019), ekosistem hizmetleri ve mekânsal planlama ilişkisinin, peyzaj planlama çerçevesinde değerlendirilmesine ilişkin yapmış oldukları çalışmada; mekânsal planların, ekosistemlerin sürdürülebilirliği, biyoçeşitliliğin korunması, insan refah düzeyinin artırılması ve koruma-kullanma dengesinde ekonomik kalkınma konularında yetersiz kaldığını ifade etmişlerdir. Bu sebeple, yerel ve küresel ölçekte ekolojik öneme sahip hassas alanların, gelecek nesillere ulaşmasını sağlamak amacıyla hazırlanan planlarda koruma kararları alınırken, ekolojik süreçlerin anlaşılmasını sağlayan ekosistem servisleri yaklaşımının da planlama aşamalarına dahil edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Günümüzde artık sadece kentsel yeşil alanların değil, aynı zamanda kentsel, bölgesel ve ülkesel ölçekte yeşil alt yapı sistemlerinin bütüncül olarak organize edilmesi ve ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Ancak mevcut yasal düzenlemeler kapsamında yeşil alan tanımından, kentsel açık yeşil alanların standart, işlev ve niteliklerine kadar pek çok eksikliğin olduğu görülmektedir (Gül vd., 2020). Bu eksikliğin araştırma kapsamında irdelenen parklar gibi pek çok açık yeşil alana yansması da olağandır.

Kent dokusunda önemli bir yere sahip olan açık yeşil alanların korunmasının ve planlanmasının yanı sıra, yeterliliğini de irdelemek gerekmektedir. Dünya genelinde bir şehrin ne kadar yeşil alana sahip olması gerektiğine dair kabul edilmiş bir standart olmamasına rağmen (URBAN20, 2020), DSÖ verileri kişi başına en az 9 m<sup>2</sup> yeşil alan sağlamak gerektiği yönündedir (WHO 2020). Avrupa'daki kentlerin büyük bir kısmı DSÖ tarafından önerilen standartlarının üstünde yeşil alana sahiptir (Gül vd., 2020). Türkiye'de Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği (2014) 'ne göre belediye ve mücavir alan sınırlarında aktif yeşil alan miktarı kişi başına 10 m<sup>2</sup>, belediye ve mücavir alan sınırları dışında ise kişi başına 14 m<sup>2</sup> öngörülmüştür. Ancak pek çok şehirde bu değerlere ulaşamamış olup, ülke bazında 2018 yılı için kişi başı yeşil alan miktarı 6.08 m<sup>2</sup> 'dir ("Ankara Kalkınma Ajansı" 2019). Nitekim Çanakkale kent merkezinde de kişi başına düşen yeşil alan miktarının yeterli olduğunu söylemek mümkün değildir. Çanakkale Belediyesi'nden alınan bilgiye göre; 2021 yılında 140 bin nüfus ve 1.163.823 m<sup>2</sup> yeşil alan için hesaplanmış olan, kişi başına düşen yeşil alan miktarı 8.31 m<sup>2</sup>'dir. Özdede vd. (2021)' nin de belirttiği gibi, özellikle COVID-19 salgını ile önemi artan

kentsel açık yeşil alanların, bu süreçte ortaya çıkan sosyal mesafe ihtiyacı sebebiyle, yeterliliğinin yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bununla beraber, kişi başına düşen yeşil alan miktarı, ekosistem servislerinin çok sayıda kentliye ulaşmasını sağlamak için tek başına yeterli değildir. Kentsel açık yeşil alanların kullanılabilirliğini etkileyen erişilebilirlik ve kalite gibi çeşitli faktörler de önem taşımaktadır (URBAN20, 2020). Salgın süresince Sağlık Bakanlığı 2020-2021 verilerine göre pek çok kez haftalık vaka artışında birinci sırada olan Çanakkale kenti için ayrıca önem taşımakta olan kentsel açık yeşil alanların; ihtiyaca cevap verme açısından yeterli büyüklük ve sayıya ulaşması, niteliksel açıdan uygun kullanım koşullarına ve yeterli donanım elemanlarına sahip olması, konum olarak da kolay ulaşılabilirlik imkânları tanınması sağlanmalıdır. Araştırma kapsamında incelenmiş olan parklar özelinde, ulaşılabilirlik olarak aranan koşulları nispeten sağlasalar da, Çanakkale kent merkezi nüfusu dikkate alındığında büyüklük olarak yeterli olmadıkları ve kent halkının kullanımına yönelik işlevselliklerinin artırılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Elde edilen bulgulara göre, Halk Bahçesi, 500. Yıl ve Rotary Park ağaçlarının kentsel peyzajda önemli bir çevresel varlık olduğunu, hava kalitesinin iyileştirilmesi üzerindeki etkilerinin büyük olduğunu ve bu etkilerin Çanakkale kent halkının refahı üzerinde önemli faydalarının bulunduğunu söylemek mümkündür. Buna ek olarak söz konusu alanlarda ağaçlar tarafından sağlanan bazı ekosistem servislerinin sayısal değerleri ilk bakışta düşük gibi görünse de, uzun vadede karbon emisyonlarını azaltmada, yerel düzeyde biyolojik çeşitlilik sağlamada, ayrıca kentsel ısı adası etkilerini azaltma ve iklim değişikliğine uyum sürecinde, dolayısıyla insan sağlığı üzerinde büyük rolü vardır.

Özellikle, *Ulmus minor*, *Cupressus sempervirens*, *Pinus brutia*, *Gleditsia triacanthos* gibi türlerin değeri, araştırma bulgularında açıkça görülmektedir; bu uzun ömürlü ağaçlar çok büyük boyutlara ulaşabilir, böylece insanlar, biyolojik çeşitlilik ve çevre için önemli fonksiyonel ve yapısal değerler sağlarlar. Nitekim Martin vd. (2012), büyüklükleri çok farklı olan (Auburn Üniversite kampüsü; 237 hektar, Davis Arboretumu; 5.5 hektar) iki alanda yapmış oldukları çalışmada; ortalama DBH'ı 8 cm daha yüksek olan alanın (Davis Arboretumu), karbon depolama ve tutmada 6 kat, hava kirliliği gidermede 8 kat daha fazla fayda sağladığını tespit etmişlerdir. Elde ettikleri analiz sonuçları ışığında, ekosistem servislerindeki farklılıklarda ağacın durumunun ve boyutunun önemli rolü bulunduğuna

dikkat çekmişlerdir. Benzer şekilde Kiss vd. (2015), Macaristan'ın Szeged kentinde yapmış oldukları çalışmada; farklı türlerde kent ağaçlarının, düzenleyici servislerden olan, karbon tutma ve hava kirliliği giderme özelliklerini değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonuçlarına göre yaşlı ağaçların bakım maliyetlerinin daha yüksek olmasına rağmen, iklim ve hava kalitesiyle ilgili ekosistem servislerinin, artan maliyetlerden daha büyük ölçüde olduğunu belirtmişlerdir.

Bu tez çalışması ve benzeri araştırma sonuçları doğrultusunda, yaşlı ve yaprak hacmi büyük ağaçların özenle korunması gerekliliği, bununla beraber uzun ömürlü ağaçların yer seçimlerinde çok yönlü düşünerek karar verilmesinin önemi net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Peyzaj tasarımlarında estetik kaygılar nedeniyle ithal egzotik türlere olan ilgi artmaktadır. Ancak yapılan araştırma sonuçları, estetik kaygılardan daha çok fonksiyonel özelliklerin ön planda olması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bununla beraber, ithal egzotik türlere olan ilginin, üreticiye getirdiği risk ve maliyetlerin yanı sıra, tercih edilmeleri durumunda kent atmosferine sağlayacakları katkı da yerel ve uzun ömürlü türler kadar olmayacaktır. Dolayısıyla potansiyel yönetim stratejileri belirlenirken, fidanlıklarda yerel türlerin ve hacim yapacak ağaçların üretiminin arttırılmasının desteklenmesi, boylu ve kalın kuturlu ağaçların satışına teşvik sağlanması gibi üreticiye yönelik tedbirler alınmalıdır. Bunun yanında kentsel yeşil alt yapı kapsamında yer alan yeni oluşturulacak tüm açık yeşil alanlar için (mahalle ve kent parkları, meydanlar, mezarlıklar, kaldırım ve refujlar gibi alanlarda) yerel yönetimlerce boylu ve kalın kuturlu ağaçları tercih edebilecek bütçe ayırılması önem taşımaktadır.

Ayrıca araştırma bulguları; kentsel bitki örtüsünün, kentsel atmosferi değiştirerek yerel ve bölgesel hava kalitesini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebildiğini de kanıtlamaktadır. Şüphesiz günümüzün en önemli sorunlarından olan hava kirliliği ve iklim değişikliği ile mücadelede kent ağaçlarının etkisi göz ardı edilmemelidir. Tür çeşitliliğinin, farklı doku, renk, biçim ve boyutlarda olmasıyla alanda sağladığı görsel ve işlevsel katkının ve türlere özgü hastalık ve zararlılara karşı getirdiği avantajların dışında, farklı değerlerde ekosistem servisleri sağladığını da belirtmek mümkündür.

Manes vd. (2014), çalışmalarında, kentsel bitki örtüsünün tür çeşitliliği ile sunduğu ekosistem servislerini PM10 özelinde incelemişlerdir. 2003 ve 2004 yıllarına dair yapmış

oldukları araştırmada, ele aldıkları üç bitki örtüsü türünün (yaprak döken, yaprak dökmeyen ve koniferler) farklı fonksiyonel tepkilerine dikkat çekmişlerdir (Tablo 13). Saptadıkları sonuçlar; bu üç yaprak tipinin belirli mevsimsel, fenolojik ve ekofizyolojik dinamiklerine bağlı olarak, kentsel alanlarda özellikle iklim değişikliği bağlamında biyolojik çeşitliliği koruma ihtiyacını ve ekosistem servislerini desteklemede bitki örtüsünün önemli rolünü teyit etmektedir.

Tablo 13  
Toplam PM10 uzaklaştırma miktarı (ton/yıl)

	2003		2004	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
<b>Yaprak dökmeyen türler (2120 ha)</b>	144,3	265,8	127,6	255,3
<b>Yaprak döken türler (3477 ha)</b>	56,3	111,3	250,3	519,1
<b>Koniferler (1601 ha)</b>	76,1	140,2	75,5	151,3
<b>TOTAL</b>	276,7	517,3	453,4	925,6

*Manes vd., 2014'e göre düzenlenmiştir.*

Kentsel alanlardaki ağaçların, bir şehrin karakterine ve çekiciliğine katkıda bulunduğu ve benzersiz bir "yer duygusu" yaratmaya yardımcı olduğu uzun zamandır kabul edilmektedir. Bununla birlikte, karşıt arazi kullanımlarını desteklemek için artan alan ve kaynak talepleri altında, ağırlıklı olarak maddi olmayan değerlere dayalı olarak ağaçların korunmasını savunmak zor olmuştur (Seed Consulting Services, 2016). Araştırma bulgularından elde edilen karbon tutma, karbon depolama ve kirlilik giderme açısından türlere özgü ekonomik bazda değerler göstermektedir ki; bu çalışma bir ölçüde bu açığı kapatma yolunda ciddi bir örnek oluşturacaktır. Gül vd. (2015), yürütmüş oldukları TÜBİTAK projesinde kentsel ağaçların, kent bilgi sistemi için önemini vurgulayarak, kent ağaçlarını sürdürülebilir bir şekilde planlamak/tasarlamak ve yönetebilmek için sağlıklı bir veri tabanına ihtiyaç duyulduğuna değinmişlerdir. Bu sebeple kent ağaçlarının bireysel, yapısal, işlevsel özellikleri ve ekonomik değerlerinin belirlenebilmesi için, envanter çıkarılmasının öneminden ve envanterlerin sistemli bir şekilde depolanarak kullanılması gerekliliğinden bahsetmişlerdir. Dolayısıyla bu ve benzeri yazılımların kullanımını yaygınlaştırarak ya da ulusal, bölgesel ve yerel ölçeklerde yeni yazılımlar geliştirerek,

sistemli ve düzenli bir veri tabanı oluşturmak önem arz etmektedir. Bu sayede kent ağaçlarından sağlanan ekosistem servislerinin sayısal ifadelerine dair bulguların pek çok kişiye ulaştırılması sağlanarak bilinçlendirme çalışmaları yapmak ve kentsel açık yeşil alanların önemi hakkında farkındalığı arttırmak mümkündür.

Araştırma bulguları bölümünde yer verildiği gibi, kentsel bitki örtüsünün hava kalitesini iyileştirmesi üzerindeki en önemli ölçütler, ağaç yüksekliği, gövde çapı ölçüleri, taç boyutları ve niteliği, tacın ışığa maruz kalma durumu ile ilişkili faktörlerdir. İyi ışık alan, gelişimi ve taç yapısı açısından sağlıklı, düzgün formlara sahip bitkilerin hava kalitesine katkılarının daha fazla olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu bağlamda şehrin can damarlarından biri olan kentsel açık yeşil alanlarda budama ve bakım konusunda da ayrı bir hassasiyet gerekmektedir. Ancak ne yazık ki, araştırma kapsamında incelenen alanlarda bu açıdan çeşitli sorunlar olduğu göze çarpmaktadır. Özellikle bünyesinde barındırdığı pek çok asırlık ağaçla tarihi bir öneme sahip olan Halk Bahçesi için bu durum daha da önemli hale gelmektedir. Gerek Halk Bahçesi'nde, gerekse 500. Yıl ve Rotary Parkları'nda hatalı ve derin budamalar sonucunda formları bozulmuş, orantısız taçlar geliştirmiş pek çok bitkiye rastlanılmaktadır. İlk oluşum zamanlarında bitkilerin ideal dikim aralıklarının dikkate alınmadan sık bir biçimde tesis edilmiş olması beklenen bir durum olarak kabul edilebilir. Ancak birbirlerine gölge oluşturmaları nedeniyle orantısız ve bozuk formlu bitkiler gelişmeye devam etmektedir. Bunun yanında bazı bitkilerin bakımsızlık ya da çevresindeki bitkilerin olumsuz etkileri nedeniyle kısmen veya tamamen kurumuş olduğu görülmektedir ve parklarda yer alan kurumuş ağaçların varlığı, diğer bitkilerin sağlıklı gelişimi açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Erduran ve Kabaş (2010), çalışmalarında kurumuş ağaçların fazla olmasının yangın tehlikesi ve zararlı böceklerin konaklamasına dair sorunlar ortaya çıkaracağını ifade etmişlerdir. Bu sebeplerle yerel yönetimlerce dikilecek yeni bitkiler için ideal dikim aralıklarına dikkat edilmeli, budama ve bakım konusunda yeterli bilgi ve donanıma sahip personeller istihdam edilmeli, bu personeller gerekli eğitimlerle desteklenmeli ve kentsel açık yeşil alanların hassasiyetle düzenli bakımı sağlanmalıdır.

Sonuç olarak; kent içindeki bitki türlerinin ekosistem servisleri açısından kentsel hava kalitesine ne ölçüde katkı sağladığının ve bu katkıların türlere göre ne ölçüde değişiklik gösterdiğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu tez çalışması; kentlerin yaşanabilir ve sağlıklı mekânlar haline gelmesi için alınacak önlemler, izlenecek politikalar ve verilecek kararlar

doğrultusunda önemli bir altlık oluşturmaktadır. Çanakkale il bütünü, bilinen hava kirleticilerinin (ısınma ve trafik kaynaklı) yanı sıra termik santrallerin etkileri açısından da risk altındadır. Literatürde hava kalitesine olası olumsuz etkileri sıklıkla dile getirilen termik santrallerin bölgede yer alması ve yenilerinin planlanıyor olması yeşil altyapı yaklaşımını ve bütüncül planlanmayı ayrıca önemli kılmaktadır. Buna ek olarak bu çalışmada da ortaya konduğu gibi tasarım ve bitki seçimi aşamalarında da hava kalitesi dikkat edilmesi gereken en önemli kriterlerden birisi olmak zorundadır. Çalışmanın sonuçları hangi bitki türlerinin hava kalitesine ne derece katkı sağladığını ve dolayısıyla benzer iklimsel özellik gösteren alanlarda hangi bitkilerin tercih edilmesi gerektiğini göstermesinin yanı sıra gelecekte yapılacak çalışmalarda artan ya da azalan taç örtüsü oranları ile karşılaştırma olanağı sağlayarak zamansal değişimin izlerine ışık tutacaktır. Nitekim araştırma ana materyalini oluşturan Çanakkale il geneli için bu çalışma ayrı bir öneme sahiptir.



## KAYNAKÇA

- Ahern, J., Cilliers, S., and Niemelä, J. (2014). "The Concept of Ecosystem Services in Adaptive Urban Planning and Design: A Framework for Supporting Innovation". *Landscape and Urban Planning*, 125, 254-259. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.020>
- Ahmed, M. T., and Osibanjo, O. (2005). "Waste Processing and Detoxification". *Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*, 1, 419-438.
- Akın, M. ve Akın, G. (2007). "Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları Ve Su Kirliliği". *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47 (2), 105-118
- Akimoto, H. (2003). "Global air quality and pollution". *Science*, 302 (5651), 1716-1719. Doi: 10.1126/science.1092666
- Albayrak, İ. (2012). Ekosistem Servislerine Dayalı Havza Yönetim Modelinin İstanbul - Ömerli Havzası Örneğinde Uygulanabilirliği. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alçay, A. Ü. ve Yalçın, S. (2015). "İç Ortam Havası Biyoaerosoller ve Mikrobiyal Hava Kalitesi Ölçüm Metodları". *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, (37), 17-30.
- Aleş, G. (2019). Kentsel Açık – Yeşil Alanların Çevresel Performansının Değerlendirilmesi: Bornova ( İzmir ) İlçesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Andersson, E., Tengö, M., McPhearson, T., and Kremer, P. (2015). "Cultural ecosystem services as a gateway for improving urban sustainability". *Ecosystem Services*, 12, 165-168. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.08.002>
- Ankara Kalkınma Ajansı (2019). Yıllar İtibarıyla İllere Göre Kişi Başına Yeşil Alan Miktarı (m<sup>2</sup>). Erişim: 13 Eylül 2021. <https://istatistik.ankaraka.org.tr/cizelge/2019/155>
- Anonim (2017). "Genel Bilgiler: Hava ve Hava Kirleticiler". *1.Ulusal Hava Kalitesi Çalıştayı*, 8-10 Mayıs 2017, Afyonkarahisar.

- Anonim (2018). “Ekosistem Hizmetleri; Doğanın İnsana Katkıları”. *Su Yönetimi ve Ekosistem Hizmetleri Çalıştayı*, 10-11 Mayıs 2018, Ankara. 1-7 (Erişim tarihi: 20 Aralık 2019). <https://docplayer.biz.tr/97756936-Ekosistem-hizmetleri-doganin-insanliga-katkilari.html>
- Anonymous (1975). Air Quality Summary, Connecticut Department of Environmental Protection (Erişim Tarihi: 24 Aralık 2021). [https://portal.ct.gov/-/media/DEEP/air\\_monitoring/air\\_quality\\_summary/1975pdf.pdf](https://portal.ct.gov/-/media/DEEP/air_monitoring/air_quality_summary/1975pdf.pdf)
- Arslan Muhacir, E.S. (2014). Ekosistem Servisleri Kapsamında Kırsal Turizm Alternatiflerinin Değerlendirilmesi: Ankara-Haymana İlçesi Örneği. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aslan, R. (2012). Çanakkale Kent Tarihi ve Halk Bahçesi. Erişim: 7 Ekim 2021. <https://www.comuhaber.com/2012/06/08/canakkale-kent-tarihi-ve-halk-bahcesi-2/>
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (1998). Toxicological profile for sulfur dioxide. Public Health Service.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2002). Division of Toxicology ToxFAQs™: Nitrogen Oxides. (Erişim Tarihi: 21 Ocak 2020). <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts175.pdf>
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2014). Sulfur Dioxide (SO<sub>2</sub>) CAS 7446-09-5; UN 1079. (Erişim Tarihi: 29 Ocak 2020). <https://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg116.pdf>
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2016). Midlothian Area Air Quality—Assessing the Public Health Implications of the Criteria (NAAQS) Air Pollutants and Hydrogen Sulfide Health Consultation. (Erişim Tarihi: 27 Ocak 2020). [https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/MidlothianAreaAirQuality/MidlothianTX\\_NAAQS\\_HC\\_Final\\_04-14-2016\\_508.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/MidlothianAreaAirQuality/MidlothianTX_NAAQS_HC_Final_04-14-2016_508.pdf)
- Avcioğlu Çokçalışkan, B. (2016). Korunan Alan Planlamasında Ekosistem Hizmetleri. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Avrupa Çevre Ajansı (2013). Aldığımız her nefes. (Erişim tarihi: 30 Eylül 2021). <https://www.eea.europa.eu/tr/isaretler/isaretler-2013/makaleler/aldigimiz-her-nefes>

- Aydoğan, M. (2019). İstanbul'un Hava Kalitesinin Zamansal ve Alansal Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Badr, O. and Probert, S. D. (1994). "Sources of atmospheric carbon monoxide". *Applied Energy*, 49 (2), 145-195. [https://doi.org/10.1016/0306-2619\(94\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0306-2619(94)90036-1)
- Baş, B. (2019). Giresun İli Hava Kalitesinin Meteorolojik Parametrelerle Zamansal Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Baykal, H., & Baykal, T. (2008). "Küreselleşen Dünya'da çevre sorunları/Environmental problems in a globalized World". *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(9).
- Bayram, H., Dörtbudak, Z., Fişekçi, E. F., Kargın, M. ve Bülbül, B. (2006). "Hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri, dünyada, ülkemizde ve bölgemizde hava kirliliği sorunu" paneli ardından". *Dicle Tıp Dergisi*, 33(2), 105-112.
- Baytop, A. (2011). "Anadolu'dan bitki örnekleri toplamış olan arkeolog, antropolog ve diplomatlar". *Osmanlı Bilimi Araştırmaları*, 13 (1), 81-100.
- Benedict, M. A. and McMahon, E. T. (2012). Green infrastructure: linking landscapes and communities. Island Press: Washington DC.
- Braat L.C. and de Groot R. (2012) "The Ecosystem Services Agenda: Bridging The Worlds of Natural Science and Economics, Conservation and Development, and Public and Private Policy". *Ecosystem Services* 4-15. S. 5. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>.
- Brito, G. F. S., Sodre, F. F. and Almeida, F. V. (2018). "Impact of Particulate Matter on Air Quality". *Revista Virtual De Quimica*, 10 (5), 1335-1354.
- Bruse, D., (2017). Envi\_Met Decoding Urban Nature [Brochure]. ENVI\_MET GmbH: Germany. (Erişim tarihi: 8 Ocak 2020). <https://www.envi-met.com/wp-content/uploads/2021/08/ENVI-met-brochure.pdf>
- Burkhard B, Maes J (Eds.) (2017) *Mapping Ecosystem Services*. Pensoft Publishers: Sofia.
- Cavkaytar, Ö., Soyer, Ö. U. ve Şekerel, B. E. (2013). "Türkiye'de hava kirliliğinden kaynaklanan sağlık sorunları". *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2, 105-111.

- Chavan, B. L. and Rasal, G. B. (2011). "Potentiality of Carbon Sequestration in six year ages young plant from University campus of Aurangabad". *Global Journal of Research In Engineering*, 11 (7-C).
- Chiesura, A. (2004). "The role of urban parks for the sustainable city". *Landscape and urban planning*, 68 (1), 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003>
- Coğrafya Harita (2021). Çanakkale İli Haritası. Erişim tarihi: 5 Ekim 2021. [http://cografyaharita.com/haritalarim/4l\\_canakkale\\_ili\\_haritasi.png](http://cografyaharita.com/haritalarim/4l_canakkale_ili_haritasi.png)
- Cooper, N., Brady, E., Steen, H., & Bryce, R. (2016). "Aesthetic and Spiritual Values of Ecosystems: Recognising The Ontological and Axiological Plurality of Cultural Ecosystem 'Services'". *Ecosystem Services*, 21, 218-229. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.07.014>
- Coscieme, L. (2015). "Cultural Ecosystem Services: The Inspirational Value of Ecosystems in Popular Music". *Ecosystem services*, 16, 121-124. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.024>
- Costanza R., Daly H.E, (1992) Natural Capital and Sustainable Development, *Conservation Biology*, 6 (1), 37-46. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x>
- Costanza R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber S.,Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R. G., Sutton P., van den Belt M. (1997). "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature* 387, 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>.
- Coşkun Hepcan, C. (2019). "Kentlerde İklim Değişikliği ile Mücadele İçin Yeşil Altyapı Çözümleri". *İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi, İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (İklimİN)*, Ankara.
- Curtis, L., Rea, W., Smith-Willis, P., Fenyves, E., & Pan, Y. (2006). Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment international*, 32(6), 815-830. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.03.012>
- Çakır Sümer, G. (2014). "Hava Kirliliği Kontrolü: Türkiye’de Hava Kirliliğini Önlemeye Yönelik Yasal Düzenlemelerin ve Örgütlenmelerin İncelenmesi". *Uluslararası*

*İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 7 (13), 37-56.  
<https://doi.org/10.18092/ulikidince.232135>

Çanakkale Belediyesi (2021). Çanakkale, Ekonomik Yapı. Erişim : 7 Ekim 2021.  
<https://www.canakkale.bel.tr/tr/sayfa/1126-ekonomik-yapi>

Çanakkale İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü (2021). T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. Genel Bilgiler, Coğrafya. Erişim: 5 Ekim 2021. <https://canakkale.ktb.gov.tr/TR-70467/cografya.html>

Çanakkale Kent Müzesi (2019). Çanakkale Kent Müzesi ve Arşivi. Erişim : 6 Ekim 2021.  
<https://canakkalekentmuzesi.blogspot.com/2019/01/26-aralk-2018-eski-kent-fotograflar.html>

Çiftci, Ç., Dursun, Ş., Levend, S. ve Fatma, K. U. N. T. (2013). “Topoğrafik yapı, iklim şartları ve kentleşmenin Konya’da hava kirliliğine etkisi”. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1 (1), 19-24.

Çotuker, O. (2014). *Çanakkale İlinin Hava Kalitesinin İnorganik Kirleticiler ve Meteorolojik Parametreler Açısından Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Daily, G.C. (1997). “Introduction: What Are Ecosystem Services?” In: Daily, G.C., (ed.). *Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. (pp. 1-10). Island Press: Washington DC.

de Groot, R. S., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Haines-Young, R.,... ve Ring, I. (2010). “Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation”. In *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Ecological and Economic Foundations* (pp. 9-40). Earthscan, Routledge.

de Groot, R., Ramakrishnan P. S., van de Berg, A., and Amelung, B. (2005). “Cultural and Amenity Services”. *Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends*, 1, 455-476.

- Demir, A. and Baylan, E. (2019). "The determination of green infrastructure components of Van city center and its near surroundings". *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(2), 328-343. Doi: 10.7176/JSTR/5-2-38
- Dimiyati, M., Fauzy, A. and Putra, A. S. (2018). "Spatial pattern analysis and identification type of open green space in Yogyakarta city". In *MATEC Web of Conferences*, Vol. 197, (pp. 03004). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819703004>
- Doğan, O. (2011). "Türkiye’de Erozyon Sorunu Nedenleri Ve Çözüm Önerileri". *Bilim ve Akıl Aydınlığında Eğitim*, 134, 62-69.
- Ehrlich, P., Ehrlich, A., (1981). *Extinction: the Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. Random House: New York.
- Elkoca, E. (2003). "Hava kirliliği ve bitkiler üzerindeki etkileri". *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34 (4), 367-374.
- EPA (United States Environmental Protection Agency) (2021), Air Topics. (Erişim Tarihi: 7 Eylül 2021) <https://www.epa.gov/environmental-topics/air-topics>
- Erbeşler Ayaşlıgil, T. (2019). "Çanakkale Kenti ve Tarihi Halk Bahçesi Odunsu Bitki Örtüsü ve Peyzaj Değerleri". *Megaron*, 14 (3). Doi: 10.14744/MEGARON.2019.47715
- Erdem, Ü. (1999). *Çevre bilimi sürdürülebilir dünya*. Ege üniversitesi çevre sorunları uygulama ve araştırma merkezi yayınları, İzmir.
- Erduran Nemutlu, F. (2016). "Çanakkale 500. Yıl Parkının Peyzaj Tasarımı ve Sosyo-Kültürel Olanakları Açısından İrdelenmesi". *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (3).
- Erduran Nemutlu, F., Günal, İ. ve Kabaş, S. (2008). "Çanakkale Halk Bahçesi Bitkisel Potansiyeli ve Alınması Gerekli Önlemler". *Çanakkale İli Değerleri Sempozyumu*, 25-26.
- Erduran, F. ve Kabaş, S. (2010). "Parklarda ekolojik koşullarla dengeli, işlevsel ve estetik bitkilendirme ilkelerinin Çanakkale halk bahçesi örneğinde irdelenmesi". *Ekoloji*, 19 (74), 190-199.

- Erkmen, O. (2010). “Gıda Kaynaklı Tehlikeler Ve Güvenli Gıda Üretimi”. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 53(3), 220-235.
- European Commission Technical Report (2013) “Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services”. (Doi: 10.2779/12398).
- Evcı, M. (2009). Determination of Ozone, Nitrogen Dioxide, and Sulfur Dioxide Pollution Around Aliğa By Passive Sampling. Dokuz Eylül University, Graduate School Of Natural and Applied Sciences, İzmir.
- Falagas, M.E. Bliziotis, I.A., Kosmidis, J. and Daikos, G.K. (2010). “Unusual Climatic Conditions And Infectious Diseases: Observations Made By Hippocratescondiciones Climáticas Poco Habituales Y Enfermedades Infecciosas: Observaciones Realizadas Por Hipócrates”. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 28 (10), 716-718. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2009.11.013>
- Fisher, B.; Costanza, R.; Turner, R. K.; Morling P. (2007) “Defining and classifying ecosystem services for decision making”. CSERGE Working Paper EDM, No. 07-04, University of East Anglia, The Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE): Norwich. <http://hdl.handle.net/10419/80264>.
- Forbes, P.B.C. and Garland, R.M. (2016). “Outdoor air pollution”. De la Guardia, M. and Armenta, S. (Ed). *Comprehensive Analytical Chemistry*, vol. 73, *The Quality of Air*, (pp. 73-96). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.coac.2016.02.004>
- Garipağaoğlu, N. (2011). “Türkiye’de Hava Kirliliği Sorununun Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı/Die Verteilung Luftverschmutzung Problemes Die İn Türkei Geographischegebieten”. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 8(9).
- Geneletti, D., Cortinovis, C., Zardo, L., and Esmail, B. A. (2020). Planning for ecosystem services in cities (p. 87). Springer Nature: Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20024-4>
- Google Earth (2021). <https://earth.google.com/web/>
- Gül, A. ve Küçük, V. (2001). “Kentsel Açık-Yeşil Alanlar Ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi”. *Turkish Journal of Forestry*, 2 (1), 27-48.

- Gül, A., Çatal, Y., Çoban, O., Polat, E., Gülcü, S., Yılmaztürk, A. ve Topay, M. (2015). Kent Ağaçları Bilgi Sistem Modeli (Proje No: 110Y301). (Erişim tarihi: 4 Ocak 2018). <https://app.trdizin.gov.tr/proje/TVRVeE5UTXo/kent-agaclari-bilgi-sistemi-modeli>
- Gül, A., Gizem, D., Akın, T. ve Koçak, A. İ. (2020). “Kentsel Açık ve Yeşil Alanların Mevcut Yasal Durumu ve Uygulamadaki Sorunlar”. *İDEALKENT, 11 (Kentleşme ve Ekonomi Özel Sayısı)*, 1281-1312.
- Gülçin, D., and van den Bosch, C. C. K. (2021). “Assessment of Above-Ground Carbon Storage by Urban Trees Using LiDAR Data: The Case of a University Campus”. *Forests*, 12(1), 62.
- Gündüz, H. İ. (2018). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu ile Aksaray İli Hava Kalitesi Haritasının Oluşturulması. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Gyan, K., Henry, W., Lacaille, S., Laloo, A., Lamsee-Ebanks, C., McKay, S., Antoine, R. M. and Monteil, M. A. (2005). “African dust clouds are associated with increased paediatric asthma accident and emergency admissions on the Caribbean island of Trinidad”. *International Journal of Biometeorology*, 49 (6), 371-376. <https://doi.org/10.1007/s00484-005-0257-3>
- Haines-Young, R. and Potschin M.B. (2018). “Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure”. Fabis Consulting Ltd.: Nottingham. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e27108>.
- Hauer, R. J. and Peterson, W. D. (2017). Tree Inventory Systems and Use In The United States. Urban Tree Growth & Longevity Newsletter.
- Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, (2008). Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (Erişim tarihi: 28 Ocak 2020). <https://mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=12188&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5>



- Hepcan, Ç. C. ve Hepcan, Ş. (2017). “Ege Üniversitesi Lojmanlar Yerleşkesinin Hava Kalitesinin İyileştirilmesine Yönelik Düzenleyici Ekosistem Servislerinin Hesaplanması”. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54 (1), 113-120.
- Hepcan, Ç. C. ve Hepcan, Ş. (2018). “Kentsel yeşil altyapı analizi: Bornova örneği”. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 31 (1), 37-43. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.378073>
- Hewitt, C. N., Ashworth, K., & MacKenzie, A. R. (2020). Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ). *Ambio*, 49(1), 62-73.
- Hirabayashi, S. (2012). “i-Tree Eco biogenic emissions model descriptions”. United States Forest Service: Syracuse, NY, USA. [https://www.itreetools.org/documents/59/iTree Eco Biogenic Emission Model Descriptions\\_V1.0.pdf](https://www.itreetools.org/documents/59/iTree_Eco_Biogenic_Emission_Model_Descriptions_V1.0.pdf)
- Hirabayashi, S. (2017). Weather Station Data Quality Assessment. (Erişim tarihi: 8 Ekim 2021). [https://www.itreetools.org/documents/76/Eco\\_v6\\_weather\\_station\\_validation\\_description.pdf](https://www.itreetools.org/documents/76/Eco_v6_weather_station_validation_description.pdf)
- Huy, B., Huong, N. T. T., Sharma, B. D. and Quang, N. V. (2013). Participatory carbon monitoring: Manual for local technical staff.
- Ilten, N., and Selici, A. T. (2008). “Investigating the impacts of some meteorological parameters on air pollution in Balıkesir, Turkey”. *Environmental monitoring and assessment*, 140 (1), 267-277. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9865-1>
- Institute of Arboriculture Studies, (2020). David Nowak. (Erişim tarihi: 7 Aralık 2021). <https://www.ias.hk/david-nowak/>
- İm, U., Ünal, A., Kındap, T., Yenigün, O. ve İncecik, S. (2008). “İstanbul İçin Yüksek Çözünürlükte Emisyon Envanteri”. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 22- 25 Ekim 2008, Hatay, 383-394.
- i-Tree Eco (2021). i-Tree Eco v6 Overview. Erişim: 22 Eylül 2021. <https://www.itreetools.org/tools/i-tree-eco>

- Jayasooriya, V. M., Ng, A. W. M., Muthukumaran, S. and Perera, B. J. C. (2017). "Green infrastructure practices for improvement of urban air quality". *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 34-47. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.007>
- Kalfa, Ş. M. (2020). Çanakkale'de Geçmişin Ayak Sesleri. Paradigma Akademi Yayınları.
- Kaplan, D. (2009). "Çanakkale Arkeoloji Müzesi Frank Calvert Koleksiyonu Terrakotta Figürinleri". Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Karakaya, N. (2019). Yaşam Kalitesinin Arttırılmasında Kent Parklarının Önemi: Eskişehir İli Örneğinde İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Karataş, M. (2021). "Erken Cumhuriyet Dönemi'nde Çanakkale'nin Kentsel Gelişimi (1923-1950)". *Tarih ve Günce*, (8), 39-56.
- Karpuzcu, M. (2012). Çevre kirlenmesi ve kontrolü (Vol. 28). Kubbealtı Publishing.
- Keser, N. (2002). "Kütahya'da Hava Kirliliğine Etki Eden Topografik ve Klimatik Faktörler". *Marmara Coğrafya Dergisi*, (5), 69-100.
- Kısar Koramaz, E. ve Türkoğlu, H. (2014). "İstanbul'da Kentsel Yeşil Alan Kullanımı ve Kentsel Yeşil Alanlardan Memnuniyet". *Planlama Dergisi*, (24), 1. Doi: doi: 10.5505/planlama.2014.03511
- Kiss, M., Takács, Á., Pogácsás, R. and Gulyas, A. (2015). "The role of ecosystem services in climate and air quality in urban areas: Evaluating carbon sequestration and air pollution removal by street and park trees in Szeged (Hungary)". *Moravian geographical reports*, 23(3), 36-46.
- Klemm, O. and Lin, N. (2016). "What causes observed fog trends: air quality or climate change?". *Aerosol and Air Quality Research*, 16 (5), 1131-1142. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2015.05.0353>
- Kopar, İ. ve Zengin, M. (2009). "Coğrafi faktörlere bağlı olarak Erzurum kentinde hava kalitesinin zamansal ve mekânsal değişiminin belirlenmesi". *Türk Coğrafya Dergisi*, (53), 51-69.

- Küzeci, C. (2008). Açık Ve Yeşil Alan Değişiminin Uzaktan Algılama Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi: Çanakkale Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Emstitüsü, Çanakkale.
- Lead, C., Sampson, R. N., Bystrakova, N., Barber, C. V. (2005). “Timber, fuel, and fiber”. *Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends*, 1, 243-269.
- Longcore, T., Li, C., and Wilson, J. P. (2004). “Applicability of Citygreen Urban Ecosystem Analysis Software to a Densely Built Urban Neighborhood”. *Urban Geography*, 25(2), 173-186. <https://doi.org/10.2747/0272-3638.25.2.173>
- Loures, L., Santos, R. and Panagopoulos, T. (2007). “Urban parks and sustainable city planning-The case of Portimão, Portugal”. *Wseas Transactions on Environment and Development* 10, Vol. 3, 171–180.
- Manes, F., Silli, V., Salvatori, E., Incerti, G., Galante, G., Fusaro, L. and Perrino, C. (2014). “Urban ecosystem services: Tree diversity and stability of PM10 removal in the metropolitan area of Rome”. *Annali di Botanica*, 4, 19-26.
- Mangır, N., Yunusoğlu, Ö., Ünal, A., Köylüoğlu, S., Lents, J. ve Barth, M. (2008). “İstanbul Kent Atmosferinde Trafikten Kaynaklı Emisyon Envanterinin Çıkartılması”. *Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu*, 30-31 Mayıs 2008, Konya, 246-255.
- Martin, N. A., Chappelka, A. H., Loewenstein, E. F. and Keever, G. J. (2012). “Comparison of carbon storage, carbon sequestration, and air pollution removal by protected and maintained urban forests in Alabama, USA”. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 8(3), 265-272.
- Meilby, H, amd Puri, L. (2007). “Features and allometric relationships characterising trees on farmland—an example from Chainpur VDC, Chitwan”. *Banko Janakari*, 17 (2), 18-26. <https://doi.org/10.3126/banko.v17i2.2152>
- Menteşe, S. (2017). “Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su Ve Hava Kirliliği: Teorik Bir İnceleme”. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10 (53), 381-389. <http://dx.doi.org/10.17719/jisr.20175334127>

- Mercan, Ş. O. ve Yıldız, A. (2014). “Çanakkale’nin Kırsal Turizm Potansiyelinin Belirlenmesi ve Bölgesel Turizm Gelişimi Açısından Önemi”. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 7 (1), 58-61.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2003) “Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment”. Island Press: Washington DC.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005). “Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Volume 1”. Island Press: Washington DC.
- Morani, A., Nowak, D. J., Hirabayashi, S. and Calfapietra, C. (2011). “How to select the best tree planting locations to enhance air pollution removal in the MillionTreesNYC initiative”. *Environmental Pollution*, 159(5), 1040-1047.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2008). Summarizing and Interpreting Aircraft Gaseous and Particulate Emissions Data. The National Academies Press: Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/14197>
- National Research Council. (2002). The Ongoing Challenge of Managing Carbon Monoxide Pollution in Fairbanks, Alaska: Interim Report. National Academies Press: Washington, D.C.
- National Research Council. (2008). Estimating mortality risk reduction and economic benefits from controlling ozone air pollution. National Academies Press: Washington, D.C.
- Nowak, D. and Heisler, G. (2010). “Air quality effects of urban trees and parks”. Research Series Monograph. Ashburn, VA: National Recreation and Parks Association Research Series Monograph. 44 p., 1-44.
- Nowak, D. J. (1994). Air pollution removal by Chicago’s urban forest. Chicago’s urban forest ecosystem: Results of the Chicago urban forest climate project, 63-81.
- Nowak, D. J., Crane, D. E. and Stevens, J. C. (2006). “Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States”. *Urban forestry & urban greening*, 4(3-4), 115-123.
- Nowak, D. J., Hoehn, R. and Crane, D. E. (2007). “Oxygen production by urban trees in the United States”. *Arboriculture & Urban Forestry*. 33 (3): 220-226., 33(3).

- Nowak, D. J., Robert III, E., Bodine, A. R., Crane, D. E., Dwyer, J. F., Bonnewell, V. and Watson, G. (2013). "Urban trees and forests of the Chicago region". Resour. Bull. NRS-84. Newtown Square, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 84, 1-106.
- O'Kiely, P., Turley, T., & Rogers, P. A. (1999). "Exposure of calves to nitrogen dioxide in silage gas". *The Veterinary Record*, 144 (13), 352-353. Doi: 10.1136/vr.144.13.352
- Önder, S., ve Polat, A. T. (2012). "Kentsel Açık-Yeşil Alanların Kent Yaşamındaki Yeri ve Önemi". *Kentsel Peyzaj Alanlarının Oluşumu ve Bakım Esasları Semineri*, 19 Mayıs 2012, Konya. 73-96.
- Özay, İ. (2018). Sahip Çıkamadığımız Çanakkale'li Museviler. Erişim: 7 Ekim 2021. <http://www.iozay.com/sahip-cikamadigimiz-canakkaleli-museviler.html>
- Özdede, S., Kalonya, D. H. ve Aygün, A. (2021). "Pandemi Sonrası Dönemde Kişi Başına Düşen Kentsel Yeşil Alan İhtiyacını Yeniden Düşünmek". *İDEALKENT, (COVID-19 Sonrası Kentsel Kamusal Mekânların Dönüşümü)*, 362-388. <https://doi.org/10.31198/idealkent.843386>
- Özeren, M. (2012). Yeşil Altyapı Sistemi Kapsamında Meles Deltası ve Çevresinin Kurgulanması. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Özkan, M. B. (2001). Kentsel Rekreasyon Alan Planlaması. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İzmir.
- Özkurt, N. (2011). Kırsal Alanlarda Hava Kalitesi Modellemesi Üzerine Araştırma (Çan-Bayramiç Bölgesi Örneği). Doktora Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Öztaş Karlı, R. G. ve Artar, M. (2021). "Kentsel su yönetiminde araç olarak su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı". *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (1), 145-162. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.851375>
- Öztürk, S., Işınkaralar, Ö. ve Kalaycı Kadak, M. (2019). "Evaluation of Urban Open-Green Areas in terms of Sufficiency in Beylikdüzü District". *Journal of Current Research on Social Sciences*, 9 (4), 59, 66.

- Pace, R., Biber, P., Pretzsch, H. and Grote, R. (2018). "Modeling ecosystem services for park trees: Sensitivity of i-tree eco simulations to light exposure and tree species classification". *Forests*, 9(2), 89. <https://doi.org/10.3390/f9020089>
- Palti, C. (2017). Mozağin Kayıp Parçası: Trakya Yahudileri (10/15). Erişim: 7 Ekim 2021. <https://www.avlaremoz.com/2017/01/14/mozaigin-kayip-parcasi-trakya-yahudileri-1015/>
- Pamukçu, P. (2015). Ekosistem Hizmetlerinin Peyzaj Planlama Sürecine Entegrasyonu. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Rendón, A. M., Salazar, J. F., Palacio, C. A. and Wirth, V. (2015). "Temperature inversion breakup with impacts on air quality in urban valleys influenced by topographic shading". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 54 (2), 302-321. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0111.1>
- Riechers, M., Barkmann, J., and Tschardtke, T. (2016). "Perceptions of Cultural Ecosystem Services From Urban Green". *Ecosystem Services*, 17, 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.11.007>
- Riondato, E., Pilla, F., Basu, A. S. and Basu, B. (2020). "Investigating the effect of trees on urban quality in Dublin by combining air monitoring with i-Tree Eco model". *Sustainable Cities and Society*, 61, 102356.
- Russo, A., Chan, W. T. and Cirella, G. T. (2021). "Estimating air pollution removal and monetary value for urban green infrastructure strategies using web-based applications". *Land*, 10 (8), 788. <https://doi.org/10.3390/land10080788>
- Salisbury, F. B. and Ross, C. W. (1978). "The photosynthesis-transpiration compromise". *Plant physiology*, 4, 66-92.
- Saral, A. (2011). "Hava Kirliliği Nedir, Ülkemizdeki Durumdan Kesitler". *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Dergisi*, 135, 34-41.
- Sarı, E. N. (2019). Hava Kirliliği Ve Konut Dokusu Arasındaki İlişkinin Analizi: Erzurum Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Seed Consulting Services (2016). Tree ecosystem services assessment, Ridge Park. A report prepared for the City of Unley, South Australia.

- Serengil, Y., Şengönül K., Uzun, A., Erdem, N., İnan, M., Yurtseven, İ. ve Tekin, H. (2016). Sürdürülebilir Arazi Planlama Çalışmalarını Destekleyecek Bir İklim Değişikliği-Ekosistem Hizmetleri Yazılımının Geliştirilmesi (Proje No: 112Y096). Erişim tarihi: 18 Ocak 2019). <https://app.trdizin.gov.tr/proje/TVRVeU16WTI/surdurulebilir-arazi-planlama-calismalarini-destekleyecek-bir-iklim-degisikligi-ekosistem-hizmetleri-yaziliminin-gelistirilmesi>
- SMK Bakti Nusa (2021). Tree-H Android Application. Erişim: 12 Ekim 2021. <http://smkbaktinusa.blogspot.com/search?q=tree+h>
- Sofuoğlu, A. (2003). Hava Kirliliği. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir.
- Staas, L. and Leishman, M. (2017) “Green infrastructure”. *The 18th National Street Tree Symposium*. (Erişim Tarihi: 13. 09.2021) <https://treenet.org/resources/plant-species-selection-urban-greening/>
- Sungur K. A. ve Gönençgil B. (1997). “Çeşitli İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkileri”. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğ. Araş. Ve Uyg. Merkezi Dergisi*, 337-345. (Erişim Tarihi: 31 Ocak 2020). [http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/tucaum6\\_16.pdf](http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/tucaum6_16.pdf)
- Şar, T. (2017). “Kentleşme ve Sanayileşmenin Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri”. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7 (1), 291-299.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2019). Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (UHKİA). (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2020). <https://sim.csb.gov.tr/Intro/Uhkia>
- Tayanc, M. (2000). “An assessment of spatial and temporal variation of sulfur dioxide levels over Istanbul, Turkey”. *Environmental pollution*, 107 (1), 61-69. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00131-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00131-1)
- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (2018). Hava Kirliliği Raporu. (Erişim tarihi: 15 Ocak 2020). [https://www.temizhavahakki.com/wp-content/uploads/2019/03/%C3%87MO-hava-raporu\\_13-mart.pdf](https://www.temizhavahakki.com/wp-content/uploads/2019/03/%C3%87MO-hava-raporu_13-mart.pdf)
- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (2019). Hava Kirliliği Raporu. (Erişim tarihi: 25 Ocak 2020). <https://www.tmmob.org.tr/sites/default/files/2019.pdf>

- Tokuşlu, A. (2020). “Meteorolojik Faktörlerin Gemi Egzoz Gazı Emisyonu Konsantrasyonları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi”. *Journal of Scientific Reports-C*, Sayı 1, 38-54.
- Toman M., (1998) Special Section: Forum On Valuation Of Ecosystem Services Why Not To Calculate The Value Of The World’s Ecosystem Services and Natural Capital, *Ecological Economics*, 25, 57-60.
- Tosun, E. (2017). Türkiye’nin 2009-2016 Yılları Arasındaki Hava Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tuğluer, M. (2015). Kent Ağaçlarının Çevresel Etkileri ve Değerinin Belirlenmesinde Ufore Modelinin Kullanımı Ve Isparta Örneğinde İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Tuğluer, M. ve Gül, A. (2018). “The use of UFORE model for determination of environmental effects and value of urban trees; case study of Isparta city”. *Turkish Journal of Forestry*, 19 (3), 293-307.
- Tüfekçioğlu, M. ve Yavuz, M. (2016). “Yusufeli Mikro Havzasında (Artvin) Yüzeysel Erozyonu Toprak Kaybının Tahmin Edilmesi Ve Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması”. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17 (2), 188-199. 10.17474/acuofd.47342.
- Tülek, B. ve Ersoy Mirici, M. (2019). “Kentsel Sistemlerde Yeşil Altyapı ve Ekosistem Hizmetleri”. *Peyzaj*, 1 (2), 1-11.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2021). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları 2020. Erişim: 5 Ekim 2021. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=37210>
- Türkiye Vektörel Siyasi Haritası (2020). Ücretsiz, İndirilebilir Türkiye Haritası Vektörel. Erişim: 5 Ekim 2021. <https://paintmaps.com/tr/vektorel-haritalar/217/Turkiye-haritasi-vektorel>
- Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (2021). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (UHKİA). Erişim: 13 Eylül 2021. [https://sim.csb.gov.tr/STN/STN\\_Report/StationDataDownloadNew](https://sim.csb.gov.tr/STN/STN_Report/StationDataDownloadNew)



- Urban Biodiversity and Ecosystem Services (URBES) Project (2014). Cultural Ecosystem Services – A gateway to raising awareness for the importance of nature for urban life. (Erişim tarihi: 6 Ocak 2020). [https://www.iucn.org/downloads/urbes\\_factsheet\\_08\\_web\\_1.pdf](https://www.iucn.org/downloads/urbes_factsheet_08_web_1.pdf)
- URBAN20 (2020). “Urban Health, Safety and Wellbeing”. U20, Riyadh. (Erişim tarihi: 24 Aralık 2021). <https://www.urban20.org/u20summit/2020-riyadh/>
- Varınca, K. B., Güneş, G. Ve Ertürk, F. (2008). “Hava Kirleticilerinin İnsan Sağlığı ve İklim Değişikliği Üzerine Etkileri”. *Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu*, 30-31 Mayıs 2008, Konya, 151-157.
- Vasiljevic, N., and Gavrilovic, S. (2019). “Cultural ecosystem services. Life on Land. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals”. Springer Nature: Switzerland. (Doi: 10.1007/978-3-319-71065-5\_47-1).
- Vihervaara, P., Mononen, L., Santos, F., Adamescu, M., Cazacu, C., Luque, S., Geneletti, D., Maes, J. (2017).” Biophysical quantification”. Burkhard, B., Maes J. (Ed.). in: *Mapping Ecosystem Services*. (pp. 95-103). Pensoft Publishers: Sofia. <https://doi.org/10.3897/ab.e12837>
- Vollmer, M., Guldberg, M., Maluck, M., van Marrewijk, D., and Schlicksbier, G. (Eds.). (2001). *LANCEWAD: Landscape and Cultural Heritage in the Wadden Sea Region Project Report*. Common Wadden Sea Secretariat, Working Group on Landscape and Cultural Heritage. Wilhelmshaven, Germany.
- Votsis, A. (2017). “Planning for green infrastructure: The spatial effects of parks, forests, and fields on Helsinki's apartment prices”. *Ecological Economics*, 132, 279-289.
- Westman W. E. (1977) How much are nature service's worth? *Science*, 197, S. 960.
- WHO (World Health Organization) (2020). Health Topics/Air Pollution. (Erişim tarihi: 17 Ocak 2020). [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1)
- WHO (World Health Organization) (2000). Effects of sulfur dioxide on vegetation: critical levels”.” Chapter 10. Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Office for Europe: Copenhagen (Erişim Tarihi: 30 Ocak 2020). [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0016/123091/AQG2ndEd\\_10effso2.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0016/123091/AQG2ndEd_10effso2.pdf)

- WHO (World Health Organization) (2005). WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide.
- Wigley, S., (2015). CITYgreen. (Erişim tarihi: 14 Ocak 2020). <http://urbanwater-eco.services/project/citygreen/>
- Wilkening, K. E., Barrie, L. A. and Engle, M. (2000). "Trans-Pacific air pollution". *Science*, 290 (5489), 65-67. Doi: 10.1126/science.290.5489.65
- Williamson, K. S. (2003). Growing with green infrastructure. Doylestown: Heritage Conservancy.
- Wilson, M.A. and Carpenter, C.R. (1999) Economic Valuation of Freshwater Ecosystem Services in the US: 1971-1997. *Ecological Applications*, 9, 772-783.
- Yaman Varhan, S. (2018). Marmara Bölgesindeki izleme istasyonları çevresine ilişkin hava kalitesinin istatistiksel metodlarla değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Yatkın, S. ve Bayram, A. (2007). "İzmir Havaındaki Partikül Madde Kirliliği: Ölçüm ve Değerlendirme". *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9 (2), 15-27.
- Yılmaz Kaya M. ve Uzun, O. (2019). "Ekosistem hizmetleri ve mekânsal planlama ilişkisinin peyzaj planlama çerçevesinde değerlendirilmesi". *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7 (3), 2166-2193.
- Yılmaz, A. (2017). "İklim Parametrelerinin Hava Kirliliği Parametreleri Üzerine Etkisi: Bolu İli Örneği". *Journal of Current Researches on Social Sciences*, 7 (2), 413-436.
- Yiğit, G.K. (2011). "Türkiye’de Sağlık Coğrafyası Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme". *e-Journal of New World Sciences Academy*, 6(1) 30-41.
- Yücedağ, C. ve Kaya, L. G. (2016). Hava kirleticilerin bitkilere etkileri". *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 67-74.
- Yücesu, Ö., Korkut, A. ve Kiper, T. (2017). "Kırklareli kent merkezinin açık ve yeşil alanların analizi ve bir sistem önerisi". *Artium*, 5 (2), 22-37.

## EKLER



EK 1

TÜRLERE GÖRE DBH DAĞILIM TABLOSU, HALK BAHÇESİ

Tür Adı	DBH Sınıfı (cm)																			
	0-7.6		7.6-15.2		15.2-30.5		30.5-45.7		45.7-61		61-76.2		76.2-91.4		91.4- 106.7		106.7 - 121.9		121.9+	
	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE
Acer negundo			9.0	0.0	8.0	0.0	17.7	0.0	20.4	0.0	15.0	0.0	15.9	0.0	8.8	0.0	7.1	0.0	6.2	0.0
Albizia julibrissin							33.3	0.0					33.3	0.0			33.3	0.0		
Catalpa bignonioides					11.1	0.0	11.1	0.0	44.4	0.0	11.1	0.0			11.1	0.0	11.1	0.0		
Catalpa bungei			100.0	0.0																
Caesalpinia gilliesii			66.7	0.0	33.3	0.0														
Castanea sativa							33.3	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0								
Cedrus atlantica					100.0	0.0														
Celtis australis											100.0	0.0								
Cedrus libani									66.7	0.0			33.3	0.0						
Celtis occidentalis													100.0	0.0						
Cercis siliquastrum					16.7	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0	16.7	0.0								
Chamaerops humilis							31.6	0.0	47.4	0.0	15.8	0.0	5.3	0.0						
Cornus sanguinea			40.0	0.0	60.0	0.0														
Cupressus arizonica			25.0	0.0	50.0	0.0					25.0	0.0								
Cupressus x leylandii					100.0	0.0														
Cupressus macrocarpa			33.3	0.0	33.3	0.0			33.3	0.0										
Cupressus sempervirens			7.2	0.0	16.5	0.0	17.5	0.0	12.4	0.0	5.2	0.0	5.2	0.0	4.1	0.0	5.2	0.0	26.8	0.0
Elaeagnus ngustifolia											50.0	0.0			50.0	0.0				
Eriobotrya japonica					100.0	0.0														

Euonymus japonicus					40.0	0.0	60.0	0.0												
Ficus carica														100.0	0.0					
Fraxinus angustifolia							33.3	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0								
Fraxinus excelsior					5.6	0.0	3.7	0.0	9.3	0.0	22.2	0.0	20.4	0.0	11.1	0.0	7.4	0.0	20.4	0.0
Fraxinus ornus									100.0	0.0										
Gleditsia triacanthos					3.7	0.0			11.1	0.0	14.8	0.0	7.4	0.0	22.2	0.0	11.1	0.0	29.6	0.0
Hedera helix																			100.0	0.0
Hibiscus syriacus					100.0	0.0														
Juglans regia					50.0	0.0			50.0	0.0										
Lagerstromia indica			50.0	0.0	50.0	0.0														
Laurus nobilis			4.6	0.0	25.2	0.0	34.4	0.0	21.4	0.0	9.2	0.0	4.6	0.0			0.8	0.0		
Ligustrum lucidum			5.0	0.0	25.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0	10.0	0.0								
Liriodendron tulipifera					100.0	0.0														
Ligustrum vulgare							16.7	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0	16.7	0.0						
Maclura pomifera							4.2	0.0	8.3	0.0	8.3	0.0	12.5	0.0	20.8	0.0	4.2	0.0	41.7	0.0
Melia azedarach					16.7	0.0					66.7	0.0	16.7	0.0						
Morus alba			11.1	0.0					22.2	0.0	33.3	0.0			11.1	0.0			22.2	0.0
Morus alba 'pendula'			63.6	0.0	36.4	0.0														
Myrtus communis	25.0	0.0	37.5	0.0	12.5	0.0			25.0	0.0										
Nerium oleander					100.0	0.0														
Olea europea							100.0	0.0												
Paulownia tomentosa											100.0	0.0								
Phillyrea latifolia					22.2	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0	11.1	0.0								
Pinus brutia			2.6	0.0			5.1	0.0	2.6	0.0	7.7	0.0	10.3	0.0	10.3	0.0	12.8	0.0	48.7	0.0
Pinus pinea													33.3	0.0			33.3	0.0	33.3	0.0
Picea pungens					33.3	0.0	66.7	0.0												
Pittosporum tobira									100.0	0.0										
Platanus orientalis					3.4	0.0	6.9	0.0	13.8	0.0	17.2	0.0	3.4	0.0	20.7	0.0	17.2	0.0	17.2	0.0
Populus alba					33.3	0.0													66.7	0.0
Prunus cerasifera 'Nigra'					100.0	0.0														

Prunus domestica		25.0	0.0	62.5	0.0	12.5	0.0												
Prunus dulcis				100.0	0.0														
Prunus laurocerasus						100.0	0.0												
Prunus granatum		50.0	0.0	50.0	0.0														
Pyrus communis						100.0	0.0												
Robinia pseudoacacia		3.0	0.0			18.2	0.0	27.3	0.0	21.2	0.0	12.1	0.0	9.1	0.0	3.0	0.0	6.1	0.0
Salix babylonica		100.0	0.0																
Sophora japonica						100.0	0.0												
Taxus baccata				100.0	0.0														
Tilia tomentosa						20.0	0.0	20.0	0.0	40.0	0.0	10.0	0.0			10.0	0.0		
Ulmus minor		0.6	0.0	7.3	0.0	8.5	0.0	6.7	0.0	6.1	0.0	5.5	0.0	3.6	0.0			57.6	0.0
Vitex agnus-castus												100.0	0.0						
Viburnum tinus				100.0	0.0														
Washingtonia filifera																		100.0	0.0

**EK 2**

**TÜRLERE GÖRE DBH DAĞILIM TABLOSU, 500. YIL PARKI VE ROTARY PARKI**

Tür Adı	DBH Sınıfı (cm)																			
	0-7.6		7.6-15.2		15.2-30.5		30.5-45.7		45.7-61		61-76.2		76.2-91.4		91.4- 106.7		106.7 - 121.9		121.9+	
	%	SH	%	SH	%	SH	%	SH	%	SH	%	SH	%	SH	%	SH	%	SH	%	SH
Acer negundo									25.0	0.0	25.0	0.0	25.0	0.0					25.0	0.0
Cedrus deodora											60.0	0.0	40.0	0.0						
Cercis siliquastrum					20.0	0.0			20.0	0.0	40.0	0.0	20.0	0.0						
Cupressus sempervirens					5.7	0.0	1.9	0.0	11.3	0.0	15.1	0.0	17.0	0.0	17.0	0.0	17.0	0.0	15.1	0.0
Cydonia oblonga							100.0	0.0												
Elaeagnus angustifolia											100.0	0.0								
Eriobotrya japonica							100.0	0.0												
Ficus carica					37.5	0.0	37.5	0.0					12.5	0.0					12.5	0.0
Fraxinus excelsior					30.8	0.0	38.5	0.0	15.4	0.0			7.7	0.0		0.0				
Gleditsia triacanthos									16.7	0.0	41.7	0.0	8.3	0.0	16.7	0.0			16.7	0.0
Juglans regia							100.0	0.0												
Laurus nobilis									50.0	0.0			50.0	0.0						
Ligustrum japonicum					10.0	0.0	30.0	0.0	50.0	0.0									10.0	0.0
Mespilus germanica																	33.3	0.0	66.7	0.0
Morus alba									20.0	0.0	20.0	0.0	20.0	0.0	20.0	0.0			20.0	0.0
Myrtus communis									100.0	0.0										
Olea europea					20.0	0.0	40.0	0.0	40.0	0.0										
Pinu brutia					1.1	0.0	1.1	0.0	6.3	0.0	170.4	0.0	14.7	0.0	20.0	0.0	18.9	0.0	20.5	0.0
Pinus pinea									100.0	0.0										
Platanus orientalis							25.0	0.0							25.0	0.0			50.0	0.0
Populus alba																			100.0	0.0

Prunus cerasifera									100.0	0.0											
Prunus dulcis																				100.0	0.0
Punica granatum							28.6	0.0	14.3	0.0	28.6	0.0			28.6	0.0					
Pyrus communis									100.0	0.0											
Robinia pseudoacacia											50.0	0.0			50.0	0.0					
Thuja orientalis			50.0	0.0									50.0	0.0							
Washingtonia filifera																				100.0	0.0



**EK 3****TÜRLERE GÖRE KARBON FAYDA TAHMİNLERİ, HALK BAĞÇESİ**

Tür adı	Adeti	Karbon Depolama		CO2 Eşdeğeri (ton)	Karbon Tutma		CO2 Eşdeğeri (ton/yıl)
		(ton)	(TL)		(ton/yıl)	(TL/yıl)	
Acer negundo	113	162.14	144.588,41	594.60	5.68	5,065.59	20.83
Albizia julibrissin	3	4.39	3.918,28	16.10	0.01	6.78	0.03
Catalpa bignonioides	9	5.30	4,728.68	19.40	0.28	252.54	1.04
Catalpa bungei	1	0.02	19.65	0.10	0.01	4.70	0.02
Caesalpinia gilliesii	3	0.1	90.82	0.4	0.02	16.13	0.07
Castanea sativa	3	2.24	1,995.51	8.2	0.11	93.98	0.39
Cedrus atlantica	1	0.14	127.45	0.5	0.02	14.49	0.06
Celtis australis	1	0.2	181.29	0.7	0.01	5.83	0.02
Cedrus libani	3	6.73	5,998.78	24.70	0.17	153.16	0.63
Celtis occidentalis	1	0.27	241.82	1.00	0.01	8.88	0.04
Cercis siliquastrum	6	2.73	2,432.69	10.00	0.04	32.52	0.13
Chamaerops humilis	19	3.48	3,101.43	12.80	0.01	12.83	0.05
Cornus sanguinea	5	0.5	449.42	1.8	0.08	69.21	0.28
Cupressus arizonica	4	3.87	3,451.64	14.2	0.16	138.67	0.57
Cupressus x leylandii	1	0.19	172.80	0.7	0.04	33.48	0.14
Cupressus macrocarpa	3	2.66	2,375.23	9.80	0.12	104.36	0.43
Cupressus sempervirens	97	208.63	186,047.75	765.00	0.71	635.38	2.61
Elaeagnus ngustifolia	2	4.71	4,198.38	17.30	0.00	2.69	0.01
Eriobotrya japonica	3	0.55	492.36	2.00	0.08	70.46	0.29
Euonymus japonicus	5	2.42	2,154.68	8.90	0.15	135.98	0.56
Ficus carica	1	3.78	3,375.27	13.90	0	3.48	0.01

Fraxinus angustifolia	3	1.89	1,683.23	6.90	0.12	103.60	0.43
Fraxinus excelsior	54	123.76	110,368.01	453.80	3.14	2798.7	11.51
Fraxinus ornus	1	1.5	937.79	3.9	0	0.58	0
Gleditsia triacanthos	27	66.08	58,926.72	242.30	0.96	851.75	3.5
Hedera helix	1	7.50	6,688.25	27.50	0.01	7.25	0.03
Hibiscus syriacus	1	0.16	141.39	0.60	0.02	17.58	0.07
Juglans regia	2	0.66	586.50	2.40	0.07	61.25	0.25
Lagerstromia indica	2	0.15	136.94 1	0.60	0.02	13.53	0.06
Laurus nobilis	131	204.54	182,405.14	750.10	7.93	7068.77	29.07
Ligustrum lucidum	20	9.69	8,638.78	35.50	0.55	487.03	2
Liriodendron tulipifera	10	0.61	542.16	2.20	0.14	123.01	0.51
Ligustrum vulgare	6	7.77	6,927.77	28.50	0.04	37.59	0.15
Maclura pomifera	24	94.96	84,683.32	348.20	0.06	54.94	0.23
Melia azedarach	6	8.77	7,822.58	32.20	0.31	278.47	1.15
Morus alba	1	5.18	4,620.24	19.00	0.01	6.03	0.02
Morus alba 'pendula'	9	14.04	12,522.23	51.50	0.16	144.66	0.59
Myrtus communis	11	0.25	222.87	0.90	0.06	49.06	0.2
Nerium oleander	8	0.41	367.28	1.50	0.01	11.13	0.05
Olea europea	1	0.12	108.63	0.40	0.02	18.03	0.07
Paulownia tomentosa	1	0.28	246.98	1.00	0.00	2.16	0.01
Phillyrea latifolia	1	0.37	325.76	1.30	0.02	19.65	0.08
Pinus brutia	9	5.70	5,085.79	20.90	0.09	81.46	0.33
Pinus pinea	39	99.83	89,028.82	366.10	0.90	803.56	3.3
Picea pungens	3	8.25	7,357.26	30.30	0.08	69.71	0.29
Pittosporum tobira	3	0.71	632.60	2.60	0.04	39.76	0.16
Platanus orientalis	1	2.03	1,813.30 55	7.50	0.09	76.79	0.32
Populus alba	29	62.66	55,876.37	229.80	1.53	1365.45	5.61
Prunus cerasifera 'Nigra'	3	14.53	12,959.95	53.30	0.02	22.15	0.09
Prunus domestica	1	0.29	262.36	1.10	0.04	32.58	0.13
Prunus dulcis	8	1.50	1,341.24	5.50	0.13	113.81	0.47

Prunus laurocerasus	1	0.25	221.79	0.90	0.03	28.00	0.12
Prunus granatum	2	1.03	915.64	3.80	0.08	67.15	0.28
Pyrus communis	2	0.11	101.02	0.40	0.03	22.39	0.09
Robinia pseudoacacia	1	0.58	513.44	2.1	0.01	12.09	0.05
Salix babylonica	33	40.56	36,167.64	148.7	1.68	1497.02	6.16
Sophora japonica	1	0.06	53.96	0.2	0.01	9.62	0.04
Taxus baccata	1	0.3	267.39	1.1	0.03	22.79	0.09
Tilia tomentosa	1	0.11	99.80	0.4	0.01	9.1	0.04
Ulmus minor	10	9.04	8,062.60	33.2	0.18	162.72	0.67
Vitex agnus-castus	165	889.7	793,403.26	3262.5	6.61	5891.01	24.22
Viburnum tinus	1	1.69	1,509.24	6.2	0	1.73	0.01
Washingtonia filifera	4	0.66	588.56	2.4	0.06	56.01	0.23
California palm	3	22.5	20,064.76	82.5	0.01	4.67	0.02

**EK 4****TÜRLERE GÖRE KARBON FAYDA TAHMİNLERİ, 500. YIL PARKI VE ROTARY PARKI**

Tür adı	Adeti	Karbon Depolama		CO2 Eşdeğeri (ton)	Karbon Tutma		CO2 Eşdeğeri (ton/yıl)
		(ton)	(TL)		(ton/yıl)	(TL/yıl)	
Acer negundo	4.00	8.43	7519.23	30.90	0.20	180.27	0.74
Cedrus deodora	5.00	6.23	5552.92	22.80	0.26	233.08	0.96
Cercis siliquastrum	5.00	3.93	3507.11	14.40	0.02	21.12	0.09
Cupressus sempervirens	53.00	128.34	114453.11	470.60	0.14	123.82	0.51
Cydonia oblonga	1.00	0.43	384.67	1.60	0.04	32.18	0.13
Elaeagnus angustifolia	3.00	3.37	3007.19	12.40	0.00	3.76	0.02
Eriobotrya japonica	2.00	1.09	974.62	4.00	0.03	27.28	0.11
Ficus carica	8.00	11.44	10200.07	41.90	0.13	118.62	0.49
Fraxinus excelsior	13.00	7.13	6360.16	26.20	0.48	429.80	1.77
Gleditsia triacanthos	12.00	20.44	18226.13	74.90	64.00	570.61	2.35
Juglans regia	1.00	0.22	195.13	0.80	0.03	25.79	0.11
Laurus nobilis	2.00	9.01	8030.37	33.00	0.25	227.03	0.93
Ligustrum japonicum	10.00	14.04	12523.09	51.50	0.11	101.75	0.42
Mespilus germanica	3.00	22.50	20064.76	82.50	0.02	21.74	0.09
Morus alba	5.00	9.88	8814.41	36.20	0.07	61.23	0.25
Myrtus communis	1.00	0.30	263.19	1.10	0.00	0.26	0.00
Olea europea	5.00	2.12	1893.19	7.80	0.12	107.67	0.44
Pinu brutia	190.00	390.57	348301.88	1432.20	5.68	5062.86	20.82
Pinus pinea	1.00	0.42	376.55	1.50	0.03	25.27	0.10
Platanus orientalis	4.00	13.40	11953.30	49.20	0.15	132.29	0.54
Populus alba	1.00	7.10	6330.93	26.00	0.00	0.84	0.00
Prunus cerasifera	1.00	0.88	781.86	3.20	0.00	1.24	0.01

Prunus dulcis	1.00	7.50	6688.25	27.50	0.01	7.25	0.03
Punica granatum	7.00	13.35	11907.12	49.00	0.04	33.09	0.14
Pyrus communis	1.00	0.70	626.13	2.60	0.00	1.32	0.01
Robinia pseudoacacia	2.00	4.58	4088.47	16.80	0.04	32.67	0.13
Thuja orientalis	2.00	2.48	2211.36	9.10	0.05	42.67	0.18
Washingtonia filifera	2.00	7.04	6274.15	25.80	0.00	0.58	0.00