



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**Antalya İli Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve  
2021 Yılı Orman Yangınlarının Etkisinin  
Araştırılması**

**Büşra KIRBIYIK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Haziran-2023**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Büşra Kırbıyık tarafından hazırlanan “Antalya İli Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve 2021 Yılı Orman Yangınlarının Etkisinin Araştırılması” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ~~oy çokluğu~~ ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA TEZİ~~ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

**Başkan**

**Prof. Dr. Şükrü DURSUN**

.....

**Danışman**

**Prof. Dr. Şükrü DURSUN**

.....

**Üye**

**Dr. Öğrt. Üye. Merve KALEM**

.....

**Üye**

**Dr. Öğrt. Üye. Fatma KUNT**

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması ...----..... tarafından --..... numaralı proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Büşra KIRBIYIK

Tarih:

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### Antalya İlinde Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve 2021 Yılı Orman Yangınlarının Etkisinin Araştırılması

Büşra KIRBIYIK

Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şükrü DURSUN

2023, 80 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Şükrü DURSUN  
Dr. Öğrt. Üye. Merve KALEM  
Dr. Öğrt. Üye Fatma KUNT

Çevre problemleri arasında yer alan hava kirliliği; bölgesel olduğu gibi küresel olarak da etki alanına sahiptir. Atmosferde meydana gelen hava kirliliğinin kaynakları antropojenik ve doğal kaynaklardan olduğu bilinmektedir. Hava kalitesini etkileyen, hava kirliliğine sebep olan parametreler arasında yer alan PM (partikül madde), SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> gibi önemli kirleticiler, halen yürürlükte olan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde yer alan üst limit sınır değerini aşmasıyla, maruz kalınan süre ve miktara bağlı olarak; canlıların özellikle hassas grupta olanların sağlığını olumsuz etkileyecek zararlar meydana getirmektedir. Ülkemizde uygulanan hava kalitesi standartları ile oluşturulmuş indekse göre havada bulunan kirletici konsantrasyonlar sınıflandırılarak canlılar üzerindeki etkiler ve riskler belirlenmiş olmaktadır. Atmosferik kirletici konsantrasyonlarını sürekli izlemek; hava kalitesini korumak, iyileştirmek ve gereken önlemleri almak için önem arz etmektedir.

Bu kapsamda, ülkemizin büyükşehirlerinden biri olan Antalya, 2021 sonu itibarıyla 2.619.832 nüfusa sahip olup beşinci sırada yer almaktadır. Turizmin başkenti olarak görülen, tarımın ön sıralarda olduğu, sanayi de ise Türkiye ortalamasının altında olduğu bu sebeple sanayileşmenin yarattığı hava kirliliğinin yaşanmadığı bölgelerdendir. 20.177 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip, Akdeniz ikliminin yaşandığı, kış şartlarının ağır olmamasından ötürü ısınmadan kaynaklı hava kirliliğinin de diğer aylara oranla çok yükselmediği ancak, 28 Temmuz 2021 tarihinde Antalya, Manavgat ilçesinde 4 farklı noktada meydana gelen orman yangınlarının il genelindeki hava kalitesini etkilediği düşünülmektedir. Bu sebeple, bu çalışmada; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığına ait şehrin belli yerlerine yerleştirilen 8 adet istasyonun özellikle Manavgat İlçesi baz alınarak saatlik ve günlük ölçüm parametre verileri kullanılarak Surfer programı ile kriging yöntemiyle modelleme çalışması yapılır; ayrıca Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan meteorolojik veriler örneğin sıcaklık ve nem ölçümlerinin yangın dönemi ile harici dönemde karşılaştırılması yapılarak, 2021 yılı hava kalitesinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Antalya ili, Hava Kalitesi, Orman Yangını, Kirleticiler, Sıcaklık, Nem, Modelleme.

## **ABSTRACT**

**M. Sc. THESIS**

### **Evaluation of Air Quality in Antalya Province and Investigation of the Effect of Forest Fires in 2021**

**Büşra KIRBIYIK**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Environmental Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Şükrü DURSUN**

**Year, 80 Pages**

**Jury  
Prof. Dr. Şükrü DURSUN  
Dr. Öğrt. Üye. Merve KALEM  
Dr. Öğrt. Üye Fatma KUNT**

Air pollution, which is among the environmental problems; It has a field of influence globally as well as regional. The sources of air pollution in the atmosphere are known to be anthropogenic and natural resources. Pm (particulate matter), SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> important pollutants, which are among the parameters that affect air quality and cause air pollution, exceed the upper limit of the air quality evaluation and management regulation that are still in force. depending on; It causes damages that negatively affect the health of living things, especially those in the sensitive group. According to the index created with the air quality standards applied in our country, pollutant concentrations in the air are classified and their effects and risks on living things are determined. Continuous monitoring atmospheric pollutant concentrations is important to maintain, improve and take the necessary measures.

In this context, Antalya, which is one of the metropolitan cities of our country, has a population of 2.619.832 as of the end of 2021 and ranks fifth. It is one of the regions where the air pollution created by industrialization is not experienced as the capital of tourism, where agriculture is in the forefront and the industry is below the average of Turkey. It is thought that the air pollution caused by warming due to the lack of heating due to the lack of heating of the Mediterranean climate, which has a surface area of 20,177 km<sup>2</sup>, is thought to affect the air quality of forest fires in Manavgat on 28 July 2021 at 4 different points in Manavgat. For this reason, in this study; 8 stations placed in certain parts of the city belonging to the Ministry of Environment, Urbanism and Climate Change, especially based on the Manavgat district, using the hourly and daily measurement parameter data using Surfer program with Kriging method; In addition, meteorological data received from the General Directorate of Meteorology are compared with the fire period and the external period of temperature and humidity measurements, and it was aimed to evaluate the air quality of 2021.

**Keywords:** Antalya province, Air Quality, Forest fire, Pollutants, Temperature, Moisture, Modelling.

## ÖNSÖZ

Araştırmam boyunca sunduğu fikirleri ve önerileri ile yol gösteren, çalışmamın her bir aşamasında bilgi birikimi ve deneyimleri ile bana önemli katkılarda bulunan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, süreci kolaylaştırıp bitirmeme yardımcı olan ve kendisinden çok şey öğrendiğim danışmanım Prof. Dr. Şükrü DURSUN'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Çalışmamın temelini oluşturan Antalya hava kirliliği ve meteorolojik verileri verileri temin etmemde her türlü kolaylığı sağlayan başta Çevre Şehir ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, ve diğer kamu kuruluşlarına, ihtiyacım olan her zamanda yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen üniversitemin değerli öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda yardımcı dokunan sevgili arkadaşlarıma, başaracağıma olan inancımı kaybetmeme izin vermeyen, yanımda olduklarını her an hissettiğim, her zaman anlayışlı kıymetli aileme ve canım eşime teşekkür ederim.

Büşra KIRBIYIK  
KONYA-2023

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÖNSÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİL DİZİNİ .....	ix
TABLO DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1.Hava Kirliliği.....	2
1.1.1. Hava Kirletici Kaynakları.....	3
1.1.2. Orman Yangınları .....	4
1.1.3. Hava Kirliliğine Sebep Olan Etkenler.....	5
1.1.4. Hava Kirletici Parametreleri .....	6
1.2. Hava Kalitesi .....	9
1.2.1. Hava Kalitesi Yönetimi ve Mevzuattaki Yeri .....	11
1.2.2. Ulusal Hava Kalite İndeksi.....	11
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>14</b>
2.1. Hava Kalitesi Surfer Haritalandırma Programı Kullanılarak Yapılan Bazı Çalışmalar .....	14
2.2. Hava Kalitesi Değerlendirmesi Hakkında Bazı Çalışmalar .....	16
2.3. Tez Çalışmanın Amacı.....	20
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>21</b>
3.1. Çalışma Alanı .....	21
3.1.1. Genel Bilgiler.....	21
3.1.2. Antalya İli Hava Kalitesi Ölçüm İstasyon Bilgileri .....	24
3.1.3. Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunda Bulunan Cihazlar ve Ölçüm Yöntemleri .....	29
3.2. Modelleme ve Grafik Programı Surfer .....	35
3.2.1. Kriging Yöntemi .....	36
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>38</b>
4.1. Antalya İli Orman Yangınları.....	38
4.2. Hava Kirletici Parametre Verilerin Değerlendirilmesi .....	43
4.3. 01.01.2021- 31.12.2021 Arası Aylık Ortalama Parametre Verileri.....	47
4.4. 2021 Yılına Ait Maksimum Verilerden Elde Edilen Hava Kalite İndeksi .....	51
4.5. Antalya İli Yangın Dönemi ile Harici Dönemin Karşılaştırılması .....	52
4.6. Hava Kirletici Parametrelerin Dönemsel Modelleme Çalışması .....	54

<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>58</b>
5.1 Sonuçlar .....	58
5.2 Öneriler .....	62
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>64</b>





## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1. Atmosfer Gaz Dağılımı.....	3
Şekil.1.2 Antalya İli Güneş Radyasyon Dağılımı.....	6
Şekil 2.1. NO ve NO <sub>2</sub> konsantrasyon dağılım haritaları (Cindoruk,2018).....	14
Şekil 2.2. CO ölçüm analiz grafiği (Castagna,2021).....	19
Şekil 3.1. Antalya İli haritası.....	21
Şekil 3.2. Antalya İli Orman Haritası.....	23
Şekil 3.3. Antalya’da bulunan hava kalitesi ölçüm istasyonların konumları .....	24
Şekil 3.4. Antalya-Trafik (Muratpaşa) istasyonu ve yerleşim yeri konumu.....	25
Şekil 3.5. Antalya-Merkez istasyonu ve yerleşim yeri konumu.....	25
Şekil 3.6 Antalya-Kumluca Sanayi istasyonu ve haritası.....	26
Şekil 3.7. Antalya-Muratpaşa istasyonu ve haritası.....	26
Şekil 3.8. Antalya-Serik istasyonu ve haritası.....	27
Şekil 3.9. Antalya-Manavgat istasyonu ve haritası.....	27
Şekil 3.10. Antalya-Alanya istasyonu ve haritası.....	28
Şekil 3.11. Antalya-Gazipaşa istasyonu ve haritası.....	28
Şekil 3.12. Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonun dizaynı .....	29
Şekil 3.13. Enviorenment SA MP101M Cihazı .....	29
Şekil 3.14. Thermo 5014i Cihazı.....	29
Şekil 3.15. Metone Bam 1020 Cihazı .....	30
Şekil 3.16. Environnement SA PM162M Cihazı.....	30
Şekil 3.17. MCZ LVS16 Cihazı.....	30
Şekil 3.18. LECKEL SEQ 47/50 Cihazı.....	31
Şekil 3.19. MCV HVS1Cihazı.....	31
Şekil 3.20. Thermo Black Carbon Cihazı.....	31
Şekil 3.21. Environnement 0341M - O342M - O342e Cihazı.....	32
Şekil 3.22. Thermo 49i Cihazı.....	32
Şekil 3.23. Teledyne T400 Cihazı .....	32
Şekil 3.24. Environnement SA CO12M - CO12e Cihazı.....	32
Şekil 3.25. Thermo 48i Cihazı.....	33
Şekil 3.26. Teledyne T300 Cihazı.....	33
Şekil 3.27. Environnement SA AC32M - AC32e Cihazı.....	33
Şekil 3.28. Thermo 42i Cihazı.....	33

<b>Şekil 3.29.</b> Teledyne T200 Cihazı.....	34
<b>Şekil 3.30.</b> Environnement SA AF22M - AF22e Cihazı.....	34
<b>Şekil 3.31.</b> Thermo 43i Cihazı.....	34
<b>Şekil 3.32.</b> Teledyne T100 Cihazı.....	34
<b>Şekil 3.33</b> Surfer programı açılış görüntüsü.....	35
<b>Şekil 4.1.</b> Antalya İli Yangın Seyri.....	38
<b>Şekil 4.2</b> Türkiye'nin Akdeniz ve Ege kıyılarında çıkan orman yangınlarının uydudan çekilmiş fotoğrafı .....	39
<b>Şekil 4.2.</b> Antalya/Manavgat ilçesinde oluşan yangın sonucu etkilenen alanlar.....	39
<b>Şekil 4.3.</b> Antalya İlinde 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihleri arası rüzgâr hızı.....	41
<b>Şekil 4.4.</b> Antalya İlinde 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihleri arası basınç.....	42
<b>Şekil 4.5.</b> Antalya İlinde 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihleri arası sıcaklık.....	42
<b>Şekil 4.6.</b> Antalya İlinde 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihleri arası nispi nem.....	42
<b>Şekil 4.7.</b> Antalya İlinde 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihleri arası yağış.....	43
<b>Şekil 4.8.</b> 2021 yılı içinde PM <sub>10</sub> parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği .....	43
<b>Şekil 4.9.</b> 2021 yılı içinde PM <sub>2,5</sub> parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği .....	44
<b>Şekil 4.10.</b> 2021 yılı içinde SO <sub>2</sub> parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği .....	44
<b>Şekil 4.11.</b> 2021 yılı içinde CO parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği .....	45
<b>Şekil 4.12.</b> 2021 yılı içinde NO <sub>2</sub> parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği .....	45
<b>Şekil 4.13.</b> 2021 yılı içinde NO <sub>x</sub> parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği .....	46
<b>Şekil 4.14.</b> 2021 yılı içinde O <sub>3</sub> parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği .....	46
<b>Şekil 4.15.</b> PM <sub>10</sub> parametresi yangın öncesi yaz dönemi .....	54

<b>Şekil 4.16.</b> PM <sub>10</sub> parametresi yangın dönemi modelleme .....	54
<b>Şekil 4.17.</b> PM <sub>10</sub> parametresi yangın sonrası yaz dönemi modelleme .....	54
<b>Şekil 4.18.</b> SO <sub>2</sub> parametresi yangın öncesi yaz dönemi modelleme .....	55
<b>Şekil 4.19.</b> SO <sub>2</sub> parametresi yangın dönemi modelleme .....	55
<b>Şekil 4.20.</b> SO <sub>2</sub> parametresi yangın sonrası yaz dönemi modelleme .....	55
<b>Şekil 4.21.</b> NO <sub>2</sub> parametresi yangın öncesi yaz dönemi modelleme .....	56
<b>Şekil 4.22.</b> NO <sub>2</sub> parametresi yangın dönemi modelleme .....	56
<b>Şekil 4.23.</b> NO <sub>2</sub> parametresi yangın sonrası yaz dönemi modelleme .....	56
<b>Şekil 4.24.</b> O <sub>3</sub> parametresi yangın öncesi yaz dönemi modelleme .....	57
<b>Şekil 4.25.</b> O <sub>3</sub> parametresi yangın dönemi modelleme .....	57
<b>Şekil 4.26.</b> O <sub>3</sub> parametresi yangın sonrası yaz dönemi modelleme .....	57



## TABLO DİZİNİ

<b>Tablo 1.1.</b> Atmosferi Oluşturan Gazlar ve Oranları.....	2
<b>Tablo 1.2.</b> Hava Kirleticilerinin kaynağı ve etkileri.....	10
<b>Tablo 1.3.</b> EPA hava kalitesi indeksi.....	12
<b>Tablo 1.4.</b> Ulusal hava kalitesi değerleri kesme noktaları.....	12
<b>Tablo 1.5.</b> İndeks Hesaplanan Parametrelerin Sınır Değerleri.....	13
<b>Tablo 3. 1</b> Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2021 yılı Ölçüm Verileri.....	22
<b>Tablo 3.2.</b> İstasyonlarda ölçülen hava kirletici parametreleri.....	24
<b>Tablo 4.1.</b> Manavgat İlçesi Yangın döneminde; Nem, ve Hakim Rüzgâr Yönünün Günlük Değişimi.....	40
<b>Tablo 4.2.</b> Manavgat Yangınına ait yanan alan miktarları.....	41
<b>Tablo 4.3</b> - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası partikül madde (PM <sub>10</sub> ) verilerin aylık ortalaması .....	47
<b>Tablo 4.4</b> - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası aylık partikül madde (PM <sub>10</sub> ) limit aşım gün sayıları.....	47
<b>Tablo 4.5</b> - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası partikül madde (PM <sub>2,5</sub> ) verilerin aylık ortalaması .....	48
<b>Tablo 4.6</b> - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası kükürtdioksit (SO <sub>2</sub> ) verilerin aylık ortalaması .....	48
<b>Tablo 4.7</b> - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası karbonmonoksit (CO) verilerin aylık ortalaması .....	49
<b>Tablo 4.8</b> - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası azotdioksit (NO <sub>2</sub> ) verilerin aylık ortalaması .....	49
<b>Tablo 4.9</b> - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası azotoksit (NO <sub>x</sub> ) verilerin aylık ortalaması .....	50
<b>Tablo 4.10</b> - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası ozon (O <sub>3</sub> ) verilerin aylık ortalaması .....	50
<b>Tablo 4.11</b> - Antalya Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından ölçülen 2021 yılına ait ortalama verilerden elde edilen hava kalite indeksi.....	51
<b>Tablo 4.12.</b> Yangın dönemi ve harici dönemi, parametrelerin ortalama, minimum ve maksimum değerleri .....	52
<b>Tablo 4.13.</b> Yangın dönemi ve yaz dönemi, parametrelerin ortalama, minimum ve maksimum değerleri .....	52
<b>Tablo 5.1.</b> Kirletici parametrelerinin sınır değerleri .....	58

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$\mu$ : Mikro

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ : mikrogram/metreküp (metreküp hava başına mikrogram)

$^{\circ}\text{C}$  : Sıcaklık birimi, derece celsius

### Kısaltmalar

AQI (HKİ): Hava Kalitesi İndeksi

Bakanlık: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

CO: Karbonmonoksit

CO<sub>2</sub>: Karbondioksit

HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği

NO<sub>x</sub>: Azot Oksit

NO<sub>2</sub>: Azot dioksit

O<sub>3</sub>: Ozon

OMGI: Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonları

PM: Partikül Madde

PM<sub>10</sub>: Boyutu 10 mikronun altındaki Partikül Madde

PM<sub>2.5</sub>: Boyutu 2.5 mikronun altındaki Partikül Madde

SİM: Sürekli İzleme Merkezi

SO<sub>2</sub>: Kükürtdioksit

TSP: Toplam asılı partikül madde

VOC: Uçucu Organik Bileşikler

WHO: World Health Organization

Yönetmelik: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği

## 1. GİRİŞ

Hava kirliliğine neden olan etkenlerin canlı ve çevre sağlığı üzerindeki etkilerin olumsuz olabileceği, önemli etkiler yaratabileceği bilinmekte ve bu sebeple hava kirliliği önemli bir sorun olarak görülmektedir. Bu etkileri azaltmak için hava kalitesini iyileştirmek önem arz ettiği gibi kirleticileri ölçmek ve hava kalitesini izlemek; kirliliğinin nedenini kaynağını belirlemede gereklidir. Daha geniş kapsamlı analiz yapabilmek için de modelleme çalışması yapılmakta ve yorumlanmaktadır (Dursun, 2021).

Hava kirliliği seviyeleri; toz, duman, koku, su buharı gaz gibi partiküller ile canlılara ve çevreye zarar verecek miktarda bulunan kimyasal maddeler arasındaki etkileşimin ne kadar olduğunu göstermektedir (Qasim, 2019). Hava kirliliği seviyesini belirlerken bölgenin yapısını ve meteorolojik şartları da göz önünde bulundurmak şarttır (Kunt, 2018).

İki bin yirmi bir yılı Temmuz-Ağustos yaz aylarında Antalya bölgesindeki orman yangınların Antalya il merkezindeki hava kalitesini etkisini araştırmak üzere, Antalya il merkezinde 2021 yılında ölçülen partikül madde, kükürtdioksit, karbonmonoksit, azot dioksit, ozon parametrelerinin Bakanlığın SİM veri bankasından alınan veriler kullanılarak Surfer Paket programı yardımıyla önce kirlilik dağılımı modellenerek dağılım haritasının çıkarılması, Meteoroloji 4. Bölge Genel Müdürlüğüne ait sıcaklık, rüzgar ve nem verilerinden grafikler oluşturulması ve özellikle Temmuz-Ağustos ayı Antalya bölgesi orman yangınları ile ilişkisinin araştırılarak, bölge hava kalitesi değerlendirilmesi ve etki eden faktörleri belirlemeye yönelik bir çalışmanın yapılması amaçlanmıştır.

Antalya il merkezi ve çevresi turistik açıdan önemli bir konuma sahip olduğu kadar hem endüstriyel açıdan hem de tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi açısından önemli bir konuma sahip bölgedir. Bölgenin Akdeniz sahillerinde yer alması hava kalitesini artırıcı bir konum özelliği sağlamasına rağmen bölgenin kuzeyinde yer alan sarp ve denize paralel konumlu sıradağlar bölgenin hava kirliliği açısından potansiyele sahip olmasına da sebep olmaktadır. Her ne kadar kış aylarının Türkiye'nin diğer bölgelerine nazaran çok soğuk geçmemesi fosil yakıt kullanımının yaygın olmamasına ve ısınmadan kaynaklı kirlilik açısından avantaj olmasına rağmen, endüstriyel kaynaklı kirleticiler ve trafikten kaynaklı kirlilik dikkate alınması gereken hususlardır. Halk sağlığı açısından turizmde önde gelen paya sahip Antalya ve çevresinin hava kalitesini

araştırılması ve hava kirliliğine etki eden sebeplerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Ayrıca sıklıkla meydana gelen orman yangınları göz önüne alındığında hem konum olarak hem de orman yapısı açısından dikkate alınması gereken önemli bir konudur.

2021 yılında Manavgat İlçesinde meydana gelen orman yangınların ekonomik açıdan etkileri olduğu gibi bölgenin hava kalitesini de etkilediği düşünülmektedir. Özellikle orman yangınlarını takip eden günlerde hava kalitesinde bir azalma meydana gelmiş ise öncelikle bunun belirlenmesi ve etki derecesinin uygun metotlarla ortaya konulması gerekmektedir.

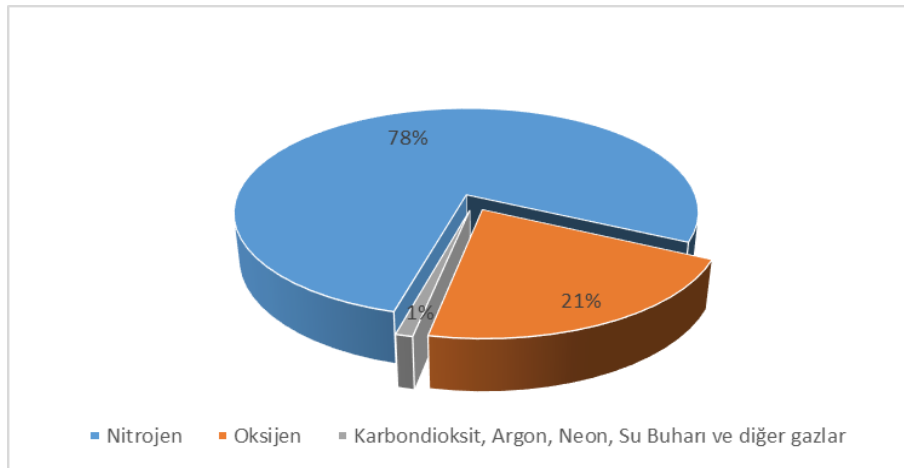
### 1.1.Hava Kirliliği

#### ✓ Hava

Canlılar için hayati öneme sahip olan ağırlıklı olarak azot ve oksijen içeren gazların karışımı olarak ifade edilebilir (Aydınlı,2009). Şekil 1.1’de Atmosferdeki temel gazların dağılımı, Tablo 1.1’de ise atmosferi oluşturan gaz oranları görülmektedir.

Tablo 1.1. Atmosferi Oluşturan Gazlar ve Oranları (URL-1.1)

Atmosferdeki Sabit Gazlar	Sembol	Kuru Havada Oran (%)	Atmosferdeki Değişen Gazlar	Sembol	Kuru Havada Oran (%)
Nitrojen	N <sub>2</sub>	78.08	Su Buharı	H <sub>2</sub> O	0-4
Oksijen	O <sub>2</sub>	20.95	Karbondioksit	CO <sub>2</sub>	0.037
Argon	Ar	0.93	Metan	CH <sub>4</sub>	0.00017
Neon	Ne	0.0018	Nitrojen Oksit	N <sub>2</sub> O	0.00003
Helyum	He	0.0005	Ozon	O <sub>3</sub>	0.000004
Hidrojen	H <sub>2</sub>	0.00006	Partiküller (Duman vb.)	PM	0.000001
Xenon	Xe	0.000009	Kloroflorokarbon	CFC <sub>5</sub>	0.00000002



Şekil 1.1. Atmosfer Gaz Dağılımı (URL-1.1)

Havayı oluşturan gazları; devamlı olarak bulunan genellikle oranları değişmeyen gazlar, devamlı olarak bulunan oranları değişen gazlar ve devamlı olarak bulunmayan gazlar olarak üç gruba ayırmak mümkündür. Atmosferi oluşturan gazlar arasında azot, oksijen ve asal gazlara sabit; su buharı, karbondioksit, ozon vb. gazlara değişen denilmektedir. Devamlı olarak bulunmayan gazlar arasında ise kirleticiler yer almaktadır.

#### ✓ Hava Kirliliği:

WHO'ya göre atmosferdeki kirlilik; dış ve/veya iç ortamdaki havanın doğal yapısını bozan, özelliklerini değiştiren herhangi bir ajanla kirlenmesi durumudur. Kış ayında ki ısınmanın, trafikte ki motorlu taşıtlarının, üretiminin gerçekleştiği endüstriyel tesislerinin ve belirli sebeplerle meydana gelen orman yangınlarının hava kirliliğine neden olan başlıca kaynaklar olduğu bilinmektedir. Toplum sağlığı açısından tehlike arz eden kirleticiler arasında; partiküler madde (PM), karbonmonoksit (CO), ozon (O<sub>3</sub>), azotdioksit (NO<sub>2</sub>) ve kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) yer almaktadır (Gül İ., 2018).

#### 1.1.1. Hava Kirletici Kaynakları

Katı, sıvı veya gaz halindeki kirletici parametreler, havada bulunduğu miktar, yoğunluk ve süreye bağlı olarak insanların sağlığına, canlıların yaşamına ve çevre için zarar verebilecek maddeler olarak tanımlanabilir (Gül İ.,2018).



Hava kirliliğine neden olan kaynakları 2'ye ayırmak mümkündür;

**1. Yapay kaynaklar;** Isınma maksadıyla kullanılan yakıt, motorlu taşıtlar, sanayi gibi insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen hava kirletici kaynaklardır.

**2. Doğal kaynaklar;** Orman yangınları, volkan vb. direkt olarak atmosfere yayılan kaynaklardır.

### 1.1.2. Orman Yangınları

Özellikle sıcak ve kurak havalarda yangın tehlikesi ile karşı karşıya olan büyük yangıcı maddeye sahip ormanlar, bu nedenle zarar görebilmektedir (Küçük,2016). Hava sıcaklığın yüksek noktalara ulaşması, bağıl nemin %30'ların altına düşmesi ve rüzgarın yönü, şiddeti ve nem miktarını düşüren kurutucu rüzgarların orman yangınlarının çıkması ve yayılmasındaki nedenlerdendir.

Orman yangını 4 ana sebepten kaynaklanmaktadır (Kavzoğlu,2021). Bunlar;

- İhmal ve dikkatsizlik (%47)
- Kasıt (% 10)
- Doğal/yıldırım (% 11)
- Sebebi bilinmeyen yangınlar (%32)

Kaynağı orman yangını olan özellikle partikül maddeye maruz kalma süresi ve şiddetine bağlı olarak oluşan hava kirliliği; solunum yolunda tahrişe, burun ve gözlerde yanmaya, akciğerlerdeki hava hacminde azalma, astım, bronşit, kalp yetmezliği gibi rahatsızlıklara ve hatta erken ölüme bile neden olabilmektedir.

Orman yangınının meydana getirdiği dumandan yayılan partikül maddenin yaklaşık %90'ı PM' den oluşmakta ve farklı boyutlarda olmaktadır.

Boyut küçüldükçe sağlık riskleri özellikle akciğere etkisinin arttığı bilinmektedir. Orman yangınları sonrasında ise çok fazla miktarda hava kirleticilerin özellikle karbondioksit, karbonmonoksit, azotoksitlerin atmosferde açığa çıkmasına ve ozon miktarının artmasına neden olur.

Orman yangınlarının yayılması, uzun veya kısa süreli olmasında; atmosfer basıncı, sıcaklığın artması-azalması, rüzgarın yönü ve şiddeti, bağıl nemin düşmesi-

artması ve yağış gibi kısa ve uzun vadeli hava değişikliklerinin rolü büyüktür. (Chandler vd., 1991).

Yangınların özellikle orman yangınlarının meydana geldiği atmosferik koşulların; sıcaklığının yüksek, bağıl nemin ve yanıcı madde nem içeriklerin düşük olduğu anlarda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yanan alanın büyüklüğündeki ve yangın sayısındaki önemli artışların olduğu dönemlerin bilhassa mevsim normallerin üzerinde seyreden hava sıcaklığı olduğu rapor edilmektedir (Lagouvardos vd., 2019; Turco vd., 2019).

2021 yılının yaz aylarında ülkemizde çok fazla sayıda meydana gelen ve yayılan orman yangınları, 150.000 hektarı aşan bölgeleri etkilediği ve zarar verdiği tespit edilmiş olup, orman yangınlarının kontrol altına alınması ve yangının söndürülmesi için büyük bir çaba ve güç gerekmiştir. Bu yangınların en önemlisi olan, kontrol altına alınması yaklaşık 10 gün süren ve ilk meydana gelen, tez çalışmasının da konusu olan Antalya ilinde Manavgat ilçesinde meydana gelen yangın olmuştur.

### 1.1.3. Hava Kirliliğine Sebep Olan Etkenler

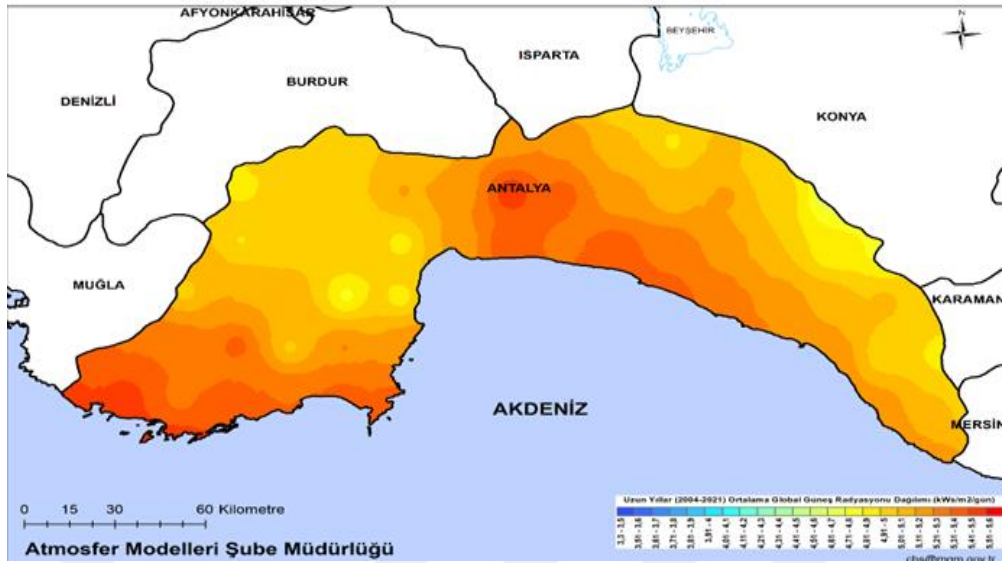
Yerleşim yerlerinde hava kirliliğine doğrudan ve dolaylı olarak sebep olan etkenler; doğal ve beşeri etkenler olarak iki bölümde incelenebilir. (Özkütükçü,2021).

#### - Doğal Etkenler;

1. Topografik Özellikler (Topografyanın şekli, yükselti ve bakı gibi özellikler)
2. Sıcaklık, nem, rüzgar, yağış, basınç, güneş radyasyonu, inversiyon (sıcaklık terslenmesi, sis) gibi meteorolojik etkenler (Kırmacı, 2019).

#### -Beşerî Etkenler;

1. Endüstriyel faaliyetler sonucunda kalitesiz yakıt kullanımı,
  2. Kullanılan otomobil vs. ve trafikten kaynaklanan kirlilik,
  3. Kış aylarında ısınmak için kullanılan araçların örneğin kalorifer ve sobaların uygun şekilde yakılmaması sonuca açığa çıkan gazlar,
  4. Sanayi bölgesinin özellikle hakim rüzgar yönü dikkate alınmadan yanlış alanlara kurulması ve işletilmesi nedeniyle meydana gelen hava kirliliği,
- Her ne kadar doğal fiziksel olaylar nedeniyle atmosfere farklı kirleticiler salınsa da çevredeki hava kirliliğinin birincil kaynağı insan faaliyetleri olanlar olarak belirlenmiştir (Qasim, 2022).



Şekil.1.2 Antalya İli Güneş Radyasyon Dağılımı (URL-1.2)

#### 1.1.4. Hava Kirletici Parametreleri

Hava kirliliğine neden olan parametreler birincil ve ikincil kirleticiler olarak ayrılabilir.

Birincil kirleticiler; kaynaktan doğrudan atmosfere yayılan kirleticilerdir. İkincil kirleticiler ise atmosferde bulunan doğal gazlar ve birincil kirleticilerin meydana getirdiği kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan kirleticilerdir.

Bu çalışmada; PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> parametre verileri ele alınacaktır.

#### Partikül Maddeler (PM)

Hem katı parçacıklardan hem sıvı damlacıklardan oluşan havada asılı bulunan partiküllerin boyutları değişiklik gösterir.

Özellikle solunum sistemini etkileyen madde, boyutları küçüldükçe akciğerin derinlerine inmesiyle daha büyük parçacıklardan fazla sağlık sorunu oluşturabilir ve özellikle yaşlılar ve çocuklarda hassasiyet oluşturur (Akyürek 2012).

2.5 µm aerodinamik çaplı ince parçacıklı partikül madde PM<sub>2,5</sub>, 10 µm aerodinamik çaplı kaba parçacıklı partikül madde PM<sub>10</sub> olarak adlandırılır (Baş,2019).

Organik veya inorganik kimyasal içeriğe sahip olan partikül maddeler çoğunlukla duman özellikle orman yangını dumanı, is ve toz şeklinde bulunabilirler ve içeriğindeki organiklerin toksikleşmesine neden olabilir.

Isınmak için kullanılan kalitesiz yakıt ve araç trafiğinin yoğunluğu bölgesel kirliliğe neden olmakta ve meteorolojik faktörlerden özellikle sıcaklık ile rüzgar hızının da etkisi göz ardı edilemez. Bu sebeple konstrasyon mekânsal ve zamansal olarak çok değişkenli olabilmektedir (Aguilera, 2022).

Hava kalite indeksinde; olumsuz sağlık etkilerini belirlemek için  $PM_{2,5}$  için maruz kalma eşiği tanımlanmamıştır. Dünya Sağlık Örgütünün,  $PM_{2,5}$ 'e yıllık ve kısa süreli maruz kalınması için kılavuzlar önermiştir (Qasim,2022). Daha çok iç mekanlarda önemli hale gelen  $PM_{2,5}$ ; açık alanlarda yerine  $PM_{10}$ 'a bırakılmaktadır.

Rüzgar yönü, hızı ve yağışın konsantrasyonun değişiminde önemli bir etkisi olduğu bilinmektedir. Bölgede yağışın çok olması kirletici seviyesinde azalma meydana getirmektedir (Dursun, 2019).

Havada uzun süre hatta haftalarca kalabilmekte boyutu küçüldükçe de hafif olması nedeni ile çok uzun mesafeler kat edebilmektedir (Qasim,2019).

### **Kükürt oksitler ( $SO_x$ )**

Kükürt oksitler genellikle endüstriyel kaynaklarda, yakıtlardan fosil içerikli olanların yanmasıyla meydana gelir.

Kükürtoksitlerden ( $SO_x$ ) hava kirliliğine etkisi olan bileşikler; kükürtdioksit ( $SO_2$ ) ve kükürtrioksit ( $SO_3$ ) dir.

Kükürt dioksit ( $SO_2$ ), özellikle evsel ısınma için kullanılan insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi daha fazla olan kalitesi düşük kömür ve fuel-oil içeriğindeki kükürdün yanmasıyla meydana gelen asidik ve renksiz gazdır.

Canlı sağlığında solunum sistemine etkisi olan  $SO_2$  bronşit, astım gibi rahatsızlıklara neden olabilir.

$SO_2$ , güneş ışığının ve bazı kimyasalların etkisiyle asit içerikli yağmurlar oluşmakta ve asit yağmurları vasıtasıyla toprakla buluşan  $SO_3$  bitki örtüsü ve ormanlara zarar verir ayrıca metal yüzeylerinin aşınmasına neden olur. (Akyürek 2012).

### **Azot oksitler ( $NO_x$ )**

%78'i azottan oluşan atmosfer, azot oksitlerin de temel kaynağını oluşturur. Azot oksitler genellikle kokusuz, renksiz özelliğe sahip olup, yüksek sıcaklığın etkisiyle genellikle azotmonoksit ( $NO$ ) ve azotdioksit ( $NO_2$ ) oluşmaktadır.

Azotoksit kaynağı; enerji santralleri ve konsantrasyonun artmasına neden olan motorlu taşıt sayısıdır. Bu nedenle genel olarak  $\text{NO}_x$  konsantrasyonunun yüksek olduğu yerler trafiğin yoğun olduğu bölgelerdir. Artan motorlu taşıt kullanımını azot oksitlerin artışında da önemli bir paya sahiptir (Özkayalar, 2021).

Yakıt içindeki ve yakma tesislerindeki azotun oksijenle tepkimeye girmesiyle oluşan azot oksitler toksiktir.

Solunum yollarında olumsuz etkisi olup, yüksek  $\text{NO}_2$  konsantrasyonuna kısa süre bile olsada maruz kalmaları; sağlıklı insanlarda ağır akciğer tahribatlarına, kronik rahatsızlığı olan insanlarda ise akciğerde kısa zamanda fonksiyon bozukluklarına yol açabilmektedir (Menteşe 2011).

Azot oksitler suda çözünmediğinden solunum yollarının en derin yerlerine ulaşabilmekte ve zararlı etkiler görülmektedir.  $\text{NO}$  yüksek sıcaklıklarda yandığında oksidasyon sonucu  $\text{NO}_2$  oluşturur.

### **Karbon oksitler ( $\text{CO}_x$ )**

Karbon oksitler, karbonmonoksit ( $\text{CO}$ ) ve karbondioksit ( $\text{CO}_2$ )'den oluşur. Karbondioksit yanma sonucu son ürün olarak oluşup, karbonmonoksit ise yakıtların yetersiz yanmasıyla oluşur ve kaynağı genellikle motorlu taşıtlardan meydana gelen egzoz emisyonları şehir içi atmosferinde çok fazla etkisi olduğu bilinmektedir.

Fosil içerikli yakıtların kullanılması, orman yangınları ve egzoz gibi etkenlerle atmosfere büyük oranda yayılan karbonmonoksit ( $\text{CO}$ ) gaz özelliği kokusuz, renksiz olmasıdır.

İnsan sağlığı ve bitkiler için olumsuz etkisi olan gaz kirleticinin iç atmosferde insanlar için ölümcül sonuçlar doğurabilir. Bunun sebebi kanda oksijen açlığı oluşmasına neden olmasıdır.

Birincil kaynağı yoğun trafik olan  $\text{CO}$ 'in sağlık etkileri şu şekildedir: Solunum yolu ile kan dolaşımında, karbonmonoksit kimyasal olarak hemoglobine oksijenden 200 kat daha güçlü bağlanır. Böylece doku ve organlara ulaşarak oksijen miktarını azaltmaktadır (Özkayalar, 2021).

Eğer daha yüksek oranlarda karbonmonoksite maruz kalırsa, algıyı etkilediği için zihni ve görmeyi etkileyebilir.

En riskli grubu ise solunum sistemi ile kalp hastalığı olan kişiler ile yeni doğmuş bebekler oluşturur (Menteşe 2011).

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

Üç adet oksijen atomunun birleşmesiyle oluşan, yoğun olarak atmosferin stratosfer ve troposfer tabakalarında bulunan ozonun, insan sağlığına olumsuz etkileri vardır.

Özellikle yaz aylarında yüksek sıcaklıklarda daha etkili olup, yüksek konsantrasyonlarda ise astım gibi solunum sistemi sorunlarına neden olmaktadır.

NO<sub>x</sub> (Azot oksitler) ve VOC (uçucu organik bileşikler) arasındaki kimyasal reaksiyonlarla oluşan ozonun, yüksek sıcaklıklarda olumsuz etkisi daha fazladır.

Riski en yüksek olan grup ise çocuklar, yaşlılar ve astım rahatsızlığı olan kişilerdir (URL- 1.4).

- Bahsedilen hava kirleticilerin kaynağı ve etkileri Mihelcic ve Zimmerman (2010) tarafından özetlenmiştir. Bu bilgilere kısaca Tablo 1.2’de değinilmiştir.

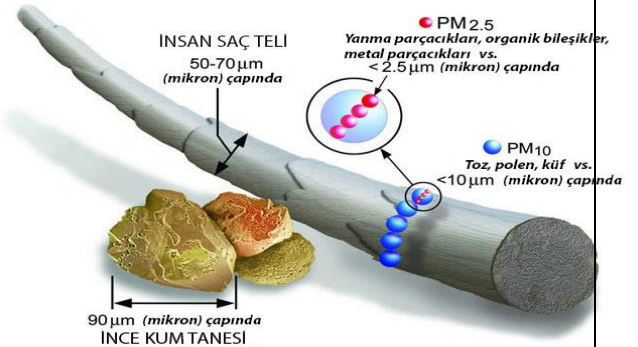
## **1.2. Hava Kalitesi**

Özellikle beşeri etkenlere bağlı olarak bir bölgenin hava kalitesi değişmekte olup, meteorolojik olaylara göre de yayılım gösterebilmektedir. Beşeri etkenlerden hava kalitesini kötü yönde etkileyen alanlar ulaşım, sanayi ve kış aylarındaki ısınmadır. Bu sebeple bir bölgenin hava kalitesini ölçmek, o bölgede hayatını geçiren insanların yaşam kalitesi belirlemek ve gereken önlemleri almak açısından büyük önem arz etmektedir.

Şehir içindeki hava kalite seviyesini belirlemek için uzunca bir süre ve kapsamlı bir çalışma gereklidir. Bir bölgenin hava kalitesini tespit ederken, ölçüm istasyonları bölgenin hava kalite seviyesini sağlıklı bir şekilde temsil edebilmelidir. Bu sebeple istasyonların konumu ve yeterli sayıda olması önemlidir. (Aydınlar,2009).

Tablo 1.2 Hava Kirleticilerinin kaynağı ve etkileri (Mihelcic ve Zimmerman, 2010)

Kirletici	Kaynak	Etkileri
NO <sub>2</sub>	Havadaki azotun (N <sub>2</sub> ) yakıt yanması sırasında O <sub>2</sub> ile reaksiyona girmesi ile oluşur. Yakma prosesleri ve motorlu araç ve gereçler.	Solunumu tahriş edici küçük parçacıklardan oluşabilir, böylece hassas kişilerde solunum problemleri ortaya çıkmaktadır. Ozon oluşumuna neden maddedir. Bazı NO <sub>2</sub> 'ler nitrik asit oluşturmak için su buharı ile reaksiyona girerek asidik yağmur, kar veya sis oluşturur.
SO <sub>2</sub>	Sülfür içeren yakıtlar yakıldığında veya sülfür içeren cevherden metaller çıkarıldığında üretilir. Sülfür okside olur ve SO <sub>2</sub> oluşur. Emisyonların yaklaşık üçte ikisi elektrik üretmek için yanan kömürden gelmektedir. Fosil yakıtların uygun olmayan şekilde yakılması ve yanması.	Su buharında kolayca çözülür, sülfürik asit olur, özellikle çocuklarda ve yaşlılarda, solunum hastalığı ve ölüm oranlarını yükselten küçük sülfat partikülleri oluşturabilir. Sülfat parçacıkları tarafından oluşan bulanıklığa ilaveten, SO <sub>2</sub> , tarihi heykeller ve mimari de dahil olmak üzere yapı malzemelerinin bozulmasını da hızlandırabilir. Akciğer yetmezliği, damar sertliği ve solunum yolu hastalıkları.
CO	Yakıtların eksik yakılmasından üretilir. Tam yanma olmadan havaya atılması. Emisyonların yarısından daha fazlası yoldaki araçlardan oluşmaktadır.	Kolayca kana karışır. Düşük seviyelerde, tek bir maruz kalmada bile en ciddi sağlık tehdidi kardiyovasküler problemleri olanlar içindir. Ortam atmosferinde yüksek seviyelere nadiren rastlanırken, genellikle iyi çalışmayan ısıtma sistemleri ve yetersiz havalandırmanın olduğu iç mekanlarda boğulmaya neden olabilir.
O <sub>3</sub>	Ozonun direkt kaynağı bulunmamaktadır. Güneş ışığından kaynaklanan kimyasal reaksiyon dizisi ile oluşur. Ulaşım, doğalgaz kuyuları, çöp sahaları..	Güçlü bir solunum tahriş edici olduğu bilinmektedir. Özellikle solunum sistemi zayıf kişiler risk altındadır. Buna akciğer hastalığı olan insanlar, çocuklar, yaşlılar dahildir. Özellikle akciğer iltihabı, solunum güçlüğü, ağırlaştırılmış astım, zatürree gibi solunum yolu hastalıkları neden olabilmektedir (URL 1.2).
PM	Bazı parçacıklar, asit, organik kimyasal, metal veya topraktır. Bazı parçacıklar ise, kükürt dioksit ya da azot dioksit gibi gazların atmosferik reaksiyonları yoluyla oluşturulur. 10µm ve daha küçük çapta olan tüm parçacıklar PM10, 2,5µm ve daha küçük çapta olan tüm parçacıklar ise PM2,5 olarak kabul edilir.	PM10 solunum sistemi için probleme neden olduğu görülmektedir. Solunum yollarında tahriş, öksürük, düzensiz kalp atışı, astım, kalp veya akciğer hastalığı olan kişilerde erken ölüm gibi etkileri vardır. Birincil parçacıklar bu boyutta olabilir, fakat çoğu daha büyüktür. Sekonder parçacıkların çoğu ise 10 µm daha küçüktür (URL 1.3).



### 1.2.1. Hava Kalitesi Yönetimi ve Mevzuattaki Yeri

- ✓ 09/08/1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun Ek- 6. Maddesi
- ✓ 01/05/2003 tarihli ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanununun 1., 2. ve 9. Maddeleri
- ✓ Avrupa Birliğinin 96/62/EC, 99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı direktifleri
  - 06/06/2008 tarihli ve 26898 sayılı “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği”
  - 07/02/2009 tarihli ve 27134 sayılı “Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”
  - 03/07/2009 tarihli ve 27277 sayılı “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”
  - 11/03/2017 tarihli ve 30004 sayılı “Egzoz Gazı Emisyon Kontrolü Yönetmeliği”

06/06/2008 tarihli ve 26898 sayılı “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği” ile çevrenin ve halk sağlığının üzerindeki olumsuz etkileri önlemek, hava kalitesini yükseltmek için hedefleri tanımlayarak, hava kirliliği probleminin önlenmesi amaçlanmıştır (Gökmen, 2012). Bu çalışmada baz alınan yönetmeliktir (Url 1.6).

Eğer ısınmadan, sanayiden ve ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliklerini kontrol altına almak ve azaltmak hedefleniyorsa; bunun için ayrı ayrı hazırlanmış olan yönetmelikler ve halen yürürlükte olan; 07/02/2009 tarihli ve 27134 sayılı “Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”, 03/07/2009 tarihli ve 27277 sayılı “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği” ve 11/03/2017 tarihli ve 30004 sayılı “Egzoz Gazı Emisyon Kontrolü Yönetmeliği” uygulanmaktadır (Akarsu,2021). Bu çalışmada ilgili yönetmelikler ele alınmamıştır.

### 1.2.2. Ulusal Hava Kalite İndeksi

Çevre Koruma Ajansının; yürürlükte olan mevzuatta belirtilen sınır değerler baz alınarak oluşturulan bir indekstir.



Temel kirleticiler olarak bilinen partikül maddeler (PM<sub>10</sub>), karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ve ozon (O<sub>3</sub>) için oluşturulmuş hava kalitesi indeksi hava kalitesini değerlendirmek için önemli bir kıstastır. (Tel,2019).

➤ Ülkemizde uygulanan hava kalitesi standartlarına göre oluşturulan hava kalitesi indeksi ile havadaki kirletici konsantrasyonuna göre sınıflandırma yapılarak canlılar üzerindeki sağlık etkileri belirlenmiş olmaktadır (Tablo 1.3).

Tablo 1.3. Çevre Koruma Ajansı hava kalitesi indeksi (URL- 1.5.)

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
<i>Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..</i>	<i>hava kalitesi koşulları..</i>	<i>..bu renkler ile sembolize edilir..</i>	<i>..ve renkler bu anlama gelir.</i>
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101- 150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 - 200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 - 300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301 - 500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Tablo 1.4. Ulusal hava kalitesi değerleri kesme noktaları (URL- 1.5.)

İndeks	HKİ	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [µg/m <sup>3</sup> ]	O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 – 50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51 – 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101 – 150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151 – 200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201 – 300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301 – 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

Tablo 1.5. İndeks Hesaplanan Parametrelerin Sınır Değerleri (URL- 1.5.)

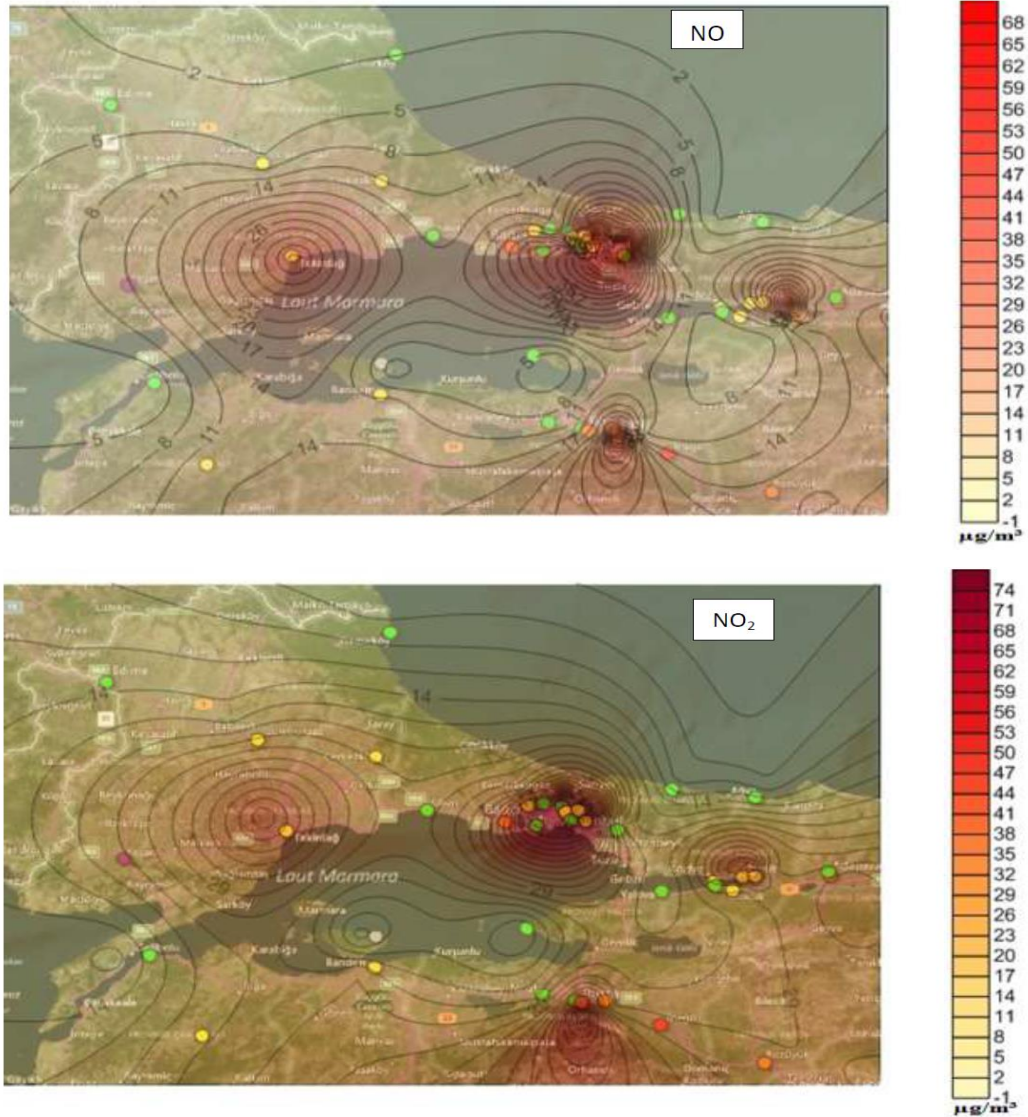
Parametre	SO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	CO [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	O <sub>3</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
<b>Ulusal Sınır Değer</b>	350	250	10.000	120	50
<b>AB Üye Ülkeleri Sınır Değeri</b>	350	200	10.000	120	50

- Hava kalite indeksi tablolar kullanılarak kısaca yorumlanırsa;
  - SO<sub>2</sub> ile NO<sub>2</sub> için saatlik ortalama verileri; CO ile O<sub>3</sub> için 8 saatlik ortalama verileri ve PM<sub>10</sub> için günlük ortalama verileri kullanılır.
  - Ortalama değerler belirlendikten sonra Tablo 1.4 baz alınarak indeks belirlenmiş olur ve Tablo 1.3'e bakılarak da yorumunu yapabiliriz. Örneğin; ölçülen günlük ortalama PM<sub>10</sub> değeri 252  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olsun. Tablo1.4'e göre bu değer hassas grupta yer almaktadır. Tablo 1.3'e göre de turuncu renkli olup; sağlık yönünden hassas olan canlılar için sağlık etkisi oluşturabileceği genel olarak bir etkisinin olmayacağı söylenebilir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Hava Kalitesi Surfer Haritalandırma Programı Kullanılarak Yapılan Bazı Çalışmalar

Cindoruk (2018); Marmara Bölgesinde bulunan 11 ilin hava kalitesini değerlendirmek için 38 istasyonlarda ölçülen saatlik NO ve NO<sub>2</sub> verileri ortalama değerleri Surfer haritalandırma programı kullanılarak konsantrasyon dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda; Trafiğin ve nüfusun yoğun olduğu sahalarda parametrelerin sınır değerini geçtiği görülmüştür. Bununla birlikte nüfusun, trafiğin ve sanayinin hava kirliliğine etkisinin az olduğu bilindiği Bilecik şehrinde bile sıcaklığının düşük seyretmiş olduğu sonbahar ve kış mevsiminde ortalama NO parametresinin sınır değeri olan 30 µg/m<sup>3</sup> ü geçtiği görülmüştür. Çalışmada elde edilen haritalar şekil 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1. NO ve NO<sub>2</sub> konsantrasyon dağılım haritaları (Cindoruk,2018)

Turalioğlu (2011); alışmasında Erzurum ilini baz alarak özellikle kış ayında ısınma maksatlı doğalgaz kullanımının ve nüfusun yoğun olduğu yerleşim yerlerin bölgenin hava kalitesi belirlemek amaçlı SO<sub>2</sub> ile PM<sub>10</sub> hava kirleticilerin bölgesel ve zamansal değişimini üç farklı yılın ortalama verileri ile Surfer programı Kriging yöntemi yardımı ile kirlilik eğrileri çizilmiş haritalar oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda; doğalgaz ile konsantrasyonu artan SO<sub>2</sub> parametresinin doğalgaz kullanımından sonra kirletici konsantrasyonun azaldığı, sınır değerinin altına indiği görülürken, PM<sub>10</sub> veya duman halen sınır değerini ulaşamadığı etkisinin düşük olduğu anlaşılmıştır.

Dalkılıç (2019); endüstri bölgesindeki bir tesisteki araç boyama prosesten açığa çıkan uçucu organik bileşiklerin tespit edilmesi için boyama işleminin gerçekleştiği alanda toplam 5 noktada iç ortam hava numuneleri alınarak Gaz Kromotografisi FID dedektörü ile uçucu organik bileşikler tayini yapılmıştır. Analiz sonuçlarından elde edilen veriler, koordinat sistemine göre haritalar elde edilmesini sağlayan Surfer programında modellenmesi gerçekleştirilmiş. Çalışma sonucunda; ortalama konsantrasyonları tespit edilen uçucu organik bileşiklerin sınır değere göre kontrolü gerçekleştirilmiş ve riskleri azaltabilmek için genel önerilerde bulunulmuştur.

Erdoğan (2019); Konya ilinin Sanayi Bölgesi ele alınarak sanayi içerisindeki partikül maddenin kirliliğini belirlemek maksadıyla bölgede yirmi dört ayrı noktadan farklı zamanlarda ölçümler yapılmıştır. Ölçülen veriler, gün ve saat bazında yönetmelik çerçevesinde değerlendirilerek, Surfer Software ile ArcGIS 10.1 programları kullanılarak kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda, yönetmelikte belirtilen 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  üzerinde çıkan ölçüm verilerin kaynağının özellikle trafik ile sanayideki aktif işlerden olduğu görülmüştür.

İncecik vd. (2002); İstanbul'da 1992 ile 2000 yıllarında ısınmanın gerekli olduğu kış, sonbahar aylarında SO<sub>2</sub> parametresinin farklı zamanlardaki ortalama konsantrasyonlarını incelemek, alansal analizini yapmak için konsantrasyonlar baz alınarak SURFER yazılımına ait jeostatistiksel yöntem uygulanarak dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma, elde edilen haritalar değerlendirildiğinde İstanbul'da bulunan beş adet istasyon; bunların ikisi Avrupa yakasında  Anadolu yakasında bulunmakta olup; ölçümü yapılan SO<sub>2</sub> parametresinin 1995 ile 1996/ 1999 ile 2000 yıllarına ait konsantrasyonların ilgili aylardaki değerleri karşılaştırılarak ilerleyen yıl içerisinde kkrdioksitte bir azalma olduğu sınır değerinin altında kaldığı sonucuna varılmıştır.

SO<sub>2</sub>'deki azalmaya rağmen özellikle Avrupa yakasında yüksek konsantrasyonların ölçüldüğü zamanlar olduğu tespit edilmiştir.

Esen vd. (2019); sene 2017'de ülkemizde yüz üç hava kalitesi izleme ölçüm istasyonunda ölçülen veriler baz alınarak PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub>'lerin konsantrasyon seviyeleri değerlendirmek için meteorolojik parametrelerin ortalama değerler ile kirletici parametrelerin değerleri Surfer (versiyon 13.0) kullanılarak kirletici dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda, rüzgar hızı ile sıcaklığın kirletici parametrelerin dağılımında etkili olduğu tespit edilmiş olup Türkiye genelindeki PM<sub>10</sub> konsantrasyon seviyelerinin, genellikle homojen bir dağılım gösterdiği fakat bölgelerden Doğu Anadolu bunun dışarısında kalmıştır. SO<sub>2</sub> konsantrasyon seviyelerinin ise, kömür yataklarının yoğun olduğu Ege Bölgesi ile Trakya, özellikle soğuk mevsimlerde kömür kullanımının yoğun olduğu Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde, yüksek olduğu görülmüştür.

## 2.2. Hava Kalitesi Değerlendirmesi Hakkında Bazı Çalışmalar

Menteşe (2019); 2007 'den sonraki 10 yıl ele alınarak, İstanbul şehrinin havasında bulunan kirletici parametrelerinden olan Karbonmonoksit (CO) gazı, Kükürdioksit (SO<sub>2</sub>) gazı, Partikül madde (PM<sub>2,5</sub> ve PM<sub>10</sub>), Azotoksitler (NO, NO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub>) ile Ozon (O<sub>3</sub>) gazının mevsimsel ve alansal olarak değişimlerinin araştırılması için hava kirleticilerinin ölçümünün yapıldığı her bir istasyonda aylık ve yıllık ortalama bazında değişim grafiklerinin oluşturulmuştur. Bunun için SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda; Ozon kirletici parametresi hariç olmak üzere diğer tüm kirleticilerin özellikle kış mevsiminde daha yüksek seviyelerde çıktığı tespit edilmiştir. Fakat Yönetmelik çerçevesinde değerlendirildiğinde sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür.

Gül (2018); Edirne şehrinin merkez ilçelerinde bulunan Hava Kalitesi İzleme İstasyonu'nda 01.10.2016/30.09.2017 tarihleri arasında günlük olarak ölçülen PM<sub>10</sub> parametre değerlerinin zamansal karşılaştırılması yapılarak değişiminin incelenmesi için günlük ve aylık ortalaması alınarak belirlenen ölçüm sonuçları; Avrupa Birliğinin ve Dünya Sağlık Örgütünün sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda; gerekli değerlendirme ve inceleme yapılırken istatistiksel yöntemler için SPSS programı kullanılmış olup; kısa vadede, orta vadede, uzun vadede önerilerde bulunulmuştur.

Kırmacı (2019); Kahramanmaraş'ın 1990 ile 2015 yılları arasındaki havanın kalitesini belirlemek, kirliliği analiz etmek ve değerlendirmek için SO<sub>2</sub> ve partikül madde parametreler ele alınarak atmosferdeki değişimleri belirlemek için istatistiksel yöntemler kullanılmış, emisyon envanteri oluşturulmuştur. Kirletici parametrelerinin etkilediği hava kalitesinin ve meteorolojik koşulların arasındaki ilişkileri anlamak ve açıklamak maksadıyla modelleme çalışması yapılmıştır. Bunun için IBM SPSS Statistics programları kullanılmıştır. Çalışmada; atmosfer sıcaklığının, kirletici parametrelerin seviyelerine etkisinin çok yüksek oranda olan önemli değişkenler arasına girdiği sonucuna varılmıştır. Bu sebeple; hava kalitesini yükseltmek için ciddi tedbirler alınması gereken bir bölge olduğu tespit edilmiştir. Atmosfer kirliliği, il için önemli bir çevre sorunu olduğu görülmüştür.

Varhan (2018); ülkemizin bölgelerinden Marmara'da bulunan havadaki kirletici parametreleri saatlik ölçen istasyonlarından alınan SO<sub>2</sub> ile PM<sub>10</sub> ölçüm verileri alınarak bilimsel yöntemlerle değerlendirilmesi için PCA ve FCM (Bulanık Kümeleme Analizi) ile emisyon kaynakları çizgisel, noktasal ve alansal olarak gruplandırılarak tanımlanmış, maruz kalınan kirletici parametrelerin düzeyleri ulusal/uluslararası sınır değerleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Temel Bileşenler analizi (PCA), SPSS istatistik programı yardımıyla yapılmıştır. Sonuçlar bu yöntemle daha belirgin olduğu ortaya çıkmıştır. Ölçüm sonuçları, ulusal/uluslararası sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; bazı yıllarda PM<sub>10</sub>'nun sınır değerinin altında olduğu; SO<sub>2</sub>'nin ise birkaç istasyon haricinde diğer tüm istasyonlarda sınır değeri aştığı görülmüştür.

Baş (2019); Giresun ilinin hava kalitesinin değerlendirilmesi için aylık, yıllık ve mevsimsel olarak kirletici parametreleri ile sıcaklık, basınç, yağış, rüzgar hızı ve nem gibi meteorolojik veriler arasındaki ilişki çoklu lineer regresyon tekniği ile IBM 22 SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlara göre genellikle kış aylarında ve trafiğin yoğun olduğu sabah ve akşam saatlerinde SO<sub>2</sub> ile PM<sub>10</sub> parametrelerinin daha yüksek olduğu diğer kirletici parametrelerin ise ölçüm sonuçlarına bakılacak olursa; sadece trafiğin yoğun olduğu bölgelerde ve saatlerde daha yüksek çıktığı görülmüştür.

Aydoğan (2019); İstanbul şehrinin 2007-2017 yılları arasındaki hava kalitesini değerlendirmek maksadıyla, ilgili bölgeye ait dokuz adet hava kirletici ölçüm istasyonlarından alınan sonuçlar kullanılarak farklı alanlarda ve farklı saatlerdeki analizler kriging yöntemi kullanılarak yapılmış olup incelenmiştir.

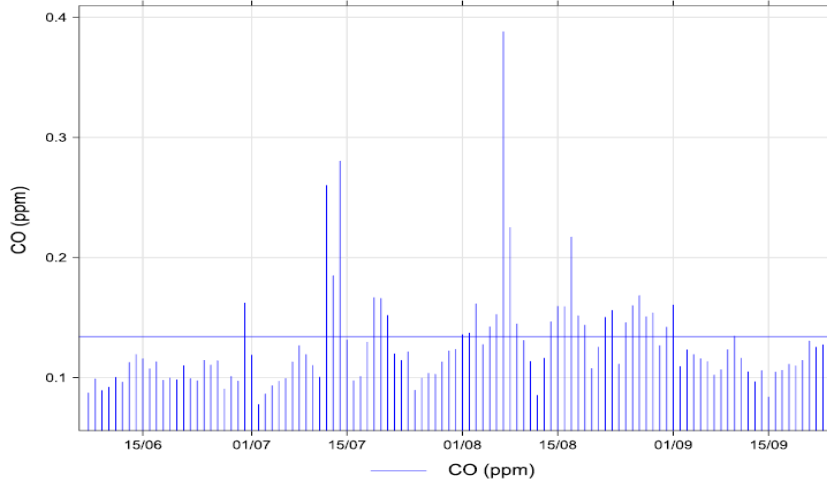
Gümüş (2019); ülkemizin Marmara Bölgesi'nde PM<sub>10</sub>- PM<sub>2.5</sub>- SO<sub>2</sub>- NO<sub>x</sub>- O<sub>3</sub>- CO hava kirletici parametreleri, 2013/2017 yılları arasındaki dört yıllık süreçteki ölçülen veriler hava kalitesi ölçüm istasyonlarından alınmıştır. Tüm ölçüm sonuçları SPSS programı ile istatistiksel olarak analizi yapılmıştır. Çalışmada meteorolojik etkenlerin kirletici kaynaklarına olan etkisi belirlenerek hava kalitesine olan etkisi değerlendirilmiştir.

Tepe (2019); ülkemizin güneyindeki illerden olan; Adana, Antalya, Hatay ve Mersin şehirleri için 2008 yılı ve sonraki sekiz seneyi kapsayacak şekilde bölgedeki hava kalitesi izleme istasyonlarından elde edilen PM<sub>10</sub> ile SO<sub>2</sub> kirletici parametrelerinin verileri karşılaştırılmıştır. Bunun için oluşturulan veri setleri, mevsimsel olarak ve gün içi değişimler olarak incelenmiştir. Özellikle; Antalya ilinde PM<sub>10</sub> kirletici parametrenin konsantrasyonları yıllık ortalaması alınarak Avrupa Birliği direktiflerinde belirtilen sınır değerlerini özellikle kış aylarında aştığı ve bu dönemlerde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Böylece, PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının kış aylarında yaz aylarına göre istatistiksel olarak yüksek olduğu belirlenmiştir.

Shihab (2021); Hava kalitesi indeksi (AQI) kullanılarak Musul şehrinde (Irak) hava kalitesi değerlendirmesi amaçlanmıştır. Biri sabit diğeri mobil olmak üzere iki istasyon kullanılarak 6 izleme sahasında CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ölçülmüştür. Günlük AQI, her saha için hesaplanıp ve kategorilerine göre sınıflandırılmıştır. AQI belirlenmesinde, PM<sub>10</sub>'un Musul şehrinde %93,8 ile katkısının olduğu, CO'nun ise etkisinin olmadığı görülmüş. SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve NO<sub>2</sub> ise sırasıyla %0,8, %2,7 ve %2,7 çok az etkisi olduğu görülmüştür. Böylece AQI'nin yıllık ortalaması "Orta" olarak belirlenmiştir.

Yavaş (2021); COVID-19 salgını nedeniyle dünya çapında hükümetler tarafından getirilen yasakların 35 ülke için CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> hava kirleticileri değerleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amaçlanmıştır. Hava Kalitesi Açık Veri Platformundan alınan veriler istatistiksel analiz sonucunda, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve CO seviyelerinin ülkelerin tamamında azaldığı, O<sub>3</sub> ise ortalama konsantrasyonun arttığı görülmüştür. Söz konusu düşüşün işyerlerinin kapanmasından kaynaklı fabrika emisyonların ve motorlu taşıtlardan kaynaklı emisyonların azalması olarak görülmüştür.

Castagna (2021); Calabria Bölgesinde (Güney İtalya) 2017 yazında meydana gelen orman yangınlarının hava kalitesine etkisini değerlendirmek için yapılan bu çalışmada CO ölçümleri yapılmış ve analiz edilmiştir. Analiz sonucunda özellikle ağustos ayında artış olduğu görülmüştür (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. CO ölçüm analiz grafiği (Castagna,2021)

Qasim (2022); Bir alışveriş merkezinde sonbahar mevsimindeki  $PM_{2.5}$  ölçümleri değerlendirilmiştir. Buradaki amaç iç alanlar için  $PM_{2.5}$  parametresinin etkisinin ne olduğunu belirlemektir. Değerlendirmenin ilk aşamasında hava kirliliği modelleri oluşturulmuş, son aşamada  $PM_{2.5}$  kirlilik düzeyinin hafta sonları yükselişe geçtiği bunun kalabalık nüfusla alakalı olduğu, yaz mevsiminden daha yüksek sonuçlar çıktığı sonucuna varılmıştır. Avm içinde emisyonun fazla olduğu alanın araçların bulunduğu, havalandırmanın olmadığı kapalı otopark olduğu tespit edilmiştir.

Bolat (2022); Türkiye’de 2021 yaz ayında meydana gelen orman yangınlar için yüksek sıcaklık ve düşük nemin etkisiyle uygun ortam oluşmuştur. Çalışmada Antalya ilinde olan orman yangınının hava kalitesine olan etkileri araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucu elde edilen bilgiler ise şu şekilde olmuştur; kirletici parametrelerinden  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , kükürt dioksit ( $SO_2$ ), karbon monoksit (CO) ve ozon ( $O_3$ ) parametrelerinin günlük ve yıllık sınır değerleri sadece  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  için aşıldığı sonucuna varılmış olup ilgili çalışmada yapılan değerlendirme sonucunda, hava kirletici parametrelerin 2021 yılı yaz mevsimine ait konsantrasyonları ile bir önceki yıl olan 2020 yılı yaz mevsimine ait konsantrasyonlar benzer olmasından ötürü orman yangınının şehrin hava kalitesini aşırı derecede olumsuz yönde etkileyen önemli bir faktör olmadığı anlaşılmıştır.



### 2.3. Tez Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada; Antalya Manavgat İlçesinde 2021 yılında bilinmeyen sebeplerle meydana gelen orman yangınlarının Antalya ili genelinde hava kirliliğine ne kadar etkisi olduğunu yönetmelik çerçevesinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bunun için, Bakanlığa ait sekiz adet hava kalitesini sürekli izleme istasyonlarından ölçülen  $PM_{10}$ - $PM_{2.5}$ - $SO_2$ - $NO_x$ - $NO_2$ - $O_3$ - $CO$  parametrelerinin verileri kullanılarak tablo ve grafikler oluşturulmuştur.

28/07/2021-06/08/2021 yangın dönemi ile diğer ayların karşılaştırılması yapılmış, Surfer programında kriging yöntemi kullanılarak yaz dönemi için elde edilen modelleme çalışmasıyla değerlendirme yapılmıştır.

Değerlendirmenin daha anlamlı olması maksadıyla, en fazla hava kalitesinin etkilendiği bölge olarak düşünülen yangının çıktığı Manavgat İlçesinde bulunan hava kalitesi istasyonun, ölçüm yaptığı parametreler ele alınarak yapılmıştır.

Bu ölçüm parametreleri sırası ile  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  ve  $O_3$ 'dur. Bu dört parametre toplam yedi istasyondaki ölçüm verileri de dikkate alınarak modelleme oluşturulmuştur ve böylece Antalya İli genelinde hava kalitesine etkisi araştırılmıştır. Antalya Gazipaşa istasyonu o dönem aktif olmadığı için modellemede ele alınamamıştır.

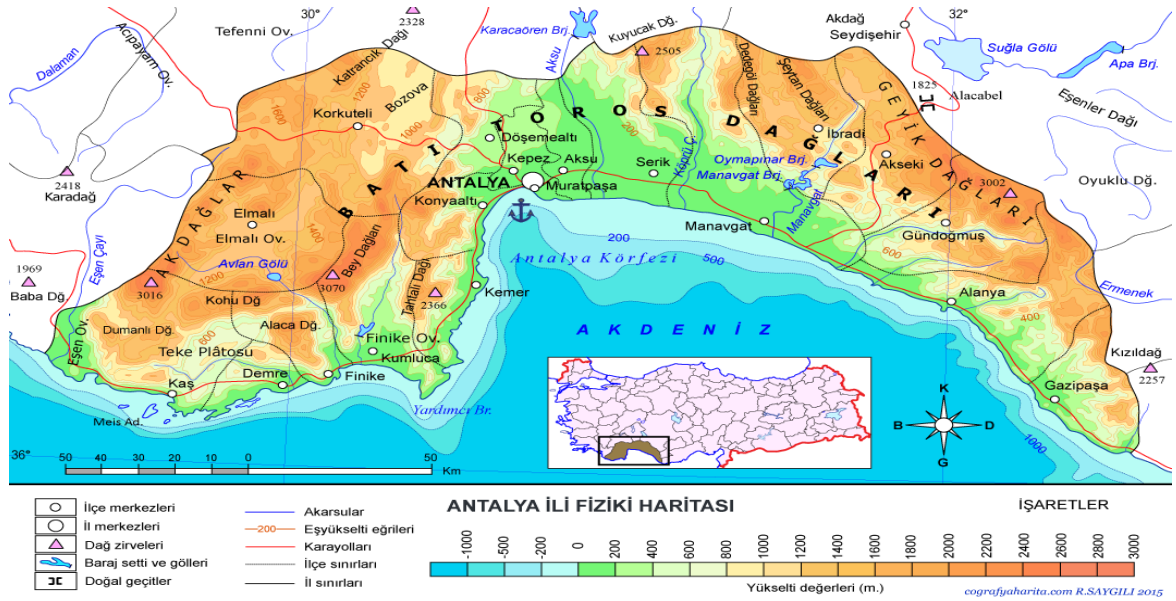
Ayrıca Meteoroloji Genel Müdürlüğünün ölçümlerine ait; hava sıcaklığı, nem, rüzgâr hızı ve yönü ile yağış miktarı gibi değişkenlerde ele alınarak oluşturulan grafiklerin orman yangınına olan etkisine dikkat çekilmesi de amaçlanmıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Alanı

##### 3.1.1. Genel Bilgiler

Antalya, ülkemizin Akdeniz Bölgesi'nin batısında yer almakta olup konumu 29.005'-32.963' batı-doğu boylamı, 35.281'-38.082' güney-kuzey enlemleri arasında kalmaktadır (Şekil 3.1). Burdur, Isparta illeri Antalya'nın kuzey kısmı ile; Karaman, Mersin illeri Antalya'nın doğusu ile; Akdeniz Antalya'nın güney kısmı ile; Muğla ili Antalya'nın batısı ile; Konya ili ise Antalya'nın kuzeydoğusu ile komşudur. Yaklaşık 20.177 kilometrekarelik yüzölçümü ve 2021 yılı 2.619.832 nüfusu ile ülkemiz sıralamasında beşinci sıraya yerleşmiştir (URL-3.1).



Şekil 3.1. Antalya İli haritası (URL-3.2)

Antalya sınırlarında toplam 19 ilçe bulunmaktadır. Bunlar sırası ile; Akseki-Aksu- Alanya- Demre- Döşemealtı- Elmalı- Finike- Gazipaşa- Gündoğmuş-İbradi- Kaş-Kemer- Kepez- Konyaaltı- Korkuteli- Kumluca- Manavgat- Muratpaşa-Serik ilçeleridir. 591.895 kişiyle en kalabalık ilçesi Kepez, yoğunluk olarak ele alındığında ise kilometrekare başına 5429 kişi düşmesi ile merkez ilçelerden olan Muratpaşa ilçesidir. Antalya kıyılarının uzunluğu ise 630 km'yi bulmaktadır (URL-3.3).

Maki bitki örtüsü, Akdeniz ikliminde görülen bir tür olduğu bilinmektedir. Antalya ilinde, batı Torosların güney kısmı ve Akdeniz arasında makiler, kuzeyinde kızılçamlar, doğusunda ise Aksu Çayı görülmektedir. Bölgede tek akarsu unvanını alıp turizm açısından önemli yere sahip Düden Şelalesini de barındırmaktadır.

Kültürel ve doğal güzellikler açısından ülkemizin gelişmiş turizm şehirlerinden olan Antalya, pek çok alanda turizm yapılabilmesi imkanlarına sahip olup, bu turizm seçenekleri için önemli tesis imkanlarına sahip bulunmaktadır (URL-3.4).

### İklim

Antalya’da iç kesimlerde Soğuk Yarı-Kara İklim tipi, genel olarak ise yazları yüksek sıcaklıkla ve yağışsız geçen, kışları yağışlı ve sıcaklığın ılık seyrettiği iklim tipi olan Akdeniz iklimi görülmektedir. Yazın öğlen vaktindeki sıcaklığın 40° üzerine kadar çıktığı, ortalama sıcaklığın ise 28-36° arasında olduğu bilinmektedir. Kış dönemindeki sıcaklık ise genellikle 10-20° arasında değişmektedir. Yıllık ortalama nispi nem ise %64 civarındadır (URL-3.1).

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan basınç, nispi nem, sıcaklık ve yağış verileri Tablo 3.1. aylık ortalama olarak gösterilmiştir. 2021 yılında yangın döneminin (28/07/2021-06/08/2021) ortalama değerleri ele alınarak diğer aylarla karşılaştırılması yapılırsa; nispi nemin yarılara kadar düştüğünü, sıcaklığın ortalama 4-5 °C arttığı görülmektedir.

Tablo 3. 1 Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2021 yılı Aylık Ortalama Ölçüm Verileri

İstasyon No	İstasyon Adı	YIL	AY	NİSPİ NEM %	SICAKLIK °C	YAĞIŞ OMGI mm
17302	Antalya bölge	2021	OCAK	62,93	12,66	0,22
17302	Antalya bölge	2021	ŞUBAT	53,17	13,94	0,05
17302	Antalya bölge	2021	MART	46,12	13,92	0,09
17302	Antalya bölge	2021	NİSAN	55,36	17,43	0,00
17302	Antalya bölge	2021	MAYIS	58,64	22,85	0,01
17302	Antalya bölge	2021	HAZİRAN	53,39	25,29	0,02
17302	Antalya bölge	2021	TEMMUZ	40,26	30,74	0,00
17302	Antalya bölge	2021	*YANGIN DÖNEMİ (28/07/2021-06/08/2021)	23,13	34,45	0,00
17302	Antalya bölge	2021	AĞUSTOS	40,94	30,83	0,06
17302	Antalya bölge	2021	EYLÜL	44,10	26,32	0,01
17302	Antalya bölge	2021	EKİM	37,82	22,41	0,07
17302	Antalya bölge	2021	KASIM	51,53	18,86	0,07
17302	Antalya bölge	2021	ARALIK	62,92	13,12	0,42



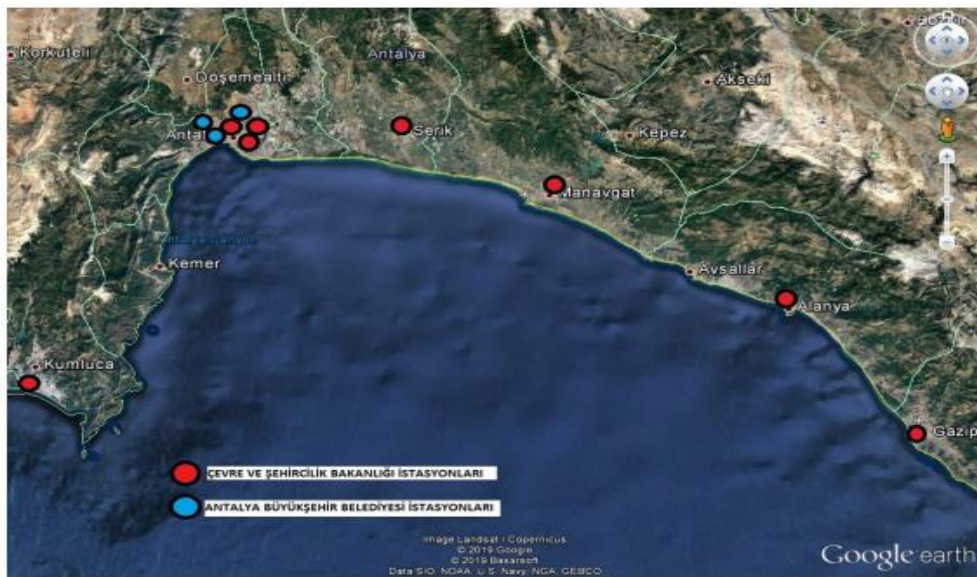
### 3.1.2. Antalya İli Hava Kalitesi Ölçüm İstasyon Bilgileri

2021 yılı içerisinde Antalya ilinde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığına ait toplam sekiz tane hava kalitesi izleme istasyonu faaliyette olup Bakanlığın Sürekli İzleme Merkezi (SİM) sistemine eşzamanlı olarak veri gönderilmektedir.

Antalya il merkezinde mevcut Hava Kalitesi İstasyonları ve bu istasyonlarda ölçümü yapılan hava kirletici parametreler Tablo 3.2’de görülmektedir. Antalya’da mevcut bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonlarının konumları ise Şekil 3.3’de görülmektedir.

Tablo 3.2. İstasyonlarda ölçülen hava kirletici parametreleri

İSTASYON ADI	İSTASYON TİPİ	ÖLÇÜLEN HAVA KİRLİTİCİ PARAMETRELERİ						
		PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Antalya-Alanya</b>	Isınma	X				X		
<b>Antalya-Gazipaşa</b>	Kırsal	X	X	X		X	X	X
<b>Antalya-Kumluca Sanayi</b>	Kentsel Sanayi	X	X	X	X	X	X	X
<b>Antalya-Manavgat</b>	Isınma	X		X		X		X
<b>Antalya-Merkez</b>	Isınma	X	X	X	X	X	X	X
<b>Antalya-Muratpaşa</b>	Isınma	X		X		X	X	
<b>Antalya-Serik</b>	Isınma	X		X	X	X	X	
<b>Antalya-Trafik</b>	Kentsel Trafik	X	X		X	X	X	X



Şekil 3.3. Antalya’da bulunan hava kalitesi ölçüm istasyonlarının konumları (URL-3.7)

- **1. Antalya Trafik Ölçüm İstasyonu**

Antalya il merkezinde Muratpaşa ilçesinde, **36.8887, 30.6835** koordinatlarında sabit halde bulunan istasyon, trafik kaynaklı atmosfere yayılan hava kirletici verilerin belirli zaman aralıklarıyla ölçülmesi için kurulmuş olup konum itibariyle; anayol kenarında, Gazi Lisesi'nin önünde bulunmaktadır.

Antalya-Trafik (Muratpaşa) istasyonu ve yerleşim yeri konumu Şekil 3.4'de görülmektedir.

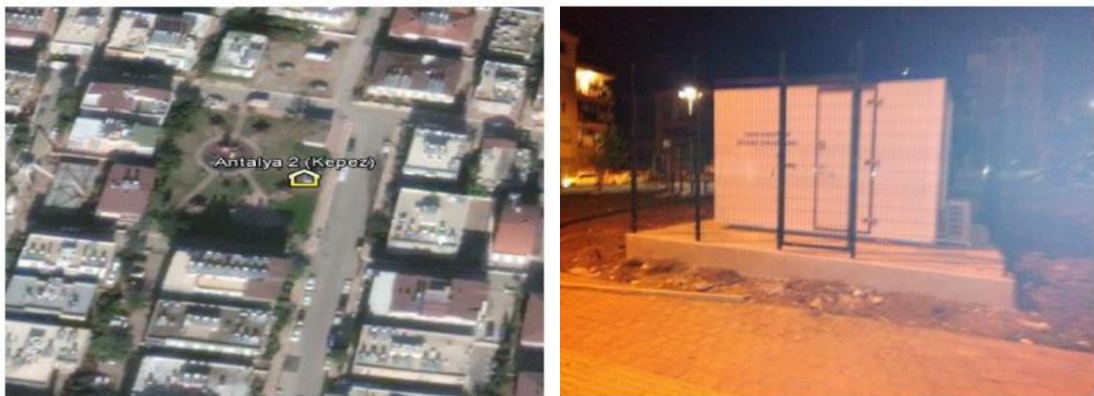


Şekil 3.4. Antalya-Trafik (Muratpaşa) istasyonu ve yerleşim yeri konumu (URL-3.7)

- **2. Antalya (Merkez) Ölçüm İstasyonu**

Antalya il merkezinde Kepez ilçesinde, **36.9148, 30.7004** koordinatlarında sabit halde bulunan istasyon, ısınma kaynaklı atmosfere yayılan hava kirletici verilerin belirli zaman aralıklarıyla ölçülmesi için kurulmuş olup konum itibariyle; çocuk parkı içerisinde bulunmaktadır. Havalimanına 8,3 km, organize sanayi bölgesine ise 20 km mesafededir.

Antalya-Merkez istasyonu ve yerleşim yeri konumu Şekil 3.5' de görülmektedir.



Şekil 3.5. Antalya-Merkez istasyonu ve yerleşim yeri konumu (URL-3.7)

- **3. Antalya Kumluca Sanayi Ölçüm İstasyonu**

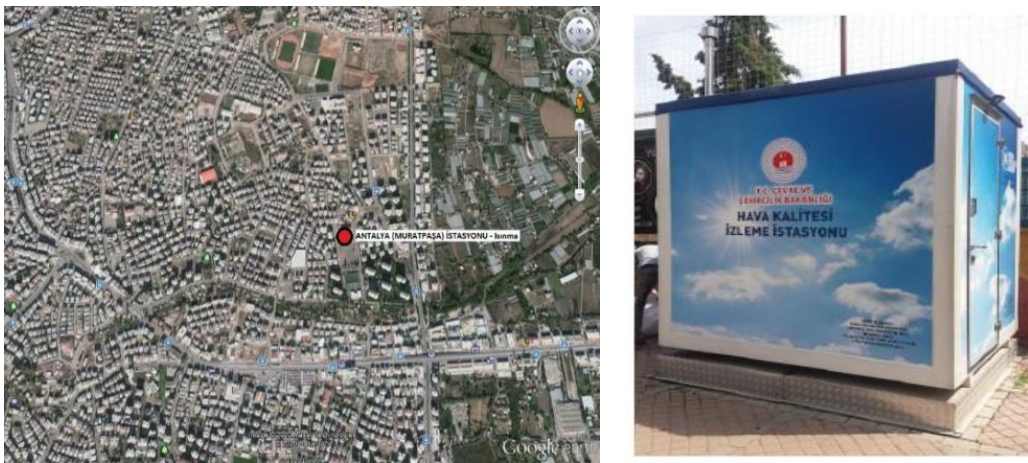
Antalya ili, Kumluca ilçesinde, **36.3185, 30.2873** koordinatlarında sabit halde bulunan istasyon, sanayi kaynaklı atmosfere yayılan hava kirletici verilerin belirli zaman aralıklarla ölçülmesi için kurulmuş olup konum itibariyle; Kumluca Meslek ve Teknik Lisesi okul bahçesi içerisinde, deniz kenarında ve seracılık yapılan bölgede bulunmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Antalya-Kumluca Sanayi istasyonu ve haritası (URL-3.7)

- **4. Antalya-Muratpaşa Ölçüm İstasyonu**

Antalya il merkezinde Muratpaşa ilçesinde, **36.8923, 30.7334** koordinatlarında sabit halde bulunan istasyon, ısınma kaynaklı atmosfere yayılan hava kirletici verilerin belirli zaman aralıklarla ölçülmesi için kurulmuş olup konum itibariyle; yol kenarında, havalimanına 5,5 km, seracılık bölgesine 8 km, organize sanayi bölgesine yaklaşık 22,4 km mesafede bulunmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Antalya-Muratpaşa istasyonu ve haritası (URL-3.7)

- **5. Antalya-Serik Ölçüm İstasyonu**

Antalya ili, Serik ilçesinde, **36.9181, 31.0929** koordinatlarında sabit halde bulunan istasyon, ısınma kaynaklı atmosfere yayılan hava kirletici verilerin belirli zaman aralıklarla ölçülmesi için kurulmuş olup konum itibariyle; Park içerisinde seracılık bölgesine yaklaşık 2 km mesafede bulunmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Antalya-Serik istasyonu ve haritası (URL-3.7)

- **6. Antalya-Manavgat Ölçüm İstasyonu**

Antalya ili, Manavgat ilçesinde, **36.7897, 31.4526** koordinatlarında sabit halde bulunan istasyon, ısınma kaynaklı atmosfere yayılan hava kirletici verilerin belirli zaman aralıklarla ölçülmesi için kurulmuş olup konum itibariyle; bölgedeki Kültür Merkezi'nin güney batı yönünde anayol kenarında bulunmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Antalya-Manavgat istasyonu ve haritası (URL-3.7)



- **7. Antalya-Alanya Ölçüm İstasyonu**

Antalya ili, Alanya ilçesinde, **36.5550, 31.9864** koordinatlarında sabit halde bulunan istasyon, ısınma kaynaklı atmosfere yayılan hava kirletici verilerin belirli zaman aralıklarla ölçülmesi için kurulmuş olup konum itibariyle; bölgedeki spor tesisinin bahçesi içerisinde, anayola 150 metre mesafedeki bir noktada bulunmaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Antalya-Alanya istasyonu ve haritası (URL-3.7)

- **8. Antalya-Gazipaşa Ölçüm İstasyonu**

Antalya ili, Gazipaşa ilçesinde, **36.2810, 32.2872** koordinatlarında sabit halde bulunan istasyon, kentin arka plan atmosfere yayılan hava kirletici verilerin belirli zaman aralıklarla ölçülmesi için kurulmuş olup konum itibariyle; ormanlık alan içerisinde bulunmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Antalya-Gazipaşa istasyonu ve haritası (URL-3.7)

### 3.1.3. Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunda Bulunan Cihazlar ve Ölçüm Yöntemleri

İstasyonlarda bulunan hava kalitesi ölçüm cihazları hakkında bilgiler şu şekildedir.



Şekil 3.12. Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunun dizaynı (URL- 3.8)

- **SÜREKLİ PARTİKÜL MADDE ÖLÇÜM CİHAZLARI**

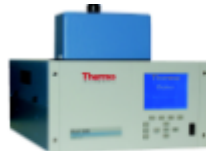
#### 1. Enviorenment SA MP101M



Şekil 3.13. Enviorenment SA MP101M Cihazı (URL- 3.8)

Havadaki toz oranını belirlemede kullanılır. Beta ışınlarını yansıtıcıyla filtre arasında diyafraam yerleştirilerek bir değer elde edilir.

#### 2. Thermo 5014i



Şekil 3.14. Thermo 5014i Cihazı (URL- 3.8)

Sürekli olarak ortamdaki partiküllerin kütle konsantrasyonunu ölçer.

### 3. Metone Bam 1020



Şekil 3.15. Metone Bam 1020 Cihazı (URL- 3.8)

PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> ölçümlerinde, AB standartları ve EPA standartlarına uygun olarak ölçümü gerçekleştirir.

#### • PARTİKÜL MADDE ÖLÇÜM CİHAZLARI

##### 1. Environnement SA PM162M



Şekil 3.16. Environnement SA PM162M Cihazı (URL- 3.8)

Sabit akış hızında olan parçacıklar örneklenir ve gravimetrik tartım ile fizikokimyasal laboratuvar analizi için filtrelerde toplanır.

##### 2. MCZ LVS16



Şekil 3.17. MCZ LVS16 Cihazı (URL- 3.8)

47-50 mm çapındaki membran filtrelerde toz örnekleme için bulunan mikrobilgisayar kontrollü cihazdır.

### 3. LECKEL SEQ 47/50



Şekil 3.18. LECKEL SEQ 47/50 Cihazı (URL- 3.8)

TS EN 12341 ölçüm metoduna göre  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  parametreler ölçülür.

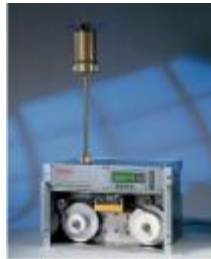
### 4. MCV HVS1



Şekil 3.19. MCV HVS1 Cihazı (URL- 3.8)

140-150 mm çaplı membran filtrelerle gaz toplayarak ölçüm yapılır.

### 5. Thermo Black Carbon Ölçüm Cihazı



Şekil 3.20. Thermo Black Carbon Cihazı (URL- 3.8)

Bu cihaz ışığın filtreden geçirilmesi ile ölçülmektedir ve bu yüzden partikül büyüklüğü, şekli ve yansıma nedeniyle ışığın dağılımından etkilenir.

- **OZON ÖLÇÜM CİHAZLARI**

1. **Environnement 0341M - O342M - O342e**



Şekil 3.21. Environnement 0341M - O342M - O342e Cihazı (URL- 3.8)

Morötesi emilim prensibine göre çalışan, düşük konsantrasyonlar için sürekli ölçüm yapan cihazdır.

2. **Thermo 49i**



Şekil 3.22. Thermo 49i Cihazı (URL- 3.8)

200 ppm'e kadar havadaki ozonu ölçen cihaz bunu UV fotometrik teknolojisi kullanarak yapar.

3. **Teledyne T400**



Şekil 3.23. Teledyne T400 Cihazı (URL- 3.8)

Beer-Lambert yasasına dayanarak (emilen ışık miktarı ile doğru orantılı) ortamdaki düşük ozon miktar aralığını ölçen bir sistemi kullanır.

- **KARBONMONOKSİT ÖLÇÜM CİHAZLARI**

1. **Environnement SA CO12M - CO12e**



Şekil 3.24. Environnement SA CO12M - CO12e Cihazı (URL- 3.8)

Kızılötesi emilim prensiplerine göre çalışarak atmosferdeki özellikle düşük konsantrasyondaki karbonmonoksiti ölçmede kullanılır.

## 2. Thermo 48i



Şekil 3.25. Thermo 48i Cihazı (URL- 3.8)

0-10000 ppm arası, gaz filtre teknolojisini kullanarak atmosferdeki karbonmonoksit miktarını ölçen cihazdır.

## 3. Teledyne T300



Şekil 3.26. Teledyne T300 Cihazı (URL- 3.8)

Absorbe edilmiş kızılötesi enerjiyi Beer-Lambert yasasına göre düşük karbonmonoksit aralıklarını ölçer.

### • AZOTOKSİT ÖLÇÜM CİHAZLARI

#### 1. Environnement SA AC32M - AC32e



Şekil 3.27. Environnement SA AC32M - AC32e Cihazı (URL- 3.8)

Ortam atmosferindeki azotmonoksit, azotdioksit gazlarının düşük konsantrasyonlarını ölçmede kullanılır.

#### 2. Thermo 42i



Şekil 3.28. Thermo 42i Cihazı (URL- 3.8)

Azotdioksit ve azotoksit parametrelerini beş saniyeden daha kısa bir zaman içerisinde sürekli ölçüm yapan bir cihazdır.

### 3. Teledyne T200



Şekil 3.29. Teledyne T200 Cihazı (URL- 3.8)

Son teknoloji elektronikler ile birleştirilmiş kemilüminesans (gerçekleşen reaksiyon sonucu çok az miktarda ışık ve ısı ışıması durumudur.) prensibini kullanarak güvenilir ve doğru düşük seviye ölçümleri gerçekleştirir.

#### • KÜKÜRTDİOKSİT ÖLÇÜM CİHAZLARI

##### 1. Environnement SA AF22M - AF22e



Şekil 3.30. Environnement SA AF22M - AF22e Cihazı (URL- 3.8)

Morötesi ışıklarda bulunan flüoresansı ölçüm prensibe dayanarak sülfüroksit için sürekli ölçüm yapar.

##### 2. Thermo 43i



Şekil 3.31. Thermo 43i Cihazı (URL- 3.8)

Atmosferdeki 100 ppm'e kadar olan kükürtdioksit miktarını UV flüoresans teknolojisini kullanarak ölçer.

### 3. Teledyne T100



Şekil 3.32. Teledyne T100 Cihazı (URL- 3.8)

UV flüoresans prensibini kullanarak düşük konsantrasyonlardaki kükürtdioksit ölçümlerini güvenilir, doğru ve kolay şekilde gerçekleştirir.

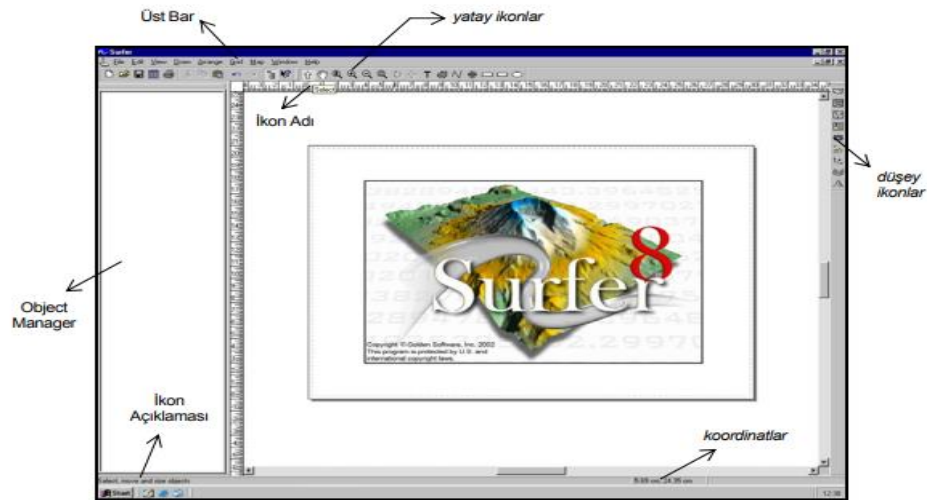
- Gaz analizörlerinin özellikle otomatik ölçüm yapan cihazların son nokta ve sıfır doğrulamasını sağlamak, konsantrasyon ayarını yapmak için kalibrasyon sistemi kullanılmalı bunun için istasyonlarda ayrıca kalibrasyon sistemi de bulunmaktadır.

- **Ölçümlerde Kullanılan Uluslararası Standartlar** (URL- 3.9)

1. PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> için; gravimetrik yöntemde kullanılan ölçüm metodu: TS EN 12341:2014 ve EPA40CFRPART50'dir.
2. PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> için; beta ışını absorpsiyon yöntemde kullanılan ölçüm metodu: TS ISO10473 ve EPA40CFRPART50'dir.
3. O<sub>3</sub> için; ultraviyole fotometri yöntemde kullanılan ölçüm metodu: TS EN14625
4. NO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> için; kimyasal lüminesans yöntemde kullanılan ölçüm metodu: TSEN14211
5. SO<sub>2</sub> için; ultraviyole floresans yöntemde kullanılan ölçüm metodu: TSEN14212
6. CO için; dalga boyu ayırmasız infrared spektrokopi (IR Absorsiyon) yöntemde kullanılan ölçüm metodu: TSEN14626

### 3.2. Modelleme ve Grafik Programı Surfer

Golden software şirketinin oluşturduğu, farklı noktalardaki kaydedilmiş dağınık verilerin ızgara tabanlı, iki boyutlu kontur haritaları ve üç boyutlu yüzey haritalarının oluşturulması için kullanılan bir modelleme programıdır (POLAT, 2002). Şekil 3.12'de Golden software Surfer programının açılış görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.33 Surfer programı açılış görüntüsü (POLAT, 2002)



- Toplanan verilerin hassasiyetini koruyarak en doğru şekilde yüksek kalitede görselleştirmektedir. Bunun için XY konumunu ve bununla ilgili Z değerini kullanarak yapmaktadır.
- Düzensiz aralıklı verilerin ızgara yöntemiyle düzenli aralıklı interpolasyon (Herhangi bir serideki eksikliğin matematiksel yöntemle hesaplanarak geliştirilmesidir.) yapan bir haritalama programıdır (Dursun,2022).
- Eşyükselti eğrisi, üç boyutlu yüzey, renk kabartma gibi birçok seçeneği olan harita türlerinden oluşmaktadır.
- Çalışmada kullanılacak harita türü Contour Map (eş yükselti eğrisi)'dir. Çalışma tablosunda XYZ şeklinde hazırlanan verileri gridleyerek tüm istatistiksel hesaplamalar yapıldıktan sonra harita türü seçilerek grafik oluşturulmuş olur.
- Haritayı ilgili konu için daha okunabilir anlamlı şekle getirmek için birçok kişiselleştirme seçenekleri bulunmaktadır. Konu ile ilgili istenilen düzenleme ve özelleştirmeler yapıldıktan sonra istenilen haritaya ortaya çıkmış olacaktır.
- Bu seçenekler; kesitler- büyüteçler- ölçek çubukları- çoklu eksen- doğrusal veya logaritmik renk ölçekleri- birden çok haritayı birleştirmek- metin- çizgi- dolgu-sembol özellikleri gibi düzenlemelerden oluşmaktadır (URL-3.10).
- Ayrıca; oluşturulan haritaları koordinat sistemini ayarladıktan sonra dışarı aktar butonu ile Google earth de konumsal olarak göstermekte mümkündür.

### 3.2.1. Kriging Yöntemi

Bir bölgenin hava kalitesini belirlemek için birçok çalışma yapılmış, hava kirliliği seviyeleri ölçülüp değerlendirme yapılmıştır. Bu çalışmaların maksadı, kirletici kaynakların yönetmelik sınır değerlerini aşmasına engel olabilmek için çözüm önerileri sunmaktır.

Hava kalitesini belirlemek için kullanılan yöntemlerden biri de kriging yöntemidir. Kriging yöntemi, alansal olarak kullanılan tahminsel, jeostatistik bir interpolasyon yöntemidir.

Ölçümü yapan istasyonların yerleri ile Bakanlıktan alınan veriler arasında ağırlıklı ortalama yöntemine benzer bir şekilde yakınlarındaki noktalardan daha fazla etkilenmeyi sağlayan bir modeldir.

XYZ verisinden doğruluk payı yüksek bir grid alanı elde etmek için gerekli olan parametreler, kriging tekniği ile Surfer programında verilerin gridlenmesi önceden tanımlanma olduğundan hemen başlatılabilir.

Yöntemde, gridleme için interpolasyon algoritması kullanılmaktadır. Bu da Z değerini belirlemede ağırlıklı ortalama değerlerini kullanıldığı anlamına gelmektedir. İnterpolasyon sırasında ağırlık ortalama faktörlerin nasıl hesaplandığı ve veri noktalarına nasıl uygulandığını anlamak için 3.1.'de yöntemin kullandığı denklem gösterilmektedir (URL-3.11).

$$G_j = \sum_{i=1}^N w_{ij} Z_i \quad (3.1)$$

Denklemden;

- $G_j$  : Veri değerlerinin ağırlıklı ortalaması,
- $N$ : İnterpolasyon yapabilmek için kullanılan nokta sayısını,
- $Z_i$ : Noktalardaki Z değerini,
- $w_{ij}$ : Hesaplama sırasında data değeriyle olan ilişkili ağırlığı ifade etmektedir.

Ayrıca gridleme kullanıcının kontrolünde de yapılabilir. Kriging ile daha önce hazırlanan bir modelden kaydedilmiş XYZ verisinden örnek olarak yeniden gridleme yapılabilir (Aydoğan,2019).

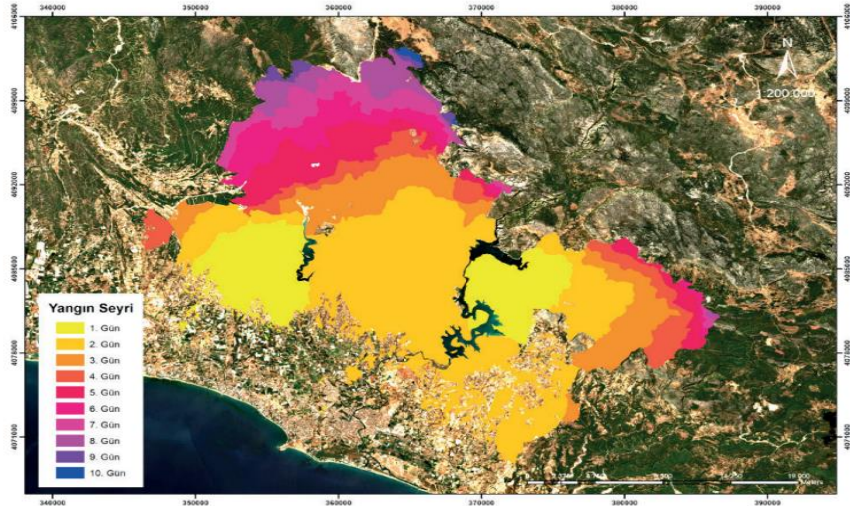
Zaman serileri ile seçilen tarihler için hava kalitesi ölçüm istasyonlardan alınan veriler kullanılarak tüm Antalya ili ve özellikle Manavgat İlçesinde meydana gelen 28/07/2021-06/08/2021 tarih arasındaki yangınlara ait değerlerin ne olabileceği kriging yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Ocak 2021-Aralık 2021 tarihleri arasında ölçülmüş değerlerin maximum/minimum olarak karşılaştırılması yapılarak elde edilen verilerle kriging yöntemi kullanılarak zamansal ve alansal grafikler oluşturulmuştur.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Antalya İli Orman Yangınları

- Tez çalışması alanı olan Antalya İli Manavgat ilçesinde meydana gelen yangın için yapılan değerlendirme sonucunda, yangının 10 gün sürdüğü (28 Temmuz – 6 Ağustos 2021) ve yaklaşık 55 bin hektarlık alanı etkilediği ve bunun yaklaşık %55'i, ilk iki günde gerçekleştiği görülmüştür.
- Manavgat ilçesi yaklaşık 2.283 km<sup>2</sup> yerleşim alanını kapsamakta olup 245740 nüfusa sahip, doğuda Serik ilçesi, batıda İbradi, Akseki, Gündoğmuş ve Alanya ilçeleri ile komşu olup, kuzeyinde Isparta ili bulunmaktadır.
- Manavgat ilçesi için şiddetli poyrazın 28/29 Temmuz günlerinde etkisinin olduğu, ortalama saatlik bağıl nemin %6'ya düştüğü ve hava sıcaklığının 41°C'ye yükseldiği belirlenmiştir (MGM, 2021). Şekil 4.1'de Antalya İli Yangın Seyrinin uzaydan çekilmiş fotoğrafı görülmektedir.

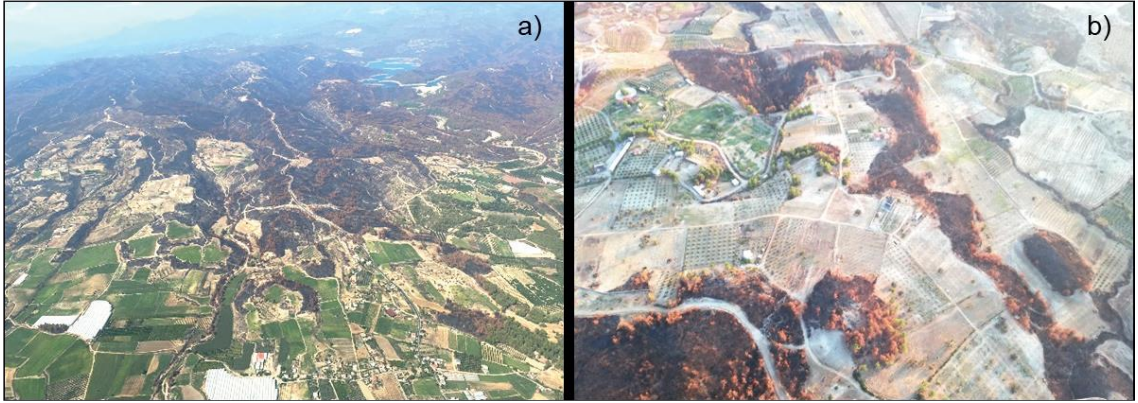


Şekil 4.1. Antalya İli Yangın Seyri (MGM,2021)

- Antalya İli Manavgat İlçesinde meydana gelen yangın gibi; rüzgarların kuru ve yüksek hızlarda, nemin fazla düşük seyrettiği anlarda başlayan ve çoğalan yangınların şiddetinin artmasıyla çok fazla sayıda nokta yangın oluşmaktadır. Bu durum, yangının yayılmasına ve yangın hattının hızla genişlemesine neden olmaktadır. Yangının birinci ve ikinci gününde şiddetli poyrazında etkisiyle yerleşim yerleri, ağaçlık alanlar ve tarım arazileri etkilenmiştir. Rüzgarın etkisiyle hava kirliliği etkileyen kirleticiler denize doğru dağılım göstermiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Türkiye'nin Akdeniz ve Ege kıyılarında çıkan orman yangınlarının uydudan çekilmiş fotoğrafı (Url 4-1)



Şekil 4.3. Antalya/Manavgat ilçesinde oluşan yangın sonucu etkilenen alanlar (Kavzoğlu, 2021).

- Atmosferdeki nemin azalması, rüzgârların kurutucu etkisi, ölü yanıcı madde neminin hızla azalmasına yol açmış ve yapılan hesaplamada (Bilgili vd.,2019) yanıcı madde neminin %3'lere kadar düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, 28 Temmuz'da Meteorolojik Yangın İndeksi (MYİ) değeri 99'a ulaşmış ve gün ortalaması değeri 87 olarak belirlenmiştir (TOVAG, 2021) (Tablo 4.1).
- Yangının başlamasından yaklaşık iki gün sonra güney-güneydoğu yönünden keşişleme ve kible rüzgarları esmeye başlamıştır (Tablo 4.1).
- İlerleyen dönemde bağıl ve yanıcı madde neminin artması, rüzgar hızının ise azalmasıyla yangının dağılma oranı da azalmıştır.

Tablo 4.1. Manavgat İlçesinde Yangın döneminde; Nem, ve Hakim Rüzgâr Yönünün Günlük Değişimi (TOVAG, 2021)

Gün	Tarih (10:00-18:00 Saatleri)	Ortalama İnce Ölü Yanıcı Madde Nemi (%)	Hakim Rüzgar Yönü	Ortalama Meteorolojik Yangın İndeksi (MYİ)	Yorum*
1	28.07.2021	2,6	Yıldız-Poyraz	87	Çok yüksek
2	29.07.2021	5,4	Yıldız-Poyraz	60	Yüksek
3	30.07.2021	5,9	Keşişleme-Gündoğusu	56	Orta
4	31.07.2021	6,5	Keşişleme	53	Orta
5	01.08.2021	7,3	Keşişleme-Kıble	50	Orta
6	02.08.2021	6,4	Keşişleme-Kıble	53	Orta
7	03.08.2021	7,0	Keşişleme-Kıble	52	Orta
8	04.08.2021	8,4	Keşişleme-Kıble	48	Orta
9	05.08.2021	11,5	Keşişleme	39	Düşük
10	06.08.2021	11,8	Keşişleme-Gündoğusu	39	Düşük

\*MYİ Sisteminin sağladığı yangın risk ve tehlike potansiyelini ifade etmektedir. Yangın risk ve tehlike potansiyeli: Çok Yüksek ( $MYİ > 75$ ), Yüksek ( $75 \geq MYİ \geq 60$ ), Orta ( $59 \geq MYİ \geq 41$ ), Düşük ( $40 \geq MYİ \geq 20$ ), Çok Düşük ( $19 \geq MYİ$ ).

Yangın esnasında düşük, orta/düşük şiddetli seviyede yanmış alanlar arasında yaklaşık 3 kilometrekarelik bir fark görülürken, orta/yüksek şiddetli seviyede yanmış alanların yaklaşık 5.775 hektar belirlenmiştir.

30 Temmuz 2021 tarihinde yüksek yanma şiddetine sahip alanların, tüm yanmış alanların yaklaşık %47'sini oluşturduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

28 Temmuz 2021 tarihinde başlayan yangının ise iki günlük süre içerisinde 28.327 ha ile Manavgat ilçesindeki ormanlık alanların yaklaşık %35'inde etkisinin olduğu belirlenmiştir (Kavzoğlu, 2021).

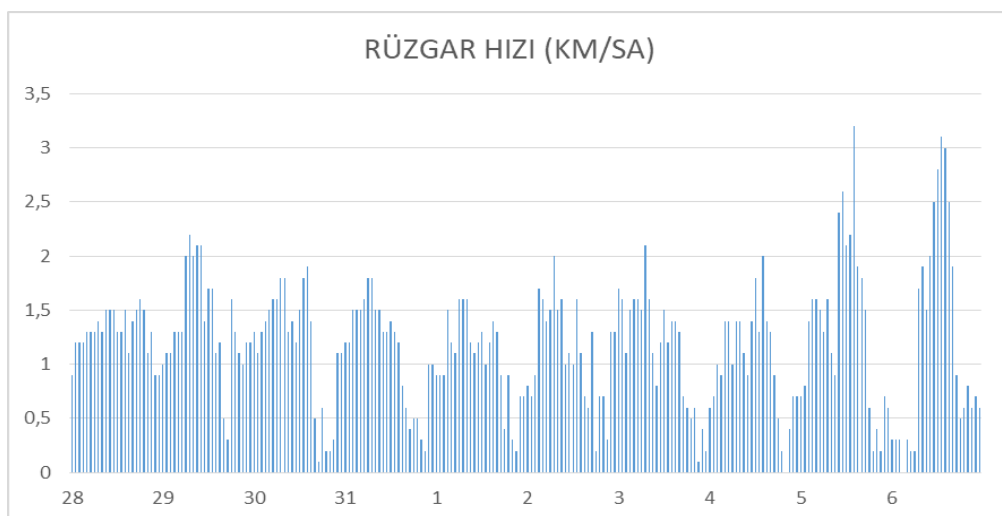
14 Ağustos tarihli Fark Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti (dNBR) indeks haritası (*Yanma şiddetinin belirlenmesinde; yangın sonrası ve öncesi NBR (Normalize edilmiş yanma şiddeti) indeks değerleri kullanılıp hesaplanarak oluşturulan dNBR (Çolak E., Sunar F.) indeksi özellikle Akdeniz tipi ormanlık alanlarında uygun bir ölçek olduğu görülmektedir (Vlassova vd., 2014)*) değerlendirildiğinde; tüm yanma şiddetine karşılık gelen alanlarda 30 Temmuz 2021 tarihindeki verilere göre artış gözlemlenmiştir (Tablo 4.2).

Yangının tamamen kontrol altına alınmasından sonra orman yangınının toplamda 47.824 ha alanda hasar meydana geldiği görülmektedir. Değerlendirme sonucunda ise, toplam yanmış alanın %41'lik kısmı olan 19.497 hektarlık alan 30 Temmuz 2021 tarihinden sonraki zamanda yanmıştır. Ayrıca, 30 Temmuz 2021 tarihinde yanan alanlar Manavgat ilçe sınırlarında kalmış olup, toplam yangın alanın yaklaşık %90'ı (43.082 ha) burada gerçekleşmiştir. Yangın sonrasında ise Antalya'nın İbradi ilçesinde 511 ha ve Akseki ilçesinde ise 4.231 ha'lık alanda etkisinin olduğu görülmüştür (Kavzoğlu,2021).

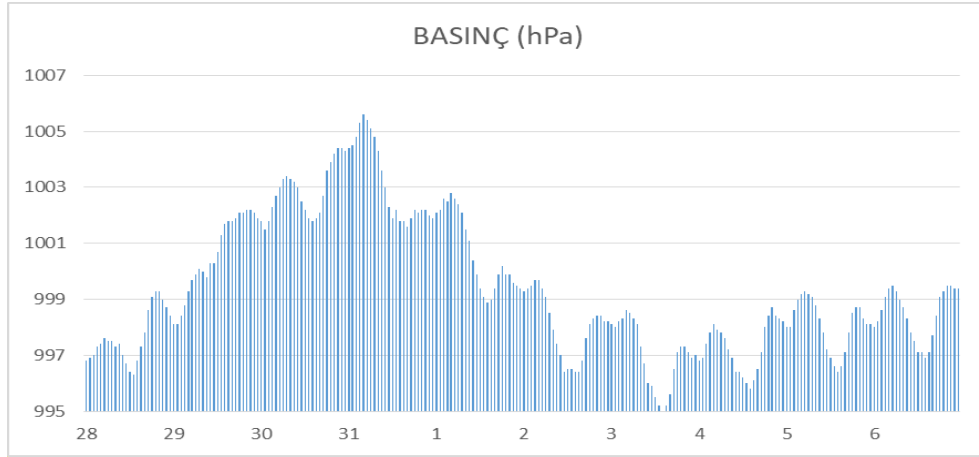
Tablo 4.2. Manavgat Yangınına ait yanan alan miktarları (Kavzoğlu,2021)

Tarih	Yanma Şiddeti	Yanan Alan (ha)	Toplam Yanan Alan (ha)
30.07.2021 (Yangın Esnası)	Düşük	4.852,90	28.327
	Orta/Düşük	4.539,94	
	Orta/Yüksek	5.774,09	
	Yüksek	13.160,26	
14.08.2021 (Yangın Sonrası)	Düşük	4.905,91	47.824
	Orta/Düşük	6.894,36	
	Orta/Yüksek	10.256,43	
	Yüksek	25.764,72	

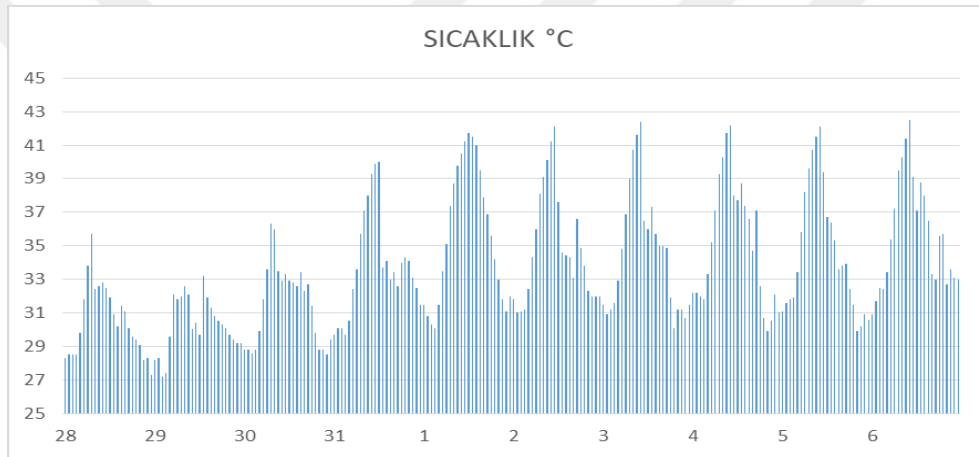
➤ Yangın dönemine ait Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan veriler (rüzgar hızı, basınç, sıcaklık, nispi nem, yağış) ise aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir. Yangın döneminde rüzgâr hızının düşük seyirlerde olduğu yağışın hiç olmadığı görülmektedir. En yüksek sıcaklık yangın döneminin sonlarına doğru 44,1°C yi görmüştür (Şekil 4.5). Nispi nemin ise yangın dönemin ortalarına doğru 2'lere kadar düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 4.6).



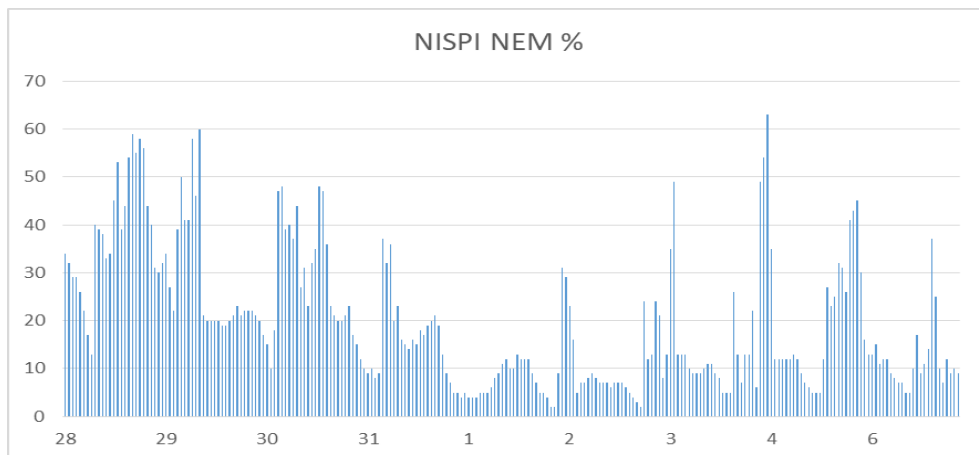
Şekil 4.3. Antalya İlinde 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihleri arası rüzgâr hızı



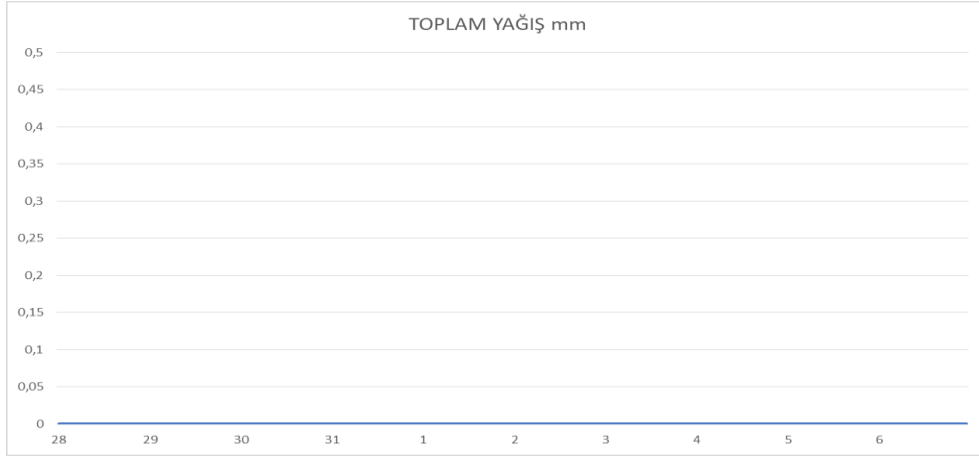
Şekil 4.4. Antalya İlinde 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihleri arası basınç



Şekil 4.5. Antalya İlinde 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihleri arası sıcaklık

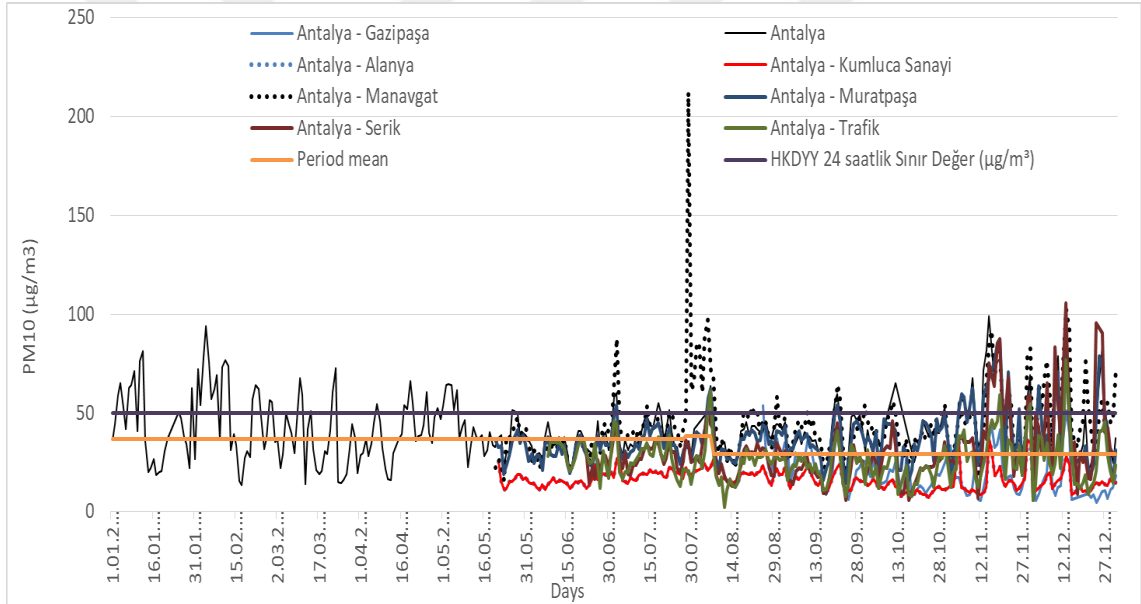


Şekil 4.6. Antalya İlinde 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihleri arası nispi nem



Şekil 4.7. Antalya İlinde 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihleri arası yağış

## 4.2. Hava Kirlenici Parametre Verilerin Değerlendirilmesi



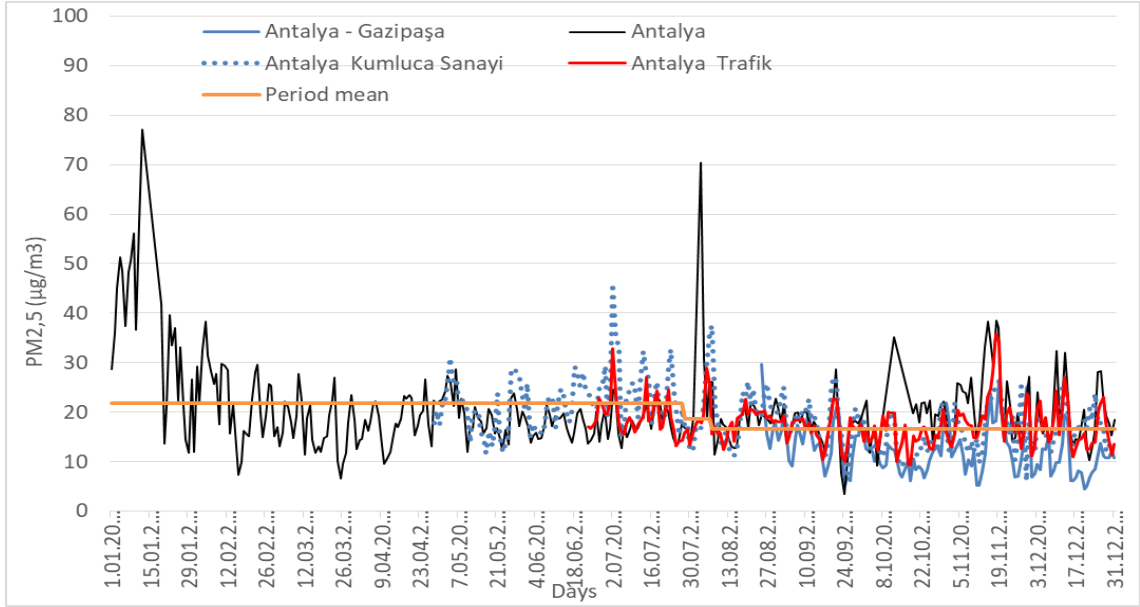
Şekil 4.8. 2021 yılı içinde  $PM_{10}$  parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği

İzleme istasyonlarının  $PM_{10}$  parametresi için ölçüm yapmadığı saatler hariç; özellikle yangının çıktığı Manavgat ilçesinde yangın dönemi olan 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihlerinde ulusal sınır değerlerinin üzerine çıktığı görülmektedir.

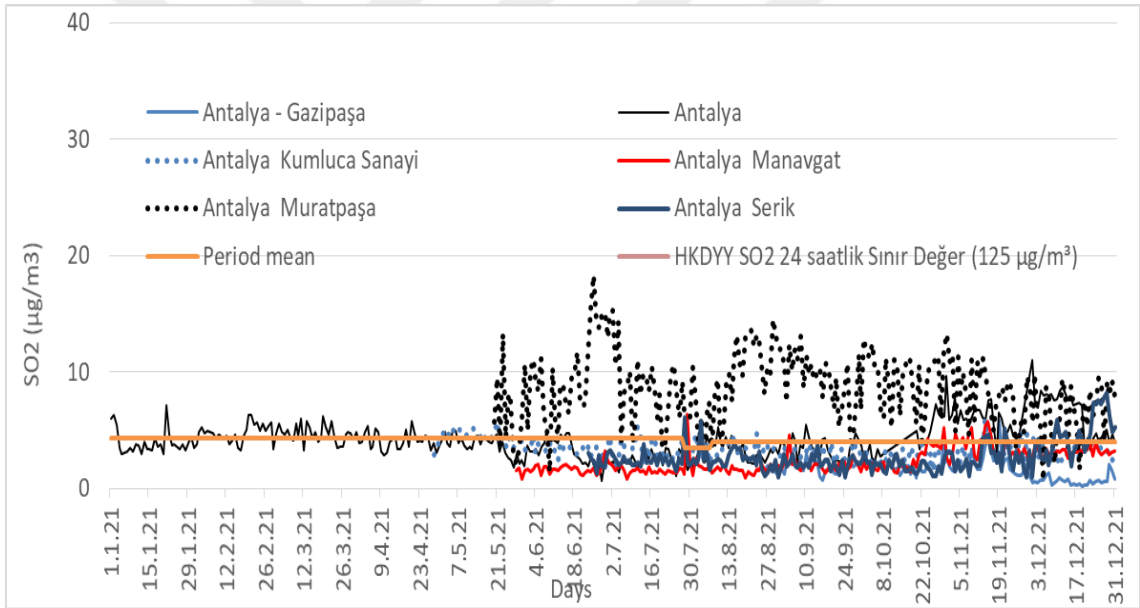
Bu değer 29 Temmuz 2021 tarihinde günlük ortalama değerinin  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den fazla olması hava kalitesi indeksine (Tablo 1.3) göre hassas kısımda yer alması sağlık etkilerinin oluşabileceği göstermektedir (Şekil 4.8).

$PM_{2,5}$  parametresi kış ayında ve yangın döneminde merkezde yer alan ölçüm istasyonunda belirli günlerde yükseldiği Şekil 4.9'de görülmektedir.



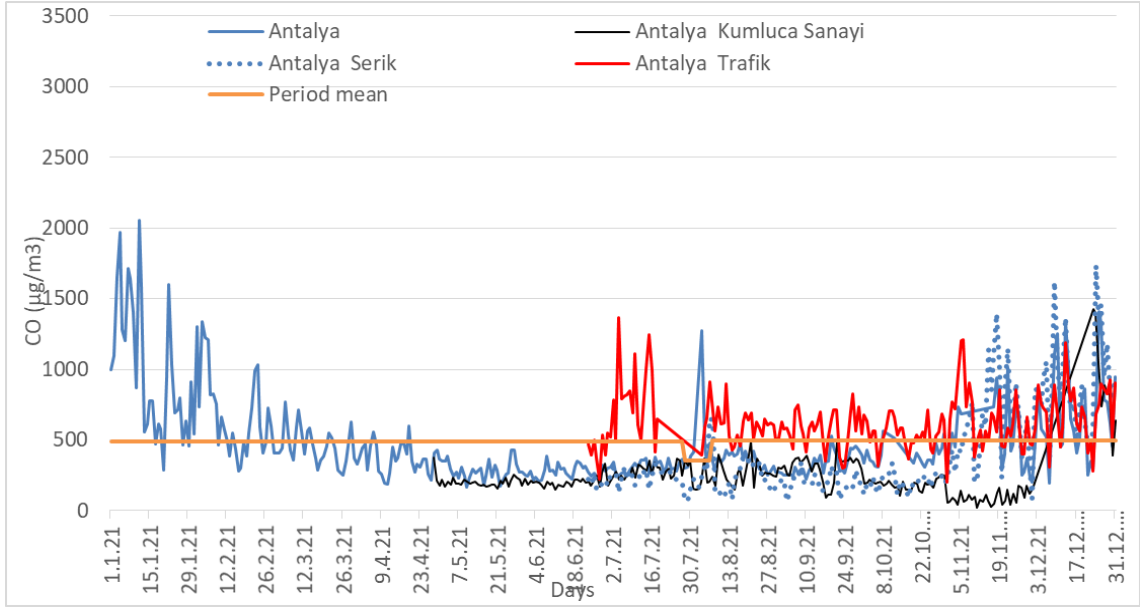


Şekil 4.9.2021 yılı içinde **PM<sub>2,5</sub>** parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği



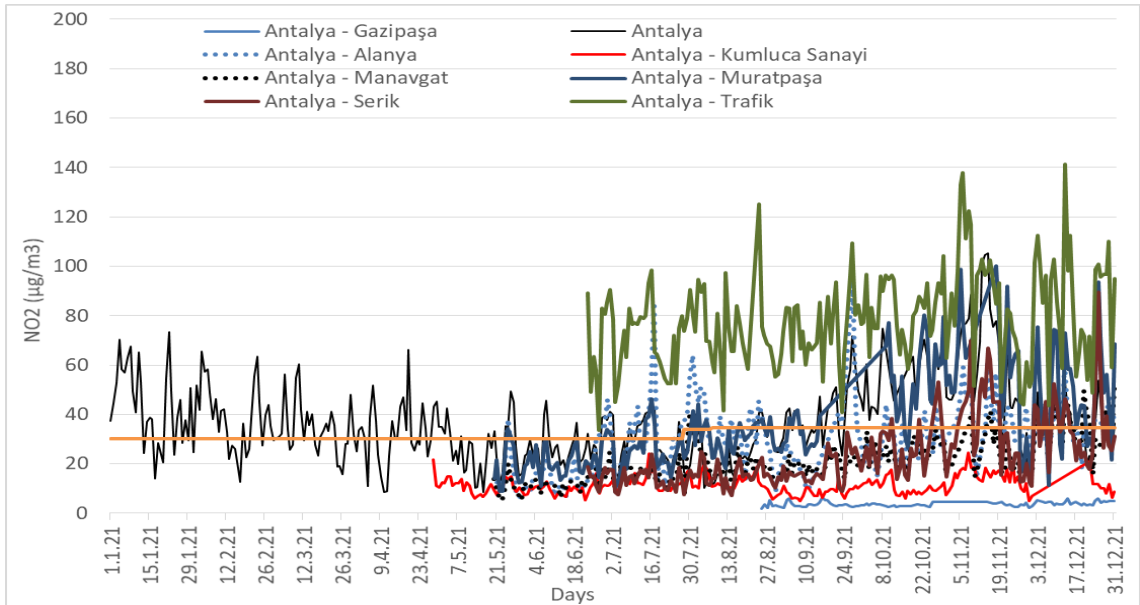
Şekil 4.10. 2021 yılı içinde **SO<sub>2</sub>** parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği

Şekil 4.10 incelendiğinde, izleme istasyonlarının ölçüm yapmadığı saatler hariç; SO<sub>2</sub>'nin Antalya Muratpaşa'da yükseldiği fakat sınır değerinin çok altında kaldığı; özellikle yangının meydana geldiği Manavgat ilçesinde SO<sub>2</sub> değerinin diğer bölgelere göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Özellikle kükürt içeren kömür ve petrolün yanmasıyla oluşan bu hava kirletici parametresi ölçüm değerlerinin düşük olması, ilgili bölgelerde SO<sub>2</sub> hava kirletici kaynaklarının kirlilik oluşturacak derecede olmadığı sonucuna varabiliriz.



Şekil 4.11. 2021 yılı içinde CO parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği

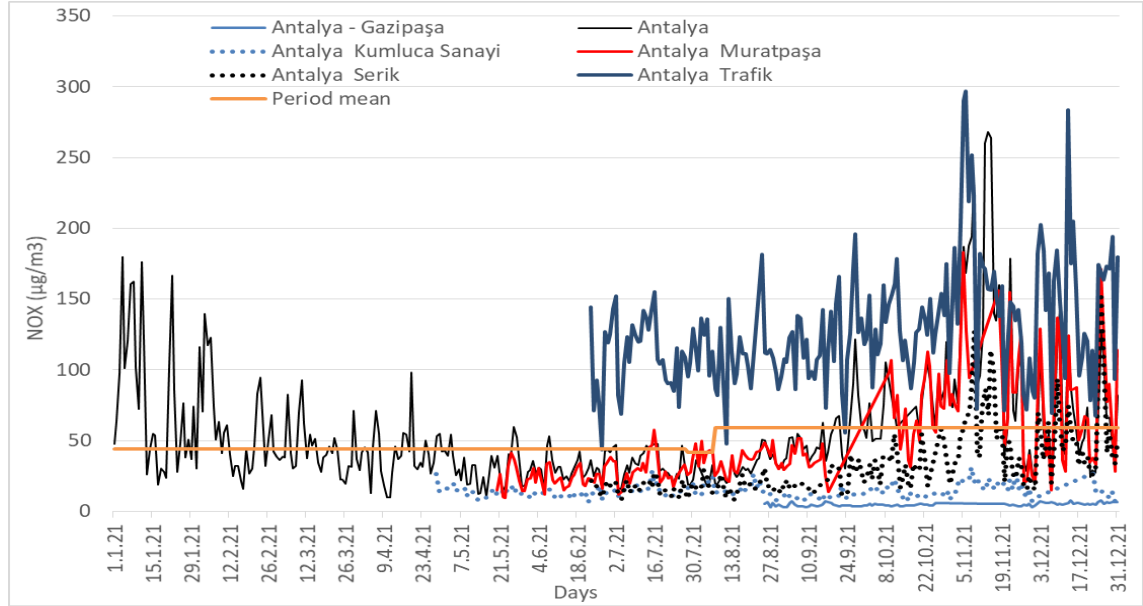
Şekil 4.11' de, izleme istasyonların ölçüm yapmadığı saatler hariç; CO'nin trafiğin yoğun olduğu ve kış mevsimi dönemlerinde yükseldiği, yangın dönemi olan 28 Temmuz 2021- 06 Ağustos 2021 tarihlerinde ise belli saatlerde yükselmiş olup, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde CO'nin  $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  8 saatlik sınır değerinin çok altında kaldığı görülmektedir.



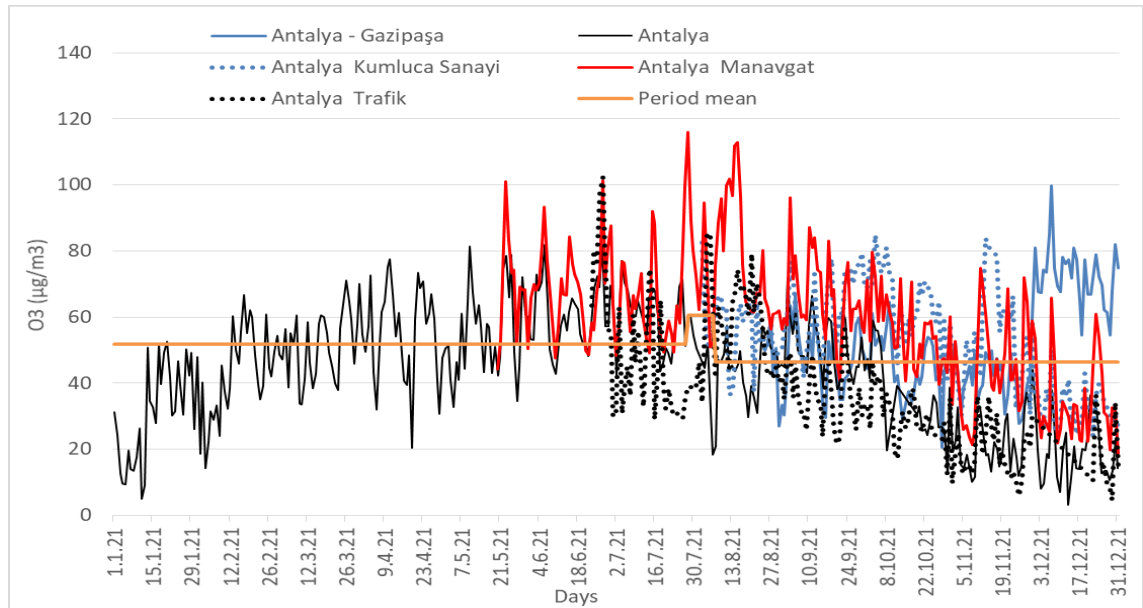
Şekil 4.12. 2021 yılı içinde NO<sub>2</sub> parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde  $\text{NO}_2$  ve  $\text{NO}_x$  parametrelerin yıllık sınır değeri sırasıyla  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'dir. Şekil 4.12'ye göre günlük verilerin yıllık ortalaması alındığında Antalya Trafik istasyonu hariç sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir.

Şekil 4.13'e göre günlük verilerin yıllık ortalaması alındığında Antalya Gazipaşa ve Antalya Kumluca Sanayi istasyonları hariç diğer istasyon ölçümlerin sınır değerini aştığı görülmektedir.



Şekil 4.13. 2021 yılı içinde  $\text{NO}_x$  parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği



Şekil 4.14. 2021 yılı içinde  $\text{O}_3$  parametresi için istasyonlardan elde edilen günlük ortalama değer grafiği

Şekil 4.14 incelendiğinde, 8 saatlik ortalama ulusal sınır değeri  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  aşmadığı ancak özellikle yangının çıktığı Manavgat ilçesinde yangın döneminde  $\text{O}_3$  değerinin yükseldiği tespit edilmiştir.

#### 4.3. 01.01.2021- 31.12.2021 Arası Aylık Ortalama Parametre Verileri

Tablo 4.3 - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası partikül madde ( $\text{PM}_{10}$ ) verilerin aylık ortalaması (havaizleme.gov.tr, 2022)

$\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antalya - Gazipaşa	Antalya	Antalya - Alanya	Antalya - Kumluca Sanayi	Antalya - Manavgat	Antalya - Muratpaşa	Antalya - Serik	Antalya - Trafik
Oca.21		43,16						
Şub.21		51,89						
Mar.21		35,14						
Nis.21		39,86						
May.21		41,72	16,56	16,56	34,88	33,08		
Haz.21		33,95	15,12	15,12	32,07	30,02	23,21	28,83
Tem.21		39,87	19,31	19,31	50,69	35,50	28,95	26,71
Yangın Dönemi		43,98	21,38	21,38	87,49	39,98	34,48	30,09
Ağu.21	32,61	39,45	19,05	19,05	48,78	36,80	27,56	25,27
Eyl.21	23,52	37,20	16,13	16,13	38,95	34,92	22,00	23,36
Eki.21	17,63	38,66	11,64	11,64	40,64	35,84	22,77	20,37
Kas.21	21,72	53,99	17,09	17,09	50,13	47,75	41,89	31,66
Ara.21	16,04	43,37	14,56	14,56	53,37	38,90	43,83	26,77
<b>Yıllık ortalama</b>	<b>22,30</b>	<b>41,52</b>	<b>16,18</b>	<b>16,18</b>	<b>43,69</b>	<b>36,60</b>	<b>30,03</b>	<b>26,14</b>

Not: Yangın dönemi: 28/07/2021 – 06/08/2021 tarihleri arasındaki 10 günlük dönemdir.

Tablo 4.4 - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası aylık partikül madde ( $\text{PM}_{10}$ ) limit aşım gün sayıları

$\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antalya - Gazipaşa	Antalya	Antalya - Alanya	Antalya - Kumluca Sanayi	Antalya - Manavgat	Antalya - Muratpaşa	Antalya - Serik	Antalya - Trafik
Oca.21		10						
Şub.21		16						
Mar.21		5						
Nis.21		7						
May.21		8						
Haz.21								
Tem.21		5			6	1		
Yangın Dönemi		2			9	2	1	2
Ağu.21	1	2			11	2	1	2
Eyl.21		2			4	1		
Eki.21		2			5			
Kas.21	2	17			13	13	8	2
Ara.21	1	9			17	7	8	2
<b>Yıllık ortalama</b>	<b>4</b>	<b>85</b>			<b>65</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>8</b>

Not: Yangın dönemi: 28/07/2021 – 06/08/2021 tarihleri arasındaki 10 günlük dönemdir.

Tablo 4.5 - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası partikül madde ( $PM_{2,5}$ ) verilerin aylık ortalaması

PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Antalya - Gazipaşa	Antalya	Antalya Kumluca Sanayi	Antalya Trafik
Oca.21		36,10		
Şub.21		22,97		
Mar.21		16,74		
Nis.21		18,24	18,55	
May.21		19,35	20,65	
Haz.21		17,09	21,97	19,19
Tem.21		17,97	23,55	18,75
Yangın Dönemi		26,54	19,70	18,89
Ağu.21	18,14	20,75	20,34	18,68
Eyl.21	13,85	17,03	17,80	16,59
Eki.21	10,90	19,24	13,73	15,27
Kas.21	13,89	23,19	16,95	19,57
Ara.21	9,94	18,66	16,41	16,72
<b>Yıllık ortalama</b>	<b>13,34</b>	<b>20,61</b>	<b>18,88</b>	<b>17,82</b>

Not: Yangın dönemi: 28/07/2021 – 06/08/2021 tarihleri arasındaki 10 günlük dönemdir.

Tablo 4.6 - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası kükürtdioksit ( $SO_2$ ) verilerin aylık ortalaması

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Antalya Gazipaşa	Antalya	Antalya Kumluca Sanayi	Antalya Manavgat	Antalya Muratpaşa	Antalya Serik
Oca.21		3,94				
Şub.21		4,82				
Mar.21		4,68				
Nis.21		4,06	3,46			
May.21		3,68	4,46	1,42	6,48	
Haz.21		3,20	3,33	1,74	9,59	2,38
Tem.21		2,44	3,33	1,72	8,49	2,52
Yangın Dönemi		2,84	3,29	2,27	6,32	3,08
Ağu.21	1,62	3,38	3,32	1,69	9,41	2,50
Eyl.21	1,87	3,42	3,11	2,02	9,28	2,20
Eki.21	2,02	4,52	2,76	2,50	9,56	1,98
Kas.21	2,20	5,86	3,41	3,60	8,08	2,66
Ara.21	0,69	6,50	3,24	3,20	6,54	4,57
<b>Yıllık ortalama</b>	<b>1,68</b>	<b>4,21</b>	<b>3,38</b>	<b>2,24</b>	<b>8,43</b>	<b>2,69</b>

Not: Yangın dönemi: 28/07/2021 – 06/08/2021 tarihleri arasındaki 10 günlük dönemdir.

Tablo 4.7 - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası karbonmonoksit (CO) verilerin aylık ortalaması

CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antalya	Antalya Kumluca Sanayi	Antalya Serik	Antalya Trafik
Oca.21	998,60			
Şub.21	690,54			
Mar.21	450,45			
Nis.21	368,28	256,26		
May.21	282,60	198,51		
Haz.21	279,17	201,09	196,94	429,96
Tem.21	317,22	280,27	235,21	803,01
<b>Yangın Dönemi</b>	<b>495,66</b>	<b>246,90</b>	<b>240,26</b>	<b>637,57</b>
Ağu.21	390,56	266,17	257,12	599,48
Eyl.21	334,55	309,32	200,66	571,43
Eki.21	391,01	182,72	205,05	537,68
Kas.21	544,83	92,84	638,07	655,59
Ara.21	688,01	832,71	877,48	693,38
<b>Yıllık ortalama</b>	<b>477,99</b>	<b>291,10</b>	<b>372,93</b>	<b>612,93</b>

Not: Yangın dönemi: 28/07/2021 – 06/08/2021 tarihleri arasındaki 10 günlük dönemdir.

Tablo 4.8 - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası azotdioksit ( $\text{NO}_2$ ) verilerin aylık ortalaması

$\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antalya Gazipaşa	Antalya	Antalya Alanya	Antalya Kumluca Sanayi	Antalya Manavgat	Antalya Muratpaşa	Antalya Serik	Antalya Trafik
Oca.21		43,30						
Şub.21		39,21						
Mar.21		33,80						
Nis.21		32,39		14,42				
May.21		25,49	15,28	10,67	10,23	19,69		
Haz.21		27,44	17,35	9,70	12,32	21,67	14,78	67,80
Tem.21		28,36	31,76	12,83	17,29	26,03	13,87	71,63
<b>Yangın Dönemi</b>		<b>19,53</b>	<b>45,98</b>	<b>14,84</b>	<b>26,79</b>	<b>32,79</b>	<b>15,41</b>	<b>81,26</b>
Ağu.21	3,13	23,16	32,34	12,26	20,07	30,90	15,28	72,57
Eyl.21	3,59	40,19	28,50	8,64	19,81	31,86	17,90	74,60
Eki.21	3,25	55,29	28,01	10,50	24,24	55,65	26,28	81,88
Kas.21	3,57	59,85	38,23	15,03	25,12	57,34	35,04	85,68
Ara.21	4,34	33,90	36,12	10,84	34,27	47,52	34,82	85,10
<b>Yıllık ortalama</b>	<b>3,58</b>	<b>36,87</b>	<b>28,45</b>	<b>11,65</b>	<b>20,42</b>	<b>36,33</b>	<b>22,57</b>	<b>77,04</b>

Not: Yangın dönemi: 28/07/2021 – 06/08/2021 tarihleri arasındaki 10 günlük dönemdir.

Tablo 4.9 - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası azotoksit ( $\text{NO}_x$ ) verilerin aylık ortalaması

$\text{NO}_x$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antalya Gazipaşa	Antalya	Antalya Kumluca Sanayi	Antalya Muratpaşa	Antalya Serik	Antalya Trafik
Oca.21		78,13				
Şub.21		59,52				
Mar.21		43,22				
Nis.21		40,33	18,34930556			
May.21		30,27	13,68	23,01		
Haz.21		31,57	12,17	24,55	17,16	99,96
Tem.21		32,60	15,30	29,76	16,45	113,28
Yangın Dönemi		23,88	17,96	38,08	18,03	114,65
Ağu.21	4,68	30,50	15,15	36,81	18,20	108,31
Eyl.21	4,32	53,24	10,95	36,61	21,96	118,86
Eki.21	4,54	75,66	13,31	73,56	32,62	130,78
Kas.21	4,62	124,88	18,63	89,28	52,77	156,90
Ara.21	5,90	64,81	12,99	74,67	52,70	147,99
<b>Yıllık ortalama</b>	<b>4,81</b>	<b>55,39</b>	<b>14,50</b>	<b>48,53</b>	<b>30,27</b>	<b>125,15</b>

Not: Yangın dönemi: 28/07/2021 – 06/08/2021 tarihleri arasındaki 10 günlük dönemdir.

Tablo 4.10 - Ölçüm İstasyonlarından elde edilen, 01 Ocak 2021- 31 Aralık 2021 arası ozon ( $\text{O}_3$ ) verilerin aylık ortalaması

$\text{O}_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antalya Gazipaşa	Antalya	Antalya Kumluca Sanayi	Antalya Manavgat	Antalya Trafik
Oca.21		31,21			
Şub.21		42,19			
Mar.21		51,70			
Nis.21		55,39			
May.21		55,55		68,27	
Haz.21		60,76		69,40	76,53
Tem.21		59,04		67,77	41,80
Yangın Dönemi		47,35	61,92	76,71	51,53
Ağu.21	45,15	43,62	55,99	75,35	57,65
Eyl.21	47,95	51,59	62,93	66,43	36,83
Eki.21	44,90	35,36	63,86	56,57	29,69
Kas.21	41,78	22,10	54,54	44,89	19,11
Ara.21	72,53	18,93	32,62	33,70	17,47
<b>Yıllık ortalama</b>	<b>50,46</b>	<b>43,95</b>	<b>53,99</b>	<b>60,30</b>	<b>39,87</b>

Not: Yangın dönemi: 28/07/2021 – 06/08/2021 tarihleri arasındaki 10 günlük dönemdir.

#### 4.4. 2021 Yılına Ait Maksimum Verilerden Elde Edilen Hava Kalite İndeksi

Tablo 4.11 - Antalya Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından ölçülen 2021 yılına ait ortalama verilerden elde edilen hava kalite indeksi

İSTASYONLAR		SO <sub>2</sub> max (µg/m <sup>3</sup> )	Veri	NO <sub>2</sub> max (µg/m <sup>3</sup> )	Veri	CO max (µg/m <sup>3</sup> )	Veri	O <sub>3</sub> max (µg/m <sup>3</sup> )	Veri	PM <sub>10</sub> max (µg/m <sup>3</sup> )	Veri
		1 Sa.Ort.	Sayı	1 Sa.Ort.	Sayı	8.Sa.Ort.	Sayı	8 Sa.Ort.	Sayı	24Sa.Ort.	Sayı
ANTALYA- GAZİPAŞA	Yangın Öncesi	-		-		-		-		-	
	Yangın Esnası										
	Yangın Sonrası	11,64	3011	22,06	2530			104,3	385	61,77	124
ANTALYA	Yangın Öncesi	23,22	4969	142,69	4973	2865,14	623	99,37	623	94,09	205
	Yangın Esnası	6,09	162	61,25	164	1211,34	21	65,43	20	63,63	8
	Yangın Sonrası	12,54	2863	161,32	3244	2502,03	371	85,6	406	98,87	138
ANTALYA- ALANYA	Yangın Öncesi			114,19	1578					28,47	68
	Yangın Esnası			140,33	236					24,33	10
	Yangın Sonrası			154,07	2991					36,79	146
ANTALYA- KUMLUCA SANAYİ	Yangın Öncesi	11,75	2137	63,81	2144	417,43	241	-	-	140,26	68
	Yangın Esnası	6,82	237	61,75	237	460,52	22	90,65	13	64,39	10
	Yangın Sonrası	11,54	3440	77,33	2968	2218,04	315	104,53	431	81,03	146
ANTALYA- MANAVGAT	Yangın Öncesi	21,9	1441	81,17	1636			126,9	204	87,49	68
	Yangın Esnası	28,79	238	115,2	239	-		123,66	30	212,14	10
	Yangın Sonrası	44,75	3459	189,01	3500			127,67	438	102,24	147
ANTALYA- MURATPAŞA	Yangın Öncesi	32,72	1511	156,97	1633					54,18	69
	Yangın Esnası	21,37	222	124,32	239					62,10	10
	Yangın Sonrası	47,07	3287	312,08	2638					87,42	144
ANTALYA- SERİK	Yangın Öncesi	5,84	822	74,28	819	370,4	103			44,66	36
	Yangın Esnası	8,71	226	77,03	226	1705,65	27			51,80	10
	Yangın Sonrası	50,62	3418	223,6	3272	4319,05	424			105,81	146
ANTALYA- TRAFİK	Yangın Öncesi			217,23	820	2504,08	71	117,76	99	45,72	49
	Yangın Esnası			177,83	239	941,57	9	112,47	28	61,24	10
	Yangın Sonrası			338,75	3353	1622,41	429	97,66	355	76,80	147

Tablo 4.11.'de; Hava kalitesi istasyonlarından ölçülen 2021 yılı içerisindeki maksimum veriler dikkate alınarak Yönetmelik sınır değerleri ile hava kalite indeksi oluşturulmuştur.

Tablo 1.3 ve Tablo 1.4'e göre yorumlanırsa; Antalya İli genelinde PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> parametrelerinin sağlık yönünden risk teşkil ettiği dönemler bulunmakta ancak SO<sub>2</sub> parametresi ulusal sınır değerinin (350 µg/m<sup>3</sup>) çok altında kaldığı görülmektedir.

Özellikle yangının meydana geldiği Manavgat ilçesinde PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> parametreleri yangın döneminde yükseldiği ve yangın sonrasında da yükselişin devam ettiği görülmektedir.



#### 4.5. Antalya İli Yangın Dönemi ile Harici Dönemin Karşılaştırılması

Tablo 4.12. Yangın dönemi ve harici dönemi, parametrelerin saatlik ortalama, min. ve mak. değerleri

Parametreler	Ölçü Birimi	Ortalama	Yangın Dönemi Ortalama	Standart Sapma	Yangın Dönemi Standart Sapma	Minimum	Yangın Dönemi Minimum	Maksimum	Yangın Dönemi Maksimum
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	30,16	39,59	22,28	43,82	0,00	4,12	647,76	966,59
PM <sub>2,5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	18,10	19,43	8,83	9,43	0,00	5,27	106,07	98,96
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	4,04	3,51	3,38	2,90	0,01	0,32	50,62	28,79
CO	µg/m <sup>3</sup>	444,00	327,42	452,90	290,57	0,00	16,09	9709,83	3317,05
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	31,00	34,31	30,76	32,25	0,00	2,81	338,75	177,83
NO <sub>x</sub>	µg/m <sup>3</sup>	50,01	44,19	64,86	49,94	0,00	3,56	824,26	302,55
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	48,53	60,23	27,54	32,32	0,00	0,6	168,64	146,92
Rüzgar	km/sa	1,38	1,18	1,31	0,58	0,00	0	30,4	3,2
Sıcaklık	°C	20,35	34,45	6,99	3,78	3,80	28,2	42,5	44,1
Nem	%	51,34	23,13	24,49	22,25	4,00	2	99	89
Yağış	mm	0,09	0,00	0,82	0,00	0,00	0	41,6	0

Not: Yangın dönemi: 28/07/2021 – 06/08/2021 tarihleri arasındaki 10 günlük dönemdir.

Tablo 4.13. Yangın dönemi ve yaz dönemi, parametrelerin saatlik ortalama, min. ve mak. değerleri

Parametreler	Ölçü Birimi	Ortalama	Yangın Dönemi Ortalama	Standart Sapma	Yangın Dönemi Standart Sapma	Minimum	Yangın Dönemi Minimum	Maksimum	Yangın Dönemi Maksimum
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	28,43	39,59	15,27	43,82	0,00	4,12	498,6	966,59
PM <sub>2,5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	19,60	19,43	7,45	9,43	0,00	5,27	84,82	98,96
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	4,02	3,51	3,80	2,90	0,01	0,32	47,07	28,79
CO	µg/m <sup>3</sup>	336,46	327,42	234,78	290,57	19,86	16,09	3010,32	3317,05
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	24,75	34,31	23,76	32,25	0,00	2,81	217,23	177,83
NO <sub>x</sub>	µg/m <sup>3</sup>	35,85	44,19	40,53	49,94	0,00	3,56	398,73	302,55
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	59,27	60,23	27,35	32,32	0,00	0,6	168,64	146,92
Rüzgar	km/sa	1,28	1,18	0,86	0,58	0,00	0	5,4	3,2
Sıcaklık	°C	28,33	34,45	4,37	3,78	17,50	28,2	42,5	44,1
Nem	%	47,41	23,13	22,71	22,25	4,00	2	99	89
Yağış	mm	0,03	0,00	0,74	0,00	0,00	0	30,8	0

Not: Yangın dönemi: 28/07/2021 – 06/08/2021 tarihleri arasındaki 10 günlük dönemdir.

Tablo 4.12 ve Tablo 4.13 için yangın dönemini birlikte inceleyecek olursak;

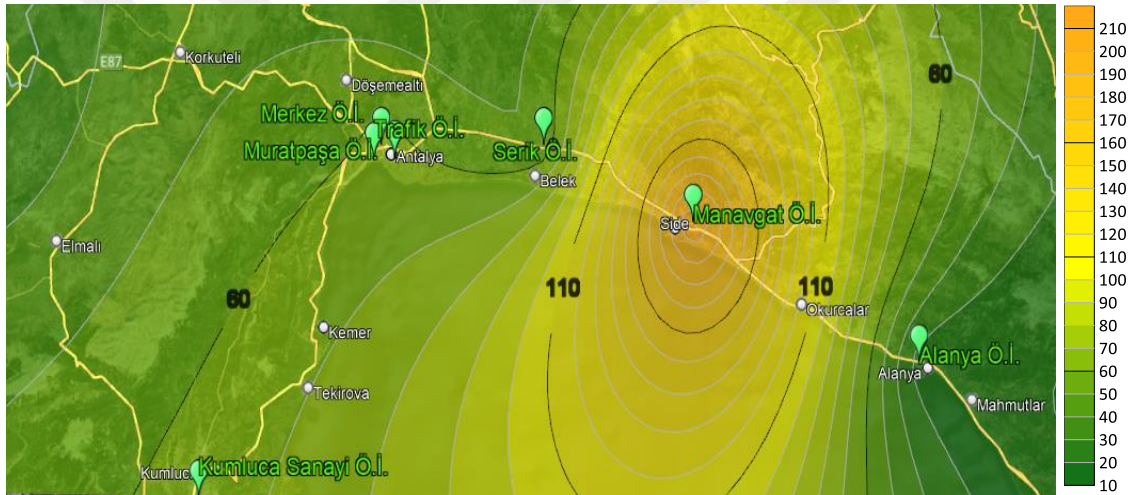
- PM<sub>10</sub> parametresi için, yangın döneminde pik yaptığı, indekse göre sağlık alarmı verdiği hava kalitesi koşullarının tehlikeli olduğu saatler olduğu;
- PM<sub>2,5</sub> parametresi için, kısmen yükselişe geçtiği;
- SO<sub>2</sub> yönetmelik sınır değerinin altında kaldığı;
- CO parametresi için, yaz dönemi baz alındığında kısmen yükseldiği fakat yönetmelik değerinin altında kaldığı;
- NO<sub>2</sub> parametresi için, ortalama değere bakıldığında yangın döneminde yüksek olduğu, maksimum değerler için sağlık etkilerinin oluşabileceği;
- NO<sub>x</sub> parametresi için, yönetmelikte yıllık ortalama göre 30 µg/m<sup>3</sup> olup sınır değerini aştığı;
- O<sub>3</sub> parametresi maksimum veriler için, genel olarak sağlık endişesinin oluşabileceği saatler olduğu söylenebilir.
- Yangının yayılmasında etkili olan sıcaklık, nem ve rüzgâr değerlendirildiğinde, sıcaklığının yükseldiği ve nemin ikilere kadar düştüğü görülmektedir.

#### 4.6. Hava Kirletici Parametrelerin Dönemsel Modelleme Çalışması

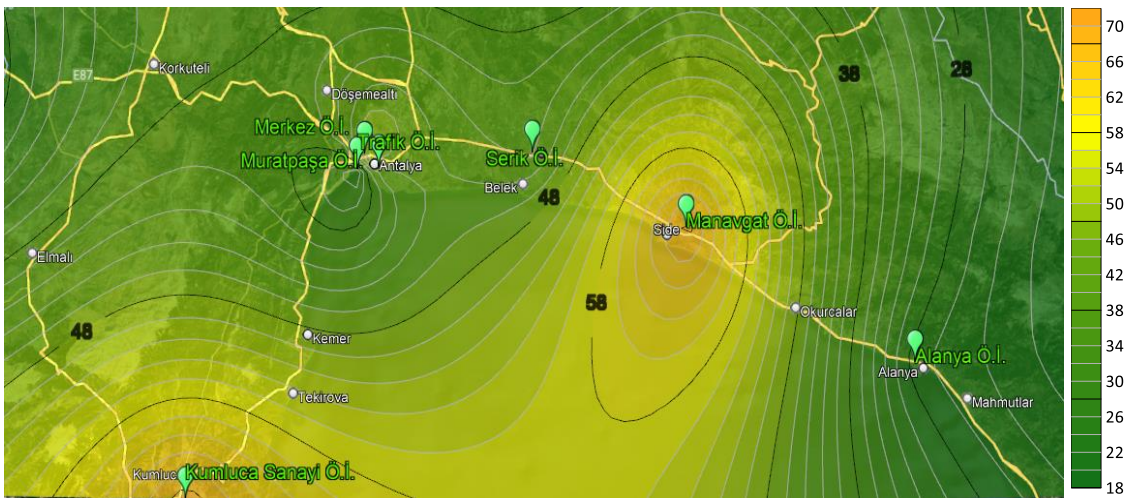
- PM<sub>10</sub> Parametresi; Yangın Öncesi-Yangın-Yangın Sonrası Yaz Dönemi



Şekil 4.15 PM<sub>10</sub> parametresi yangın öncesi yaz dönemi modelleme

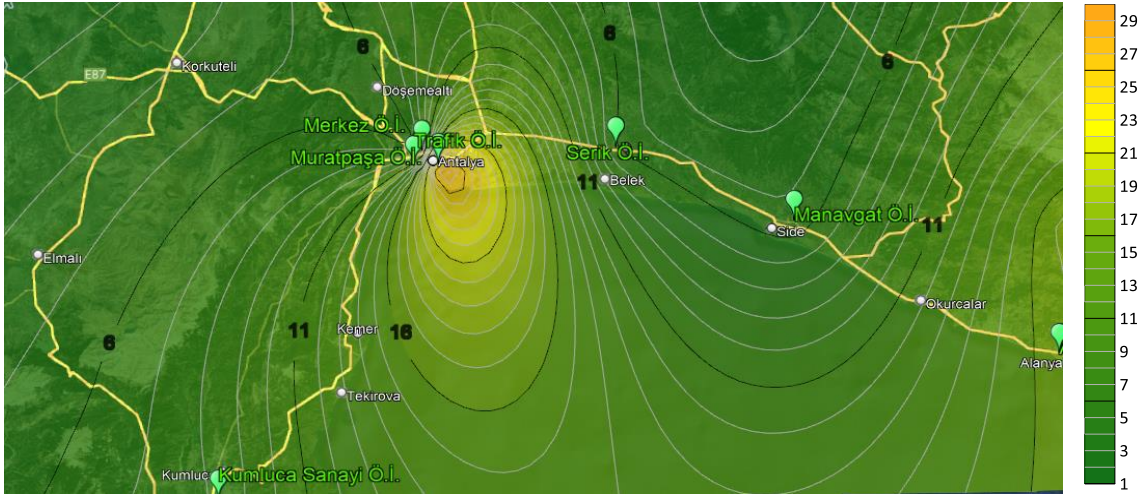


Şekil 4.16 PM<sub>10</sub> parametresi yangın dönemi modelleme

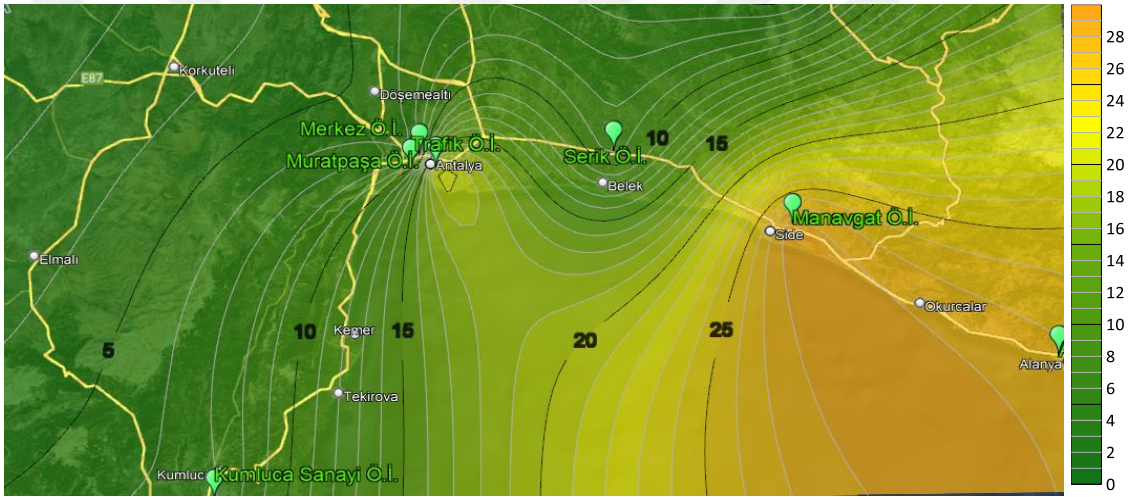


Şekil 4.17 PM<sub>10</sub> parametresi yangın sonrası yaz dönemi modelleme

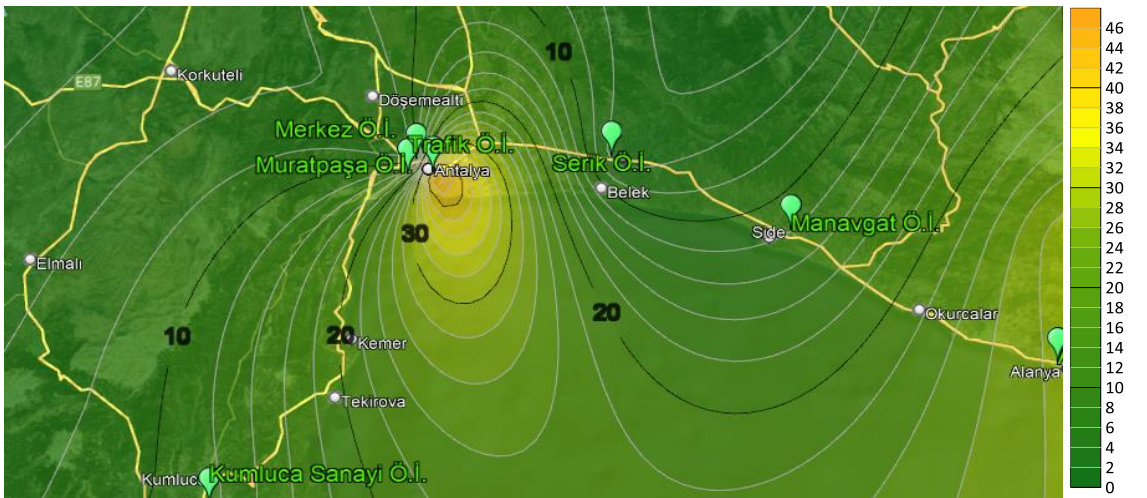
- SO<sub>2</sub> Parametresi; Yangın Öncesi-Yangın-Yangın Sonrası Yaz Dönemi



Şekil 4.18 SO<sub>2</sub> parametresi yangın öncesi yaz dönemi modelleme

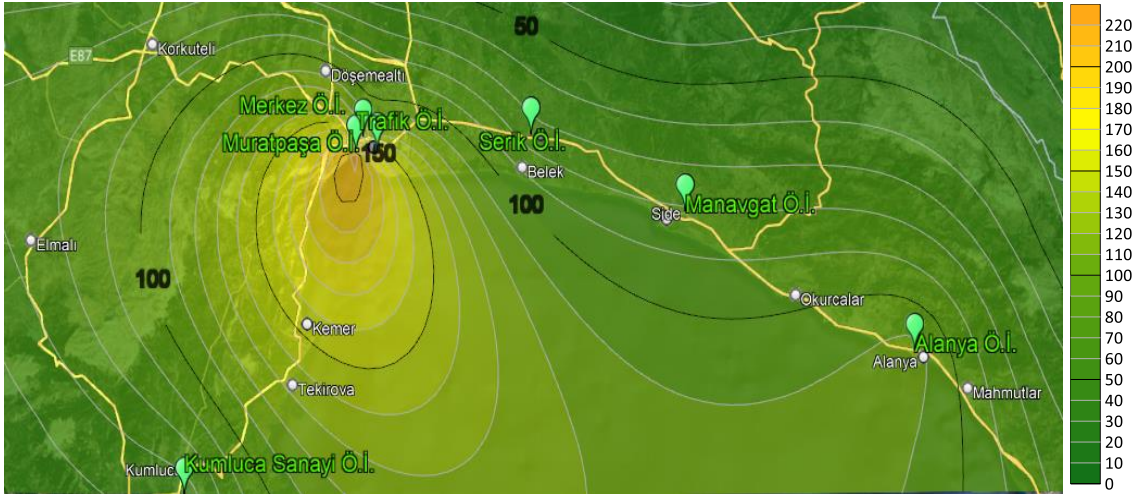


Şekil 4.19 SO<sub>2</sub> parametresi yangın dönemi modelleme

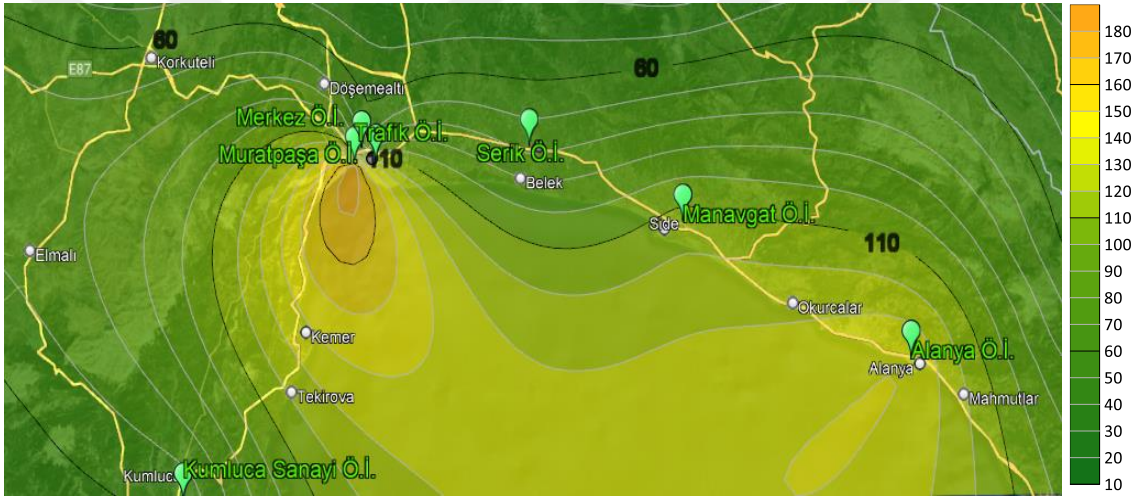


Şekil 4.20 SO<sub>2</sub> parametresi yangın sonrası yaz dönemi modelleme

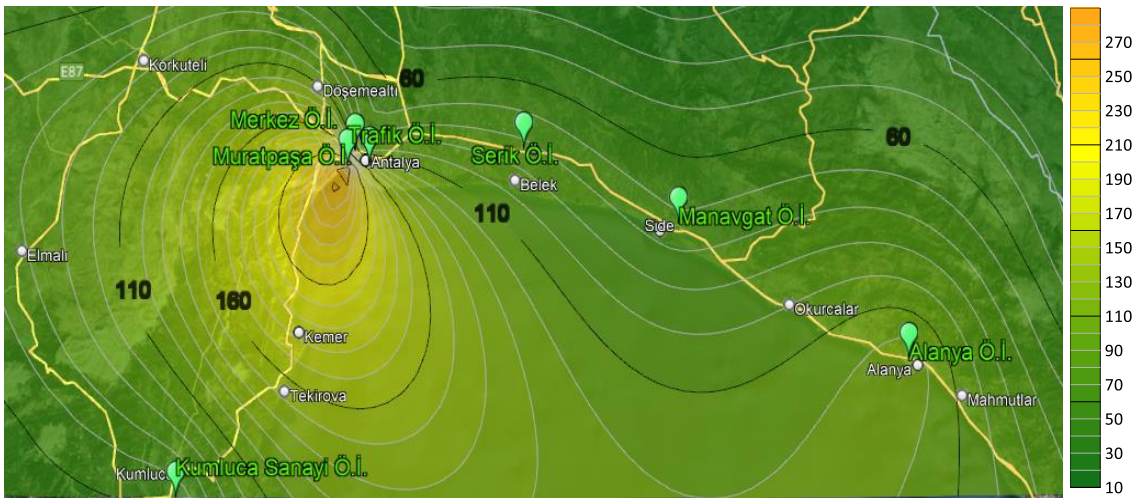
- NO<sub>2</sub> Parametresi; Yangın Öncesi-Yangın-Yangın Sonrası Yaz Dönemi



Şekil 4.21 NO<sub>2</sub> parametresi yangın öncesi yaz dönemi modelleme

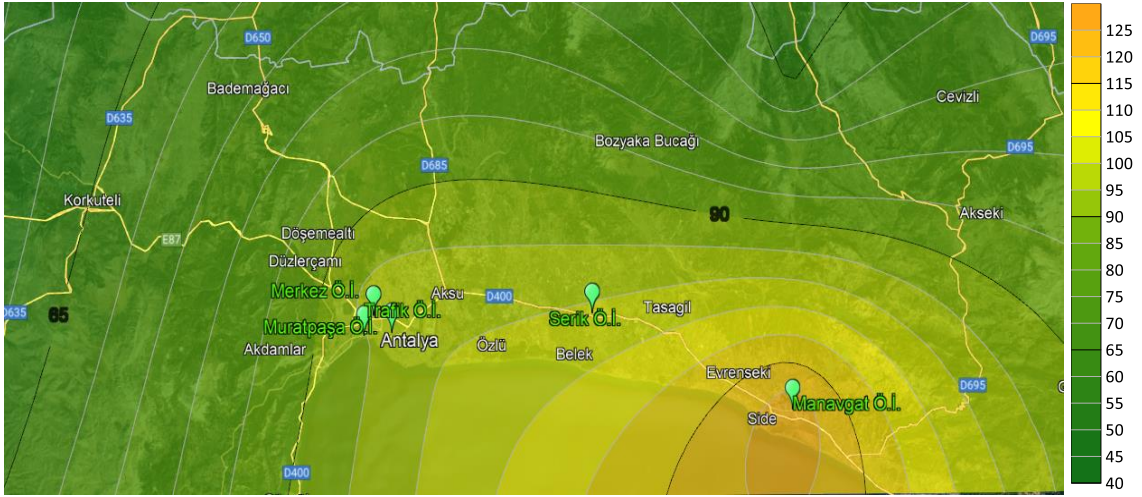


Şekil 4.22 NO<sub>2</sub> parametresi yangın dönemi modelleme

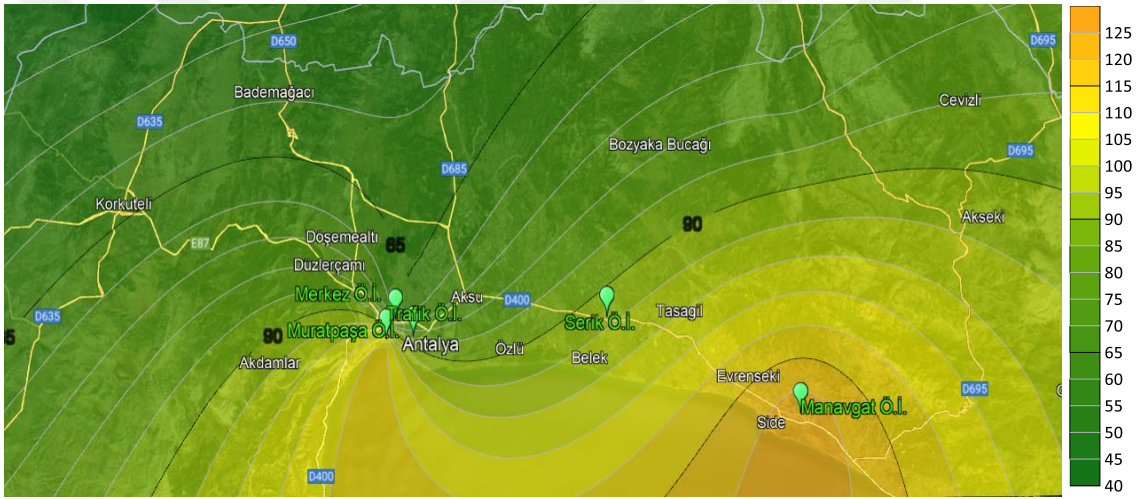


Şekil 4.23 NO<sub>2</sub> parametresi yangın sonrası yaz dönemi modelleme

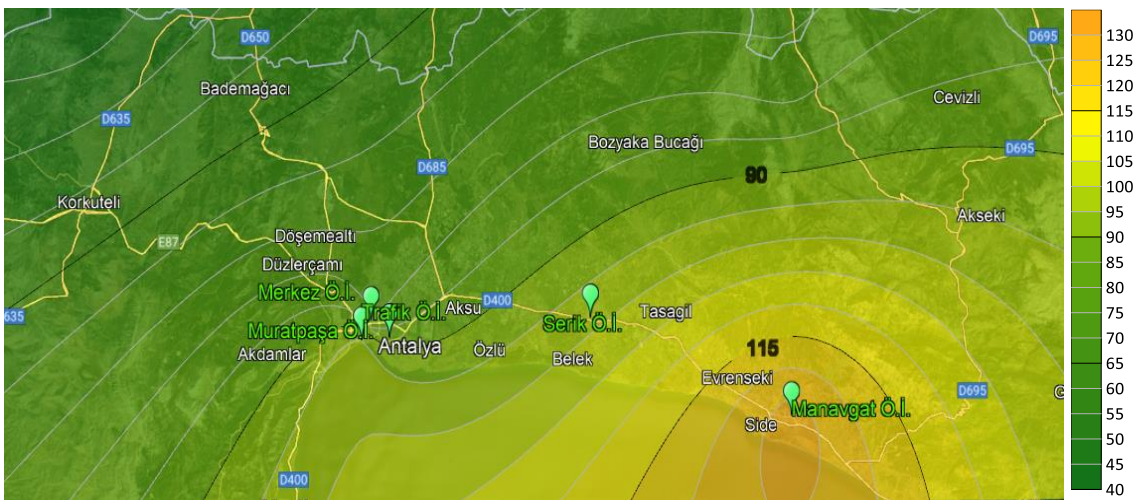
- O<sub>3</sub> Parametresi; Yangın Öncesi-Yangın-Yangın Sonrası Yaz Dönemi



Şekil 4.24 O<sub>3</sub> parametresi yangın öncesi yaz dönemi modelleme



Şekil 4.25 O<sub>3</sub> parametresi yangın dönemi modelleme



Şekil 4.26 O<sub>3</sub> parametresi yangın sonrası yaz dönemi modelleme

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

O<sub>3</sub>; emisyonla ilgili bir kirletici olmayıp, özellikle güneşten gelen radyasyon seviyesinin yüksek olmasına bağlı olarak konsantrasyonu artmaktadır. Kapalı havalarda ve hava kirliliğinin yüksek olduğu durumlarda azalmaktadır.

PM<sub>10</sub>; konsantrasyondaki artış ışık yolunu etkilediğinden ozon oluşumunu azaltabilmektedir. Trafiğin az olduğu saatler, endüstriyel faaliyetten kaynaklanan hava kirleticilerin azalması hava kalitesi artıracak fakat yere ulaşan güneş ışık miktarının artmasıyla ozonda artış görülecektir. Atmosferik PM<sub>10</sub> ölçüm sonuçlarının yalnız emisyon kaynaklı olmadığını aynı zamanda meteorolojik faktöre de bağlı olduğu görülmektedir (Yahaya, 2022).

PM<sub>2,5</sub>; kirlilik kaynağının trafik ve yanma ürünleri olduğu bilinmekte fakat başta rüzgâr hızı olmak üzere meteorolojik faktörlerinde konsantrasyonu etkilediği unutulmamalıdır.

NO<sub>2</sub>; araç egzozlarından kaynaklanan emisyonlardır, ayrıca endüstriyel tesislerinde önemli bir kaynak olduğu tespit edilmiştir (Sağdıç vd.,2022).

Tablo 5.1. Kirletici parametrelerinin sınır değerleri

KİRLETİCİ	WHO Sınır Değerleri (µg/m <sup>3</sup> )	Yönetmelik Sınır Değerleri (µg/m <sup>3</sup> )
PM <sub>10</sub> (Yıllık)	15	40
PM <sub>10</sub> (24 Saatlik Ort.)	45	50
PM <sub>2,5</sub> (Yıllık)	5	-
PM <sub>2,5</sub> (24 Saatlik Ort.)	15	-
SO <sub>2</sub> (Yıllık)	-	20
SO <sub>2</sub> (24 Saatlik Ort.)	40	125
CO (8 Saatlik Ort.)	-	10.000
O <sub>3</sub> (8 Saatlik Ort.)	60	120
NO <sub>2</sub> (Yıllık)	10	40
NO <sub>x</sub> (Yıllık)	-	30

Tablo 4.3 incelendiğinde; PM<sub>10</sub> verilerinin aylık ortalaması yangın döneminde özellikle yangının çıktığı Manavgat ilçesinde pik yaptığı yıllık ortalamasının yaklaşık iki katına çıktığı görülmektedir. Ayrıca 10 gün süren yangının olduğu bölgede parametrenin sınır değerini dokuz gün boyunca aştığı, yıla vurulursa Antalya merkezinin limit aşım sayısının diğer bölgelere göre 85 gün olduğu Tablo 4.4 ile belirlenmiştir. Antalya'nın diğer ilçelerinde bulunan istasyonlarda yangın döneminde yüksek olduğu, özellikle ısınmanın olduğu kış aylarında yükselişe geçtiği anlaşılmaktadır. Yıl bazlı bakıldığında PM<sub>10</sub> sınır değeri 40 µg/m<sup>3</sup> 'ü aşan istasyonlar; Antalya Merkez İstasyonu 41,52 µg/m<sup>3</sup> ve Manavgat İstasyonu 43,69 µg/m<sup>3</sup> değerindedir

PM<sub>2,5</sub> ölçüm verileri merkezde bulunan üç adet istasyondan elde edilmiştir (Tablo 4.5). Değerler incelendiğinde yönetmelikte sınır değeri bulunmayan parametre için WHO'da yıllık 5 µg/m<sup>3</sup>, 24 saatlik 15 µg/m<sup>3</sup>'dür. Buna göre kirletici düzeyi yıl bazlı yüksek seyirlerde olduğu fakat yangının herhangi bir etkisi olmadığı görülmektedir. Bu da büyük ihtimal bu parametre için ölçüm yapan istasyonların bulunduğu konumlardan kaynaklanmaktadır.

SO<sub>2</sub> verilerinin aylık ortalaması Tablo 4.6'ya göre yönetmelik sınır değeri olan 125 µg/m<sup>3</sup>'nin; CO için Tablo 4.7'ye göre sınır değeri olan 10000 µg/m<sup>3</sup>'nin çok aşağısında kaldığı; yıl boyunca sınır değerini aşan gün sayısı olmadığı gibi bölge için hava kirliliğine olan etkisinin çok düşük seyirlerde olduğu tespit edilmiştir.

NO<sub>2</sub> verilerinin aylık ortalamasına bakılırsa yangın döneminde Antalya merkez hariç yaz döneminde yükselişe geçtiği sonraki kış dönemine kadar düşük seyrettiği, kış döneminde tekrar yükseldiği, sınır değerini aşan gün sayısının olmadığı görülmektedir. Antalya trafik bazlı ölçümlerinin yıl boyu yüksek olması ve yıllık sınır değeri 40 µg/m<sup>3</sup> değerini aşarak 77,04 olarak hesaplanması, NO<sub>2</sub> kirletici kaynağının motorlu taşıtlar olduğu söylenebilir (Tablo 4.8).

Yıllık ortalaması 30 µg/m<sup>3</sup> sınır değerini geçmesi gereken NO<sub>x</sub> için Tablo 4.9'a bakılırsa; trafik ölçüm istasyonunun bu sınır değerinin çok üzerinde olduğu görülmektedir (125,15 µg/m<sup>3</sup>). Antalya Merkez, Serik ve Muratpaşa istasyonlardaki yıllık ölçümler ise sırasıyla 55,39 µg/m<sup>3</sup>, 30,27 µg/m<sup>3</sup> ve 48,53 µg/m<sup>3</sup> olup sınır değeri aşmıştır. Yalnız Manavgat ilçesinde bulunan hava ölçüm istasyonunun NO<sub>x</sub> parametresini ölçmemesi parametrenin yangına olan etkisinin belirlenememesine neden olmuştur.

Tablo 4.10 'da görülmekte olan O<sub>3</sub> için aylık ortalama ölçüm sonuçları değerlendirilirse; sınır değerinin altında kalan parametre yangın döneminde bir miktar



artış olduğu görülmektedir. Ortalama olarak artan konsantrasyonun sebebi; sıcak havanın yükselmesi ve yangın döneminde atmosferdeki yükselen basınçla (Şekil 4.4) birlikte aşağıya doğru bastırılmasıyla sıcak havanın daha da ısınmasıyla oluşan anlık sıcak hava dalgasıdır. Çünkü sıcak hava dalgası sırasında ozon üretiminin arttığı bilinmektedir.

Manavgat ilçesindeki istasyon bazında ölçülen kirlenici parametrelerinin (PM<sub>10</sub>-SO<sub>2</sub>-NO<sub>2</sub>-O<sub>3</sub>) il genelinde atmosfere olan etkilerini anlamak için yapılan modelleme bölüm 4.6'da gösterilmektedir. Modelleme; meydana gelen yangının hava kirliliğine olan etkisini net bir şekilde belirlemek için yangının çıktığı yaz mevsimi dikkate alınarak Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları üzerinde çalışılarak yapılmıştır. Bunun sonucunu şu şekilde yorumlamak mümkündür:

- **PM<sub>10</sub>** parametresi için;
  - Yangın öncesi yaz döneminde, 01/06/2021-27/07/2021 tarihleri arasında; Kumluca Sanayi İstasyonun ölçümü yüksek değerde; 50 µg/m<sup>3</sup>'ü fazlaca aştığı yaklaşık 80 µg/m<sup>3</sup>'e ulaştığı anlaşılmaktadır. Buna ilaveten Antalya Merkez, Manavgat ve Muratpaşa istasyonları sınır değeri biraz geçtiği yaklaşık 50-60 µg/m<sup>3</sup> arasında seyrettiği fakat sağlık yönünden bir tehdit oluşturmadığı görülmektedir (Şekil 4.15).
  - Yangın döneminde, 28/07/2021-06/08/2021 tarihleri arasında; yangının merkez ilçesi olan Manavgat bölgesindeki istasyonun ölçüm değerinin sınır değeri olan 50 µg/m<sup>3</sup>'ü çok aşırı derecede aştığı yaklaşık 200 µg/m<sup>3</sup> gördüğü anlaşılmaktadır. Buradan yangının partikül madde oluşturduğunu, kirlenicinin düzeyini artırdığını fakat modellemede kirliliğin rüzgar yönünün etkisiyle Akdeniz'e doğru ilerlediği, dağıldığı, iç bölgeye doğru kirliliğinin azaldığı görülmektedir.
  - Yangın sonrası yaz döneminde, 07/08/2021-31/08/2021 tarihleri arasında; her ne kadar partikül madde azalmış ve denize doğru dağılmış olsa da Kumluca Sanayi ve Manavgat istasyondaki ölçümlerde 50 µg/m<sup>3</sup> sınır değerini aşmıştır.
- **SO<sub>2</sub>** parametresi için;
  - Yangın öncesi yaz döneminde, 01/06/2021-27/07/2021 tarihleri arasında; merkez ilçelerden olan Muratpaşa'daki istasyon ölçüm değerinin yaklaşık 30 µg/m<sup>3</sup>'e ulaştığı diğer bölgelere göre yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Yönetmelik sınır değeri olan  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den çok aşağılarda kaldığı görülmüştür fakat 20 ppm'i aşan durumlarda,  $\text{SO}_2$  parametrenin maruz kalınan süreye bağlı olarak göz tahrişi, öksürme gibi sağlık etkilerinin bulunduğu bilinmektedir.

- Yangın döneminde, 28/07/2021-06/08/2021 tarihleri arasında; özellikle orman yangınının merkez olan Manavgat ilçesinde ölçüm değerinin yaklaşık 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lara ulaştığı dağılımın iç kesimlerden ziyade poyrazında etkisiyle denize doğru olduğu varsayımına varılabilir. Bu dönemde Muratpaşa istasyon ölçümünün de 20 ppm'i aştığı anlaşılmaktadır.
- Yangın sonrası yaz döneminde, 07/08/2021-31/08/2021 tarihleri arasında; Manavgat ilçesinde bulunan istasyondaki ölçülen değer düşüşe geçerken merkez ilçesi olan Muratpaşa istasyondaki ölçüm değerinin yaklaşık 2 katına çıktığı tespit edilmektedir.

- **NO<sub>2</sub>** parametresi için;

- Yangın öncesi yaz döneminde, 01/06/2021-27/07/2021 tarihleri arasında; Antalya merkez, Alanya, Muratpaşa ve özellikle sınır değeri olan  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  aşan merkezde trafik için kurulan istasyonlardan ölçülen verilerin yüksek seyrettiği anlaşılmaktadır.
- Yangın döneminde, 28/07/2021-06/08/2021 tarihleri arasında; yangın öncesi yaz dönemine ilaveten Manavgat ilçesinde de kirletici düzeyi artışa geçmiştir. Buna orman yangınının etkisinin olduğunu düşünülmüştür.
- Yangın sonrası yaz döneminde, 07/08/2021-31/08/2021 tarihleri arasında; Manavgat ilçesindeki ölçümler düşüşe geçerken Alanya, Muratpaşa ve Trafik için olan istasyonların aynı yüksek düzeylerde devam ettiği anlaşılmıştır ve özellikle Alanya bölgesindeki bu artışın sebebi yaz döneminde turizm yönünden yoğun ilgi görmesidir denilebilir.

- **O<sub>3</sub>** parametresi için;

- Yangın öncesi yaz döneminde, 01/06/2021-27/07/2021 tarihleri arasında; Manavgat ilçesinde bulunan istasyondaki ölçülen değerinin sınır değeri olan  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  aştığı görülmektedir.
- Yangın döneminde, 28/07/2021-06/08/2021 tarihleri arasında; Manavgat ilçesinde orman yangınının çok fazla bir etkisinin olmadığı yangın öncesi dönemle aynı düzeyde olduğu, sınır değeri aştığı ve buna ilave olarak trafik için kurulan

merkez istasyondaki ölçülen değerlerin artışa geçtiği fakat sınır değeri aşmadığı anlaşılmaktadır.

- Yangın sonrası yaz döneminde, 07/08/2021-31/08/2021 tarihleri arasında; aynı şekilde Manavgat ilçesindeki istasyonda ölçülen değer yönetmelik sınır değerini aştığı, hava kalite indeksine göre ciddi sağlık sorunları oluşturmadığı tespit edilmektedir.

Yangın dönemindeki hava kirliliğinin gözle görülür şekilde olduğunu ve sağlık açısından çok riskli seviyelere ulaşabileceği tahmin edilmiştir. Fakat ölçüm verileriyle elde edilen modelleme çalışmasıyla birlikte özellikle yüksek seyreden partikül maddenin yönetmelik ortalama değerler baz aldığı ciddi sağlık etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir.

Buradan yola çıkarak hava kirliliği ölçümlerinin yapıldığı Bakanlığa ait istasyonların konumları itibariyle ve sayılarının az olması sebebiyle hava kirliliğinin ne derece büyük boyutta olduğu ve canlı üzerindeki sağlık yönünden etkisinin tam anlamıyla belirlenemeyeceği sonucuna varılmıştır.

Yangının 10 gün gibi uzun bir süre söndürülememesinin ve çok fazla alana yayılmasının sebebinin ise bölgedeki ağaç türlerine bağlı olduğunu söylemek mümkündür. Çünkü rüzgâr hızının o dönemde çok yükseklere ulaşmadığı bilinmektedir.

## 5.2 Öneriler

- İklim olarak ılıman ve yaz dönemi için yüksek sıcaklığa sahip olan bölgenin %56'sını ormanlık alan oluşturduğu bilinmektedir. Her an yangın çıkma riskinin var olacağını göz önünde bulundurulmalı ve devletimizin bu konu hakkında gerekli tedbirleri alması, bir planlanma çalışmasının yapılması, yangın çıktığında anında önüne geçmek için gerekli teçhizatın bulunması ve yeterli olması gerekmektedir.
- Orman yangının nedenlerinin %11 doğal kaynaklı diğer kısmı beşeri faaliyetler olduğu bilinmektedir. Orman yangını önlemek için halk bilgilendirilmeli, bu konu hakkında eğitimler verilmeli öneminden bahsedilmelidir.
- Bölge olarak nemin yüksek olması yangına engel olan bir meteorolojik etken olmasına rağmen nemin düşmesi yangın için bir sebep teşkil etmektedir. Meteorolojik etkenler her daim dikkate alınması gereken bir husustur.

- Özellikle yangından dolayı meydana gelen hava kirliliğinin dağılımında etkisi büyük olan rüzgar hızı ve yönü ile bilgilerin halka duyurulması önem arz etmektedir.
- Daha fazla sağlıklı veriler elde etmek ve gerekli önlemleri alabilmek için Bakanlık; hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sayısını artırmalı ve konumsal olarak dağılım göstermesi gerekmektedir.
- Her ne kadar söndürülememesi özellikle bölgedeki bitki türlerine bağlı olsa da yeşil alanların çoğaltılması ve yeşil alanlara sahip çıkılması gerekmekte, herhangi bir yangın söz konusu olduğunda da bitkiler kadar türlerinin de önemli olduğu unutulmamalıdır.
- Güneş, rüzgar gibi yenilebilir enerji kaynaklarının kullanım oranlarının artırılması; enerji ihtiyacını karşılama da olduğu kadar hava kirliliği azaltmak için de önemli bir çözüm olarak görülmektedir (Ulubey vd, 2021).
- PM10 ve PM2,5 içeriğinin kaynakları belirlenmeli ve havaya verilmesi engellenmelidir.
- WHO göre PM2,5 sınır değerinin bölgede yıl boyunca yüksek seyrettiği sonucuna varılmıştır. Yönetmelikte bulunmayan PM2,5 sınır değeri ile ilgili mevzuat düzenlenmesi yapılması gerekmektedir. Ayrıca sağlık etki değerlendirmesi ile ilgili çalışmalarının sayısı artırılmalı ve önemine dikkat çekilmelidir.
- Antalya ilinin turistik bir bölge olması özellikle yazın turizme olan yoğun ilgi sebebiyle artan nüfusla birlikte; deniz ve kara motorlu araç sayılarının artması vb. nedenlerle hava kirliliğinin yükselmesi kaçınılmazdır. Hava kalitesini artırmak için bu kıstas da göz önünde bulundurulmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Akarsu T., Eren Z., Tatoğlu F. 2021 “Erzurumda Doğalgaz Kullanımın Hava Kalitesine Etkisinin İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üni., Erzurum
- Akyürek, Ö., 2012, “Trabzon Kent Merkezi İçin Hava Kirliliği İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Ktü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydınlar, Güven, Kırksekiz, 2009 “Hava Kirliliği Nedir, Ölçüm Ve Hava Kalite Modelleme Yöntemleri Nelerdir?” Sakarya Üni; 1-2,8-10
- Aydoğan M., 2019 “İstanbul’un Hava Kalitesinin Zamansal Ve Alansal Değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üni, Erzurum
- Baş B., Yıldız E. 2019 “Giresun İli Hava Kalitesinin Meteorolojik Parametrelerle Zamansal Değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum
- Bilgili, E., Coskuner, K.A., Usta, Y., Sağlam, B., Kucuk, O., Berber, T., & Goltas, M. (2019).Diurnal Surface Fuel Moisture Prediction Model For Calabrian Pine Stands İn Turkey. İforest - Biogeosciences And Forestry, 12(3), 262-271. Doi:10.3832/İfor2870-012
- Bolat İ., 2022, “Orman Yangınlarının Hava Kalitesine Etkisi: Antalya Örneği” Bartın Üni, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Journal of Bartın Faculty of Forestry 24(3):651-666
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L., Williams, D.,1991, Fire In Forestry, Volume:1, Chapter 2, 31-54, U.S.A.,
- Cindoruk S.S. ,2017 “Havadaki No Ve NO<sub>2</sub> Parametrelerinin Marmara Temiz Hava Merkezi Ölçümleri Kapsamında İncelenmesi” Omer Halisdemir University Journal Of Engineering Sciences, Volume 7, Issue 2, (2018), 600-611
- Çolak E., Sunar F. 2018 “Yüzey Sıcaklığı Ve Spektral Yanma İndekslerinin Orman Yangını Analizinde Kullanımı” V11. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (Uzal-Cbs 2018), Eskişehir
- Dalkılıç E., 2019 “Endüstriyel Ortam Havasında Uçucu Organik Bileşiklerin Tespiti” Yüksek Lisans Tezi Konya Teknik Üniversitesi, Konya
- Dursun Sukru, 2019 “Ambient Particle Matter Pollution Of Bosnia District Of Konya City, Turkey International Journal Of Ecosystems And Ecology Science,,
- Dursun Şükrü, :Ijees, 2021, “Evaluation Of Air Quality In Konya City Center After The New Corona-19 Output And With Its Caution”
- Dursun Şükrü, Naseer Qasım Mina, :2022, Advanced Engineering Science, “Determination And Modelling Of Pm2.5 Level İn Summer Time İn Selcuk University Shopping Centre Konya, Turkey”
- Dursun Şükrü, Naseer Qasım Mina, 2022, Advanced Engineering Science, 2022,”Pm2.5 Concentration Measurements And Mapping At Gokusagi Mall For Autumn 2018, İn Konya, Turkey”

- Dursun Şükrü, Naseer Qasim Mina, 2022 “Measurements And Modelling Of PM2.5 Level İn Summer time Period in Novada Main Shopping Centre Konya, Turkey”:Engineering Applications, 19-32
- Dursun Şükrü, Qasim Mina Naseer, 2022:J. Int. Environmental Application And Science, “Pm2.5 Level İn Autumn Period Measurements And Modelling İn Novada Mall (Konya, Turkey)” vol 17 (2): 63-74
- Dursun Ş, Sağdıç M, Toros H, 2022, Informa Uk Limited, “The İmpact Of Covid-19 Measures On Air Quality İn Turkey”,.23, 1-2, 47-59
- Erdoğan Ş., 2019 “Organize Sanayi Bölgesi Dış Ortam Pm10 Konsantrasyonunun Coğrafi Bilgi Sistemi İle Değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya
- Esen F., Sari M.F., 2019 “Pm10 Ve So2 Konsantrasyonları Ve Meteorolojik Parametrelerin Konsantrasyonlar Üzerine Etkileri” Omer Halisdemir University Journal Of Engineering Sciences, Volume 8, Issue 2, (2019), 689-697
- Gökmen S.Ö., 2012 “Endüstriyel Bölgelerin Hava Kalitesine Etkilerinin Calpuff Dispersiyon Modeli İle İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üni.,
- Gül İ., 2018 “Edirne Merkez İlçede Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda Ölçülen Partiküler Madde 10 (Pm10) Bileşiminin Araştırılması” Uzmanlık Tezi, Trakya Üni Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Edirne,1-2
- Gümüş O., 2019 “Marmara Bölgesi Hava Kalitesinin Zamansal Ve Mekansal Değişiminin İstatiksel Analizi” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üni.
- Castagna A J, A. Senatore A, M. Bencardino B, F.D'amore B, Fr. Sprovieri B,N. Pirrone B, G. Mendicino, 2021, “Multiscale Assessment Of The İmpact On Air Quality Of An İntense Wildfire Season İn Southern Italy”Science Of The Total Environment 761 143271
- Kavzoğlu T.,2021 “Orman Yangınları Sebepleri, Etkileri, İzlenmesi, Alınması Gereken Önlemler Ve Rehabilitasyon Faaliyetleri” Turkish Academy Of Sciences, Ankara,
- Kırmacı H.K., 2019 “Kahramanmaraş İli İçin Hava Kalitesinin Analizi Ve Modellenmesi” Doktora Tezi, Erciyes Üni, Fen Bilimleri Ens., Kayseri
- Kunt Fatma, Dursun Şükrü, 2018 :Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, “Konya Merkezinde Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi” 54-61
- Küçük Ö., Sağlam B., 2016 “Orman Yangınları Ve Hava Halleri”. Gü Orman Fakültesi, Kü Orman Fakültesi, Kastamonu,Artvin
- Lagouvardos, K., Kotroni, V., Giannaros, T. M., & Dafis, S. (2019). Meteorological Conditions Conducive To The Rapid Spread Of The Deadly Wildfire İn Eastern Attica, Greece. Bulletin Of The American Meteorological Society, 100(11), 2137-2145. Doi:10.1175/ Bams-D-18-0231.1
- Menteşe S., Oğurtanı S. 2019 “İstanbul İli Hava Kalitesinin Mekansal Ve Mevsimsel Değişimi” Yüksek Lisans Tezi, 18 Mart Üni Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale 7-10
- MGM (2021). Antalya, Manavgat 17954 Nolu İstasyon Verisi, T.C. Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara, Türkiye.

- Mihelcic J.R., Zimmerman J. B., 2010. Environmental Engineering: Fundamentals, Sustainability, Design. John Wiley & Sons, Inc
- Özkayalar Emir, Dursun Şükrü, Toros Hüseyin, 2021 :Journal Of Research In Atmospheric Science, "Investigation Of Air Pollution In Bursa" 13-20
- Özkütükçü M.,2021 "Keşan İlçesinde Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda Ölçülen Pm10 Ve PM<sub>2.5</sub> İçeriğinin Araştırılması" Uzmanlık Tezi, Trakya Üni. Edirne.
- Polat, O., 2002, Golden Software Surfer V.8 Kullanım İle İlgili Notlar.
- Qasim Mina Naseer,Dursun Şükrü, 2019 :Int. J. Of Environ. Poll. Environ. Modell., "Measurements Of Ambient Particle Material Level İn Shopping Centers İn Konya City" 37-43
- Romero A M As, Dursun Şükrü, 2022:J. Int. Environmental Application And Science,."Modelling Of Particle Matter Pollution İn 2021 Autumn İn Kosovo Region Of Konya Province, Turkey" vol 17(4) :148-155
- Shihab Abdulmuhsin S., (2021). "Assessment Of Ambient Air Quality Of Mosul City/Iraqvia Air Quality Index" Journal Of Ecological Engineering 2021, 22(10), 241–250
- Tel M., Sağlamtimur N.D., 2019 "Niğde İl Merkezinde Evsek Isınma Kaynaklı Emisyonların Aermod View Hava Kalitesi Modeli Kullanılarak İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üni, Niğde
- Tepe Ahmet M., Doğan G., 2019 "Türkiye'nin Güney Sahilinde Yer Alan Dört Şehrin Hava Kalitelerinin İncelenmesi" Araştırma Makalesi, Journal Of Engineering Sciences And Design, 7(3), 585-595,2019
- Tovag (2021). Web Tabanlı Yangın Davranışı Tahmin Sistemi (Ydtweb) (Tovag120o095). Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Tübitak) Proje Sonuç Raporu.
- Turaloğlu F.S. ,2011 "Şehirleşme Ve Doğalgaz Kullanımının Erzurum Hava Kalitesine Etkisi" Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 1(2): 41-45
- Turco, M., Jerez, S., Augusto, S., Tarín-Carrasco, P., Ratola, N., Jiménez-Guerrero, P., & Trigo, R.M. (2019). Climate Drivers Of The 2017 Devastating Fires İn Portugal. Scientific Reports, 9(1), 13886. Doi:10.1038/S41598-019-50281-2
- Ulubey Aydın, Gusev Aleksandr, Dursun Şükrü, Toros Hüseyin, Hadziç Majda, Yayın Yeri:Environmental Aspects Of Energy, 2021, "Evaluation Of Air Quality (Carbon Monoxide) In Megacity İstanbul"
- Url-1.1 Atmosfer Oluşturan Gazlar? [İnternet]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Erişim Tarihi: 31.05.2022). Available From: <https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=atmosfer>
- Url-1.2. Erişim Tarihi: 23.03.2023  
[https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon\\_iller.aspx?il=antalya](https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx?il=antalya)
- Url-1.3 Particulate Matter Pollution. [İnternet]. Epa (Erişim Tarihi: 05.01.2022); Available From: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#pm>

- Url-1.4 Ground-Level Ozone Basics. [Internet]. Epa (Erişim Tarihi:01.06.2022)  
Available From: <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics#effects>
- Url-1.5 Erişim Tarihi:01.06.2022 <https://egethm.csb.gov.tr/hava-kalitesi-indeksi-i-87403>
- Url-1.6 Erişim Tarihi 02.05.2023  
<https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=12188&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5>
- Url-3.1 Erişim Tarihi: (11.05.2022) [https://tr.wikipedia.org/wiki/antalya#cite\\_note-3](https://tr.wikipedia.org/wiki/antalya#cite_note-3)
- Url-3.2 Erişim Tarihi:11.05.2022  
[http://cografyaharita.com/haritalarim/2a\\_antalya\\_ili\\_fiziki\\_haritasi.png](http://cografyaharita.com/haritalarim/2a_antalya_ili_fiziki_haritasi.png)
- Url-3.3 Erişim Tarihi: 11.05.2022 <http://www.Antalya.Gov.Tr/Antalya-Tarihi>
- Url-3.4 Erişim Tarihi:11.05.2022 <https://www.antalya.bel.tr/>
- Url-3.5 Erişim Tarihi: 12.05.2022  
[https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/antalya\\_2020\\_cdr-20210812095503.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/antalya_2020_cdr-20210812095503.pdf)
- Url-3.6 Erişim Tarihi: 12.05.2022 <https://www.ogm.gov.tr/antalyaobm>
- Url-3.7 Erişim Tarihi: 15.02.2022  
[https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/antalya\\_cdr\\_2019\\_son-20200907101243.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/antalya_cdr_2019_son-20200907101243.pdf)
- Url- 3.8 Erişim Tarihi 14.06.2023  
<https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/hakkimizda/olcum-cihazlari>
- Url- 3.9 Erişim Tarihi 14.06.2023  
<https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/hakkimizda/olcum-yontemleri>
- Url-3.10 Erişim Tarihi: 15.03.2023  
[https://surferhelp.goldensoftware.com/griddata/idd\\_grid\\_data\\_kriging.htm?highlight=kriging](https://surferhelp.goldensoftware.com/griddata/idd_grid_data_kriging.htm?highlight=kriging)
- Url-3.11 Erişim Tarihi: 15.03.2023 <https://support.goldensoftware.com/hc/en-us/articles/231348728-a-basic-understanding-of-surfer-gridding-methods-part-1>
- Url-4.1.Erişim tarihi 02.05.2023 <https://www.sozcu.com.tr/2021/dunya/nasa-turkiyedeki-yanginlarin-uydu-goruntulerini-paylasti-6575916/>
- Varhan S.,2018 “Marmara Bölgesindeki İzleme İstasyonları Çevresine İlişkin Hava Kalitesinin İstatistiksel Metodlarla Değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üni, Kocaeli
- Vlassova, L., Cabello, F.P., Mimbero, M.R., Llovera, R.M., Martn, A. G., 2014. Analysis Of The Relationship Between Land Surface Temperature And Wildfire Severity In A Series Of Landsat Images, Remote Sensing, 6(7),6136-6162,
- Yahaya Noor Zaitun, Jalaludin J, Toros Hüseyin, Dursun Şükrü, 2022, Yayın Yeri:Iop Conference Series: Earth And Environmental Science,”Air Quality Status İn Konya City Centre, Konya, Turkey During Pandemic Covid-19”
- Yavaş Seher P., Baysan C., Önal A.E., 2021 “Have Quarantine Measures Affected The Air Quality Parameters? Condition Assessment. in 35 Countries” Online Turkish Journal Of Health Sciences 2021;6(4):562-568