

# Orman Yangınlarının Hava Kalitesine Etkisi: Antalya Örneği

İlyas BOLAT<sup>1,\*</sup>

<sup>1,\*</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

## Makale Tarihi

Gönderim: 12.09.2022

Kabul: 23.11.2022

Yayın: 15.12.2022

## Araştırma Makalesi



**Öz** – Hava kirliliği, havanın normal karışımında yer alamayan kirlleticilerin suya, canlılara, toprağa, ve materyallere zarar verecek konsantrasyonda ve yeterince uzun süre atmosferde bulunması olarak adlandırılmaktadır. Türkiye’de gözlemlenen yüksek sıcaklık ve düşük nem gibi atmosferik koşullar, orman yangınları için uygun ortamı meydana getirmektedir. Bitki artıkları ayrıştığında ya da yakıldığında atmosfere karışıklarından, orman yangınları da hava kirliliğine neden olan sebeplerden biri haline gelebilmektedir. Buradan hareketle yapılan çalışmada Türkiye’de 28 Temmuz–12 Ağustos 2021 tarihleri arasında çıkan orman yangınlarının hava kalitesine olan etkileri incelenmeye çalışılmıştır. Çıkan yangınlardan en fazla etkilenen Antalya ili olduğundan bu il seçilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 2020 yılı üç yaz ayı (haziran, temmuz ve ağustos) ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonu 44,89 µg/m<sup>3</sup>, 2021 yılı üç yaz ayı ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonu 37,61 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. PM<sub>2,5</sub>’un 2020 yılı ortalama konsantrasyonu 18,38 µg/m<sup>3</sup>, 2021 yılı ortalama konsantrasyonu 19,94 µg/m<sup>3</sup>’dür. Antalya’da kükürt dioksit yıllık ortalama olarak 2018’de 5,34 µg/m<sup>3</sup>, 2019’da 5,40 µg/m<sup>3</sup>, 2020’de 2,92 µg/m<sup>3</sup> ve 2021’de 4,13 µg/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir. 2019 Kasım ile 2022 Nisan ayı arasındaki dönemde Antalya’da karbon monoksit (CO) konsantrasyonu en düşük 41,95 (24.05.2020) µg/m<sup>3</sup> ve en yüksek 2151,9 µg/m<sup>3</sup> (21.12.2021) olarak tespit edilmiştir. Hava kirleticilerin başında gelen ve bu çalışmada ölçümü yapılan PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO) ve ozon (O<sub>3</sub>) parametrelerinin günlük ve yıllık konsantrasyonlarının limit değerleri sadece PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub> için aşılmıştır. Bundan dolayı, çalışmada değerlendirilmesi yapılan hava kirleticilerin 2021 yılı üç yaz ayına ait konsantrasyonlarının 2020 yılı ile yaklaşık benzerlik göstermesinden, gerçekleşen orman yangınının Antalya ve civarında hava kalitesini aşırı derecede olumsuz yönde etkileyen tek ve önemli bir faktör olmadığı söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler** – Hava kalitesi, karbon monoksit, kükürt dioksit, orman yangını, partikül madde

## The Effect of Forest Fires on Air Quality: The Case of Antalya

<sup>1,\*</sup> Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Bartın, Türkiye

## Article History

Received: 12.09.2022


Accepted: 23.11.2022

Published: 15.12.2022

## Research Article

**Abstract** – The presence of pollutants that are not in the normal composition of the air in the atmosphere at a concentration that will harm water, soil, living things, and materials for a long enough time is called air pollution. Atmospheric conditions such as low humidity and high temperature observed in Turkey create a suitable environment for forest fires. Forest fires can also become one of the causes of air pollution, as plant residues are released into the atmosphere when decomposed or burned. In this study, the effects of forest fires that broke out between 28 July and 12 August 2021 in Turkey’s air quality were tried to be examined. This province has been chosen because it is the province of Antalya, which was most affected by the fires. According to the results obtained, the average PM<sub>10</sub> concentration for the three summer months of 2020 (June, July, and August) was 44.89 µg/m<sup>3</sup>, and the average PM<sub>10</sub> concentration for the three summer months of 2021 was 37.61 µg/m<sup>3</sup>. The average concentration of PM<sub>2,5</sub> in 2020 was 18.38 µg/m<sup>3</sup>, and the average concentration in 2021 was 19.94 µg/m<sup>3</sup>. In Antalya, the annual average sulfur dioxide was 5.34 µg/m<sup>3</sup> in 2018, 5.40 µg/m<sup>3</sup> in 2019, 2.92 µg/m<sup>3</sup> in 2020, and 4.13 µg/m<sup>3</sup> in 2021. In the period between November 2019 and April 2022, the lowest carbon monoxide (CO) concentration in Antalya was 41.95 (24.05.2020) µg/m<sup>3</sup> and the highest was 2151.9 µg/m<sup>3</sup> (21.12.2021). The limit values of daily and annual concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO), and ozone (O<sub>3</sub>) parameters, which are the leading air pollutants and measured in this study, were exceeded only for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub>. Therefore, since the concentrations of the air pollutants evaluated in the study for the three summer months of 2021 are almost similar to those of 2020, it can be said that the forest fire that took place is not the only and important factor affecting the air quality in Antalya and its surroundings.

**Keywords** – Air quality, carbon monoxide, sulfur dioxide, forest fire, particle matter

<sup>1</sup>  ilyasbolat@bartin.edu.tr, bolat.ilyas@hotmail.com

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: İlyas Bolat

## 1. Giriş

İnsan sağlığı açısından hayati öneme sahip sorunlardan biri de hava kirliliğidir. İçinde kükürt dioksit, karbon monoksit, karbon dioksit taşıyan hava, solunum yoluyla insan sağlığını tehdit etmektedir. Diğer yandan kirli hava insanlar üzerinde psikolojik etkiye de sahiptir. Hava kirliliğinden en fazla etkilenenler, üst solunum yolu enfeksiyonlarına (ÜSYE) eğilimli olanlar, solunum ve astım hastaları, bebekler ve çocuklar ve yaşlılardır. Üstelik hava kirliliği, insan dışında hayvan ve bitki toplulukları ile toprağı da olumsuz etkilerken, yeryüzündeki iklimi de değiştirmektedir. Örneğin hava kirliliği bitkiler üzerinde genel olarak yaprakların sararması veya başka renklere geçişerek yeşilliğini kaybetmesi, yaprak dokularının harap olması ve büyümenin yavaşlaması gibi üç farklı şekilde tesir eder (Karpuzcu, 2004; Görmez, 2010; Türkeş, 2010, Bolat, 2021; Bolat ve Çakıroğlu, 2022).

Hava kirleticilerinin pek çoğu doğal ve yapay yani insan faaliyetleri neticesinde ortaya çıkar ve atmosfere verilirler. Doğal olarak meydana gelen hava kirleticileri tuz spraylerinden, mantar sporlarından, çiçek tozu zerreciklerinden, volkanik olarak oryaya çıkan ince tozlarından ve orman yangını dumanlarından meydana gelmektedir. İnsan faaliyetleri neticesi ortaya çıkan kirleticiler, yakma tesislerinden (ısınma kaynaklı kömür, doğalgaz vb.), ulaşım vasıtalarından ve sanayi kuruluşlarından kaynaklanır (Karpuzcu, 2004; Kara ve Bolat, 2007). O halde hava kirleticisi, havadaki birikimleri belirli bir sınır düzeyin üzerinde ya da yüksek düzeyde olduğunda canlı yaşamı ve çevre üzerinde ciddi zararlara neden olan gaz, aerosol, uçucu parçacık, vb. maddelere verilen isimdir. Gerçekte havada yüzlerce hava kirleticisi olmakla birlikte canlı yaşamı ve çevre üzerinde en fazla zarara neden olanlar kükürt bileşikleri, azot bileşikleri, ozon, partikül maddeler (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub>), karbon monoksit, uçucu organik bileşikler (VOC) ile kurşun ve cıva gibi ağır metallerdir (Türkeş, 2010).

2021 yılında bir dizi yıkıcı orman yangını, önce haziran ayında ve ardından temmuz ayının sonundan ağustos ayının ortasına kadar rekor kıran sıcak hava dalgalarıyla aynı zamanda meydana gelmiştir. Bu yangınlar Fransa, Yunanistan, Arnavutluk, İtalya, İspanya, Kuzey Makedonya ve Türkiye, Kuzey Afrika'da Tunus ve Cezayir dahil olmak üzere Akdeniz'deki ülkeler ile İsrail ve Lübnan gibi Orta Doğu ülkelerini de ciddi olarak etkilemiştir. Öyle ki alevler tarlaları, çiftlikleri ve ormanları ciddi şekilde tahrip etmiştir. Etrafa yayılan ve yükselen alevler, Olympia ve Atina gibi antik şehirlerin eteklerine kadar ulaşmıştır. Görevliler Katanya, Evia ve Bodrum sahillerini güçlükle tahliye etmişlerdir. İtfaiyecilerin biçare kaldığı anlar olmuştur. Yangının hasar verdiği yerlerde yaşayan kimi insanlar ne yazık ki kendilerine ait evlerinde öldüler. Netice olarak, dünyada en az 86 kişi yangınlar sebebiyle yaşamını kaybetmiştir. Bu bağlamda 2017'den sonra 2021 yılı, Akdeniz'de meydana gelen orman yangınları için kayıtlara geçen en kötü ikinci yıl olmuştur (URL-1, 2022). Bu konuya Orman Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılı faaliyet raporunda da yer verilmiştir. Raporda yaz aylarında Türkiye'nin 49 ilinde çıkan 299 orman yangına ilişkin veriler paylaşılmıştır. Rapora göre 2020 yılında 3 bin 339 orman yangınında 20 bin 971 hektar alan yanarken, 2021 yılında orman yangını sayısı 2 bin 793'e düşmesine karşın yanan alan sayısı 139 bin 503 hektara yükseldiği bildirilmektedir (OGM, 2021; URL-2, 2022). Öte yandan uydu verileri de, temmuz ayında Türkiye'deki yangınların, yaklaşık yirmi yıl önce kapsamlı kayıtların tutulmasına başlanmasından bu yana gördüğümüzden dört kat daha yüksek bir ısı yoğunluğuna sahip olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda yangınlar, yaşayan hafızanın en kötüsü olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'den Akdeniz üzerinde dalgalanan büyük duman bulutlarını, Kara Renk Enstrümanı (OLCI) ve Sentinel-3 Okyanus tarafından çekilen uydu görüntüleri göstermektedir (Şekil 1.). Yetkililer Türkiye'nin Ege kıyısında bulunan Bodrum'da binlerce kişiyi dumandan ve alevlerden kaçırmak için tekne ve gemilere bindirerek başka yerleşim yerlerine nakledilmişlerdir. Ülkemizde yangınlardan etkilenen on binlerce kişi evlerinden tahliye edilmiş, en az dokuz kişi ise ölmüştür (URL-1, 2022).

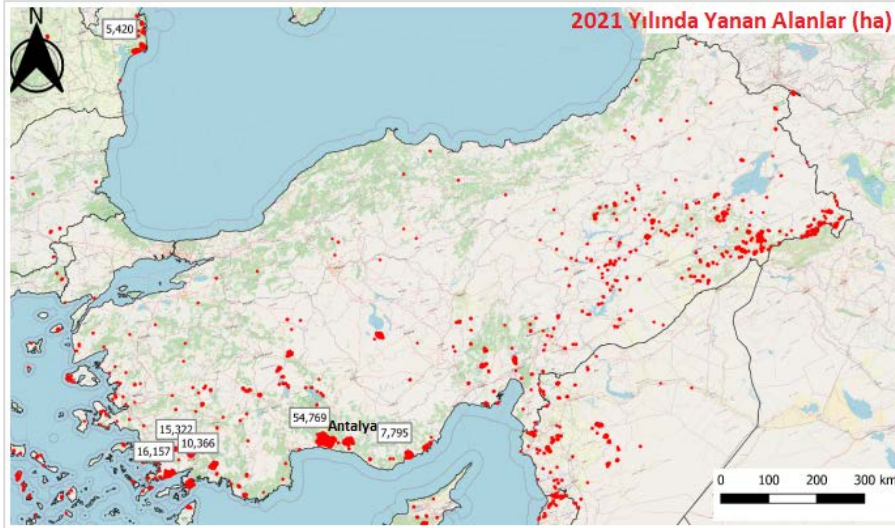


Şekil 1. Kara Renk Enstrümanı (OLCI) ve Sentinel-3 Okyanus tarafından çekilen uydu görüntüleri (URL-1, 2022)

Çevre kirliliği kavramı hava, su ve toprak kirliliği gibi çeşitli türlerde karşımıza çıkan ve insan hayatının kaçınılmaz bir yan ürünüdür. Hava kirliliği, söz konusu bu kirlilik çeşitleri içinde hâlâ kayda değer bir problem olarak insan sağlığını tehdit etmektedir. Hava kirliliği, havanın normal karışımında yer alamayan kirleticilerin suya, canlılara, toprağa ve materyallere zarar verecek konsantrasyonda ve yeterince uzun süre atmosferde bulunması olarak adlandırılır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre, dünya nüfusunun %91'ini oluşturan popülasyonun yaşadığı yerlerde hava kalitesinin sınır değerleri aşılmakta ve hava kirliliğine bağlı olarak her yıl 4.2 milyon kişi yaşamını yitirmektedir (Kara ve Bolat, 2008; WHO, 2020; Zeydan, 2021). Bu çalışmada, Ulusal Hava Kalite İzleme Ağı'nda yer alan Antalya kent merkezinde yer alan hava kalitesi izleme istasyonu tarafından 2018 yılından 2022 Nisan ayının başına kadar ölçülen kükürt dioksit ( $SO_2$ ), partikül maddeler ( $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$ ), ozon ( $O_3$ ) ve karbon monoksit (CO) konsantrasyonlarının Ulusal mevzuattaki ve Dünya Sağlık Örgütü'nün günlük ve yıllık sınır değerleri gereğince değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca 28 Temmuz 2021 yılında Antalya'nın Manavgat ilçesinde başlayan ve 12 Ağustos 2021 itibarıyla Muğla'nın Köyceğiz ilçesindeki yangının da söndürülmesi ile tamamen kontrol altına alınan orman yangınlarının yukarıda ifade edilen hava kalitesi parametreleri üzerinde etkisinin olup olmadığı da yorumlanmaya çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı olarak 2021 yılında yaz aylarında çıkan orman yangınlarından en fazla etkilenen iller arasında yer alan Antalya seçilmiştir. Antalya'da yaklaşık olarak 54.769 ha alan çıkan yangınlardan zarar görmüştür (Şekil 2.) (San-Miguel-Ayanz vd., 2022) Antalya'da üçü kent merkezinde olmak üzere sekiz adet Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ile hava kalitesi ölçümleri yapılmaktadır. Ölçümler anlık olarak Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na ait internet sitesine aktarılmaktadır. Bu yüzden 2018 yılından 2022 yılının Nisan ayının başına kadarki döneme ilişkin günlük ortalama kükürt dioksit ( $SO_2$ ), partikül madde ( $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$ ), ozon ( $O_3$ ) ve karbon monoksit (CO) konsantrasyon değerleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından işletilen Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından temin edilmiştir. Ülkemizde hava kalitesi ölçümü yapan tüm istasyonların verilerini Ulusal Hava Kalite İzleme Ağı web sitesinden indirmek mümkündür (ÇŞB, 2022). Çalışmanın bir amacı da yangının hava parametrelerine olan etkisini değerlendirmek olduğundan yukarıda ifade edilen bütün değişkenler için 2020 ve 2021 yıllarının üç yaz ayının (haziran, temmuz ve ağustos) günlük ortalama değerleri ilgili siteden indirilerek karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere ilişkin sonuçlar ve grafikler Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ve Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi 2013/3 ile Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) günlük ve yıllık sınır değerleri gereğince değerlendirilmiştir (ÇŞB, 2008; ÇŞB, 2013; WHO, 2022).



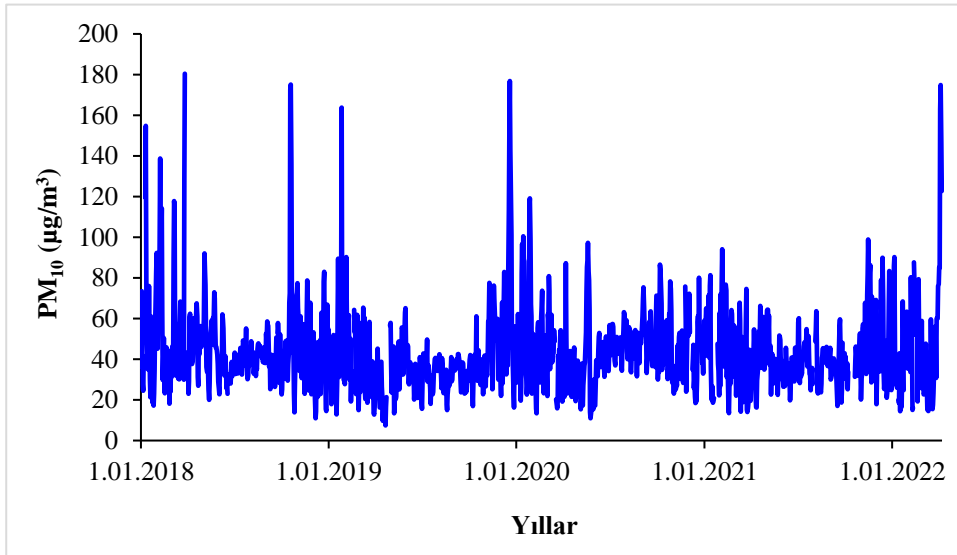
Şekil 2. Türkiye'de 2021 yılında yanmış alanlar. En büyük yangınlar kırmızı renk ile gösterilmiş ve büyüklük olarak hektar (ha) ile belirtilmiştir (San-Miguel-Ayanz vd., 2022'den değiştirilerek)

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Partikül Maddeler (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub>)

##### 3.1.1. PM<sub>10</sub>

PM<sub>10</sub>'un 2018, 2019, 2020 ve 2021 yıllarında sırasıyla ortalama 46,86 µg/m<sup>3</sup>, 39,27 µg/m<sup>3</sup>, 44,44 µg/m<sup>3</sup> ve 41,86 µg/m<sup>3</sup> olarak değiştiği ortaya çıkmıştır. Bu zaman aralığında en düşük günlük PM<sub>10</sub> 06.01.2019 tarihinde 17,86 µg/m<sup>3</sup> ve en yüksek günlük PM<sub>10</sub> 27.03.2018 tarihinde 180,42 µg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir (Şekil 3.).

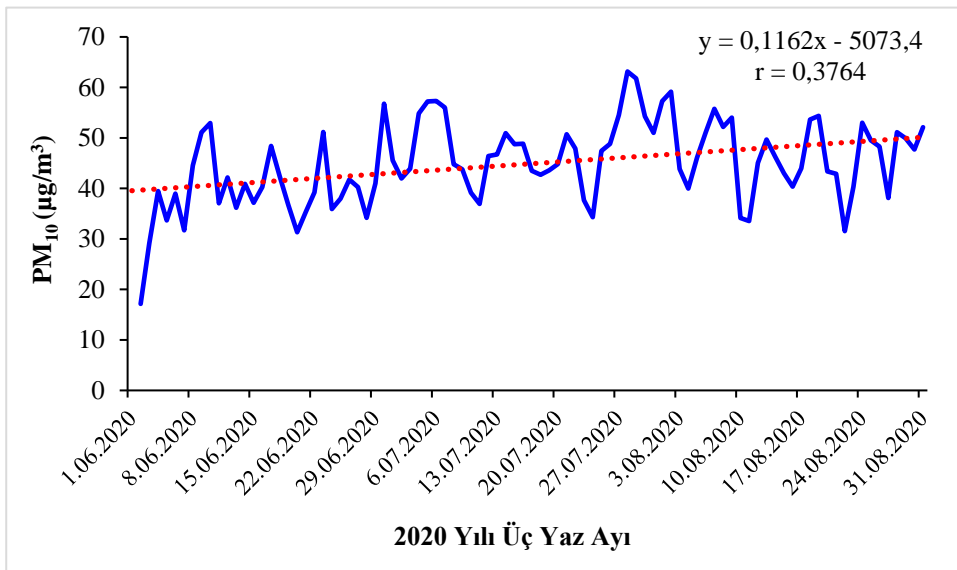


Şekil 3. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda PM<sub>10</sub>'un 2018-2022 yılları arasındaki günlük değişimi

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) PM<sub>10</sub>'un insan sağlığını olumsuz olarak etkilememesi için yıllık ortalama 15 µg/m<sup>3</sup> limit değerinin ve 24 saatlik ortalama 45 µg/m<sup>3</sup> limit değerinin aşmaması gerektiğini kabul etmektedir (WHO, 2022). Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine göre insan sağlığının korunması için PM<sub>10</sub>'un limit değerinin 24 saatlik ortalama 50 µg/m<sup>3</sup> ve yıllık ortalamasının 40 µg/m<sup>3</sup>'ü aşmaması gerektiği ifade edilmektedir. Çalışmada elde edilen PM<sub>10</sub> sonuçları Dünya Sağlık Örgütünün yıllık ortalama değeri olan 15 µg/m<sup>3</sup> ile karşılaştırıldığında söz konusu yılların ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının 2-3 kat daha yüksek olduğu söylenebilir. Ayrıca Antalya ili kent merkezinin yıllık PM<sub>10</sub> konsantrasyonları 2019 yılı hariç olmak

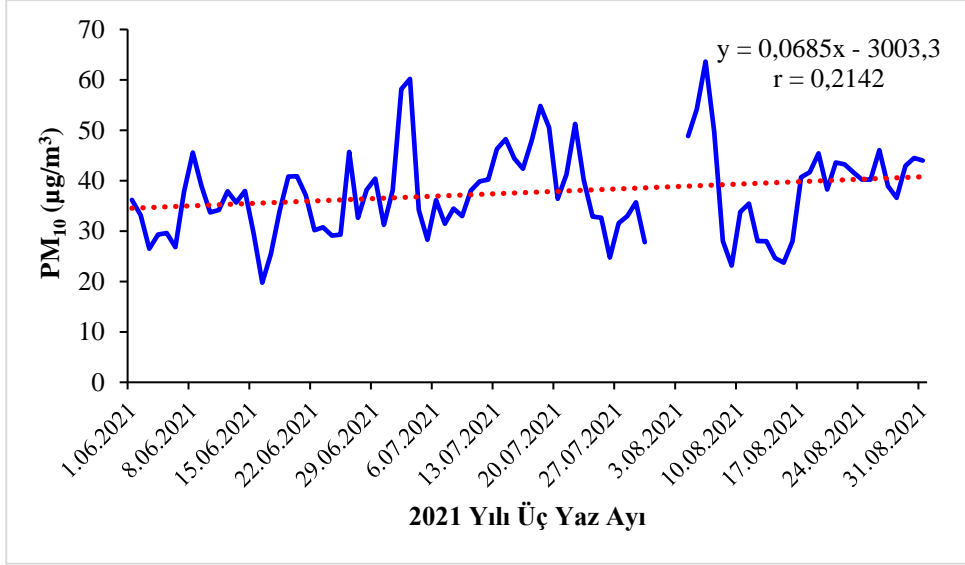
üzere ulusal mevzuatta (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği) yer alan yıllık ortalama değerin ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) biraz üzerinde seyretmektedir. İlgili şekil (Şekil 3.) incelendiğinde Antalya'nın günlük ortalama  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonlarının hem DSÖ'nün belirttiği ( $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) hem de ulusal mevzuatta (HKDYY) ifade edilen ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) limit değerlerinin üzerinde olan günleri de içerdiği görülmektedir. Öte yandan  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonunun kış aylarında nispeten arttığı ve yaz aylarında azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 3.). Bunun nedeni olarak kış aylarında ısınmaya bağlı emisyon nedeniyle kirletici maddelerin konsantrasyonu artmaktadır. Yaz sezonunda ise ısınmaya bağlı kirletici emisyonu azalmasına rağmen trafik, sanayi gibi faaliyetler devam ettiği için kirleticilerin konsantrasyonu daha düşük olmakla birlikte soluduğumuz ve içinde yaşadığımız havada varlığını devam ettirmektedir (İncecik ve İm, 2013; Akmaz, 2017; Yılmaz, 2019).

2020 yılının üç yaz ayında (haziran, temmuz ve ağustos) en düşük PM konsantrasyonunun 02.06.2020 tarihinde  $17,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en yüksek 28.07.2020 tarihinde  $63,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda 2020 yılında en yüksek  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonu temmuz ayında gözlenmiştir. 2020 yılı üç yaz ayı ortalama  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonu  $44,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür (Şekil 4.). Bu yılda en yüksek  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonu temmuz ayında gözlenmiştir.



Şekil 4. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda  $\text{PM}_{10}$ 'un 2020 yılı üç yaz ayı günlük değişimi

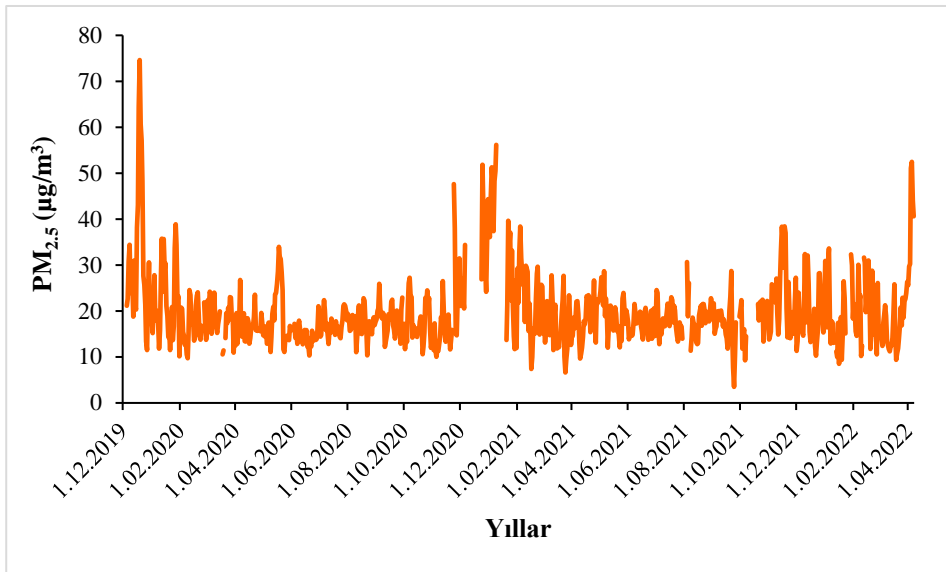
2021 yılının üç yaz ayında (haziran, temmuz ve ağustos) en düşük PM konsantrasyonunun 16.06.2021 tarihinde  $19,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en yüksek 06.08.2021 tarihinde  $63,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda 2021 yılında en yüksek  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonu ağustos ayında gözlenmiştir. Havada tespit edilen bu yüksek konsantrasyon da yangınların çıkış ve bitiş tarihlerine (28 Temmuz–12 Ağustos) denk gelmektedir. 2021 yılı üç yaz ayı ortalama  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonu  $37,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür (Şekil 5.). 2021 yılı üç yaz ayının ortalama  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonu 2020 yılı üç yaz ayının ortalama konsantrasyonundan yaklaşık  $2,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  daha düşüktür.



Şekil 5. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda PM<sub>10</sub>'un 2021 yılı üç yaz ayı günlük değişimi

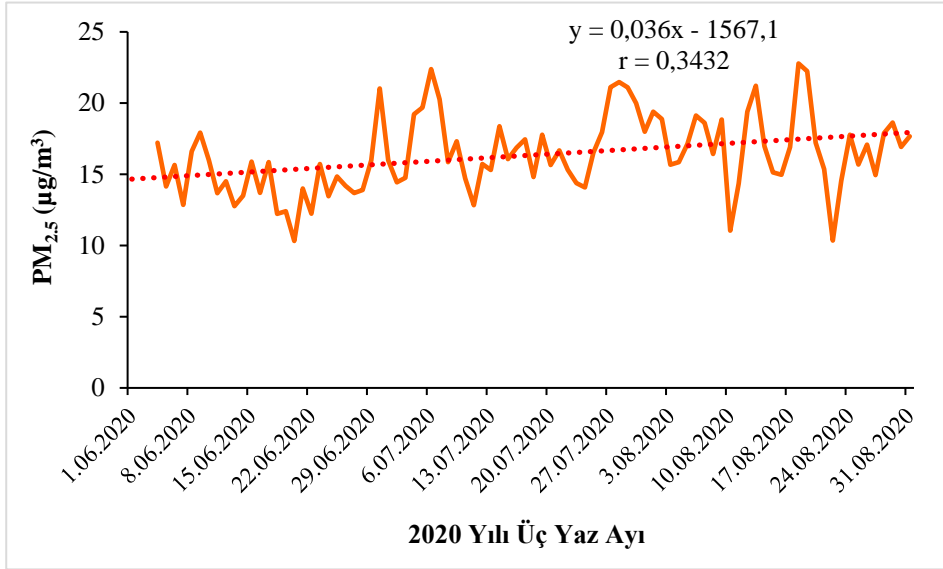
### 3.1.2. PM<sub>2.5</sub>

PM<sub>2.5</sub>'un 2020 yılı ortalama konsantrasyonu 18,38 µg/m<sup>3</sup>, 2021 yılı ortalama konsantrasyonu 19,94 µg/m<sup>3</sup>'dür. 2020 yılının en düşük ve en yüksek PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları sırasıyla 9,72 µg/m<sup>3</sup> (09.02.2020) ve 47,61 µg/m<sup>3</sup> (24.11.2020)'tür. PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu 2021 yılında en düşük 24.09.2021 tarihinde 3,5 µg/m<sup>3</sup> ve en yüksek 09.01.2021 tarihinde 56,17 µg/m<sup>3</sup> olarak gözlemlenmiştir. İlgili şekil (Şekil 6.) incelediğinde PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonunun kış aylarında daha yüksek değerlere ulaştığı buna karşılık yaz aylarında daha düşük değerlerin elde edildiği görülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) insan sağlığı için PM<sub>2.5</sub>'un limit değerinin yıllık ortalama 5 µg/m<sup>3</sup> ve 24 saatlik ortalama olarak ise 15 µg/m<sup>3</sup> olması gerektiğini ifade etmektedir (WHO, 2022). Diğer taraftan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre ülkemizde maalesef hala PM<sub>2.5</sub> için kabul edilmiş günlük veya yıllık limit değer bulunmamaktadır (ÇŞB, 2013). Her iki yılda da elde edilen sonuçlar PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarının DSÖ'nün belirttiği yıllık ortalama (5 µg/m<sup>3</sup>) limit değerinin üzerinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonlarının 24 saatlik ortalama değerinin DSÖ'nün belirttiği (15 µg/m<sup>3</sup>) limit değerinin üzerinde olan günleri de içerdiği görülmektedir.



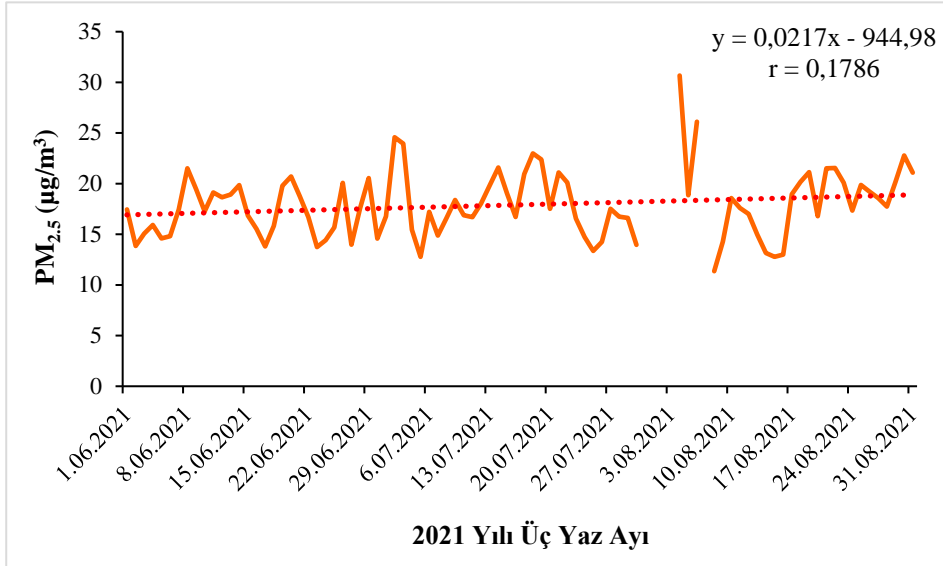
Şekil 6. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda PM<sub>2.5</sub>'in 2019 Aralık ile 2022 Nisan ayları arasındaki günlük değişimi

PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonunun 2020 yılının üç yaz ayı ortalaması 16,35 µg/m<sup>3</sup>'dür. Bu dönem içerisinde en düşük PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu 20.06.2020 tarihinde 10,32 µg/m<sup>3</sup>'dür. En yüksek PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu ise 22,24 µg/m<sup>3</sup> ile 19.08.2020 tarihinde tespit edilmiştir (Şekil 7.).



Şekil 7. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda PM<sub>2.5</sub>'in 2020 yılı üç yaz ayı günlük değişimi

2021 yılı üç yaz ayında gözlemlenen PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon ortalaması 17,88 µg/m<sup>3</sup>'dür. Aynı dönem içerisinde gözlemlenen en düşük PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu 11,36 µg/m<sup>3</sup> (08.08.2021) iken en yüksek 30,67 µg/m<sup>3</sup> (05.08.2021) dür (Şekil 8.). Her iki yıla ait ortalama PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları kıyaslandığında değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bununla birlikte en yüksek PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu (30,67 µg/m<sup>3</sup>) yörede gerçekleşen yangının zaman aralığında (27 Temmuz–12 Ağustos 2021) tespit edilmiştir.



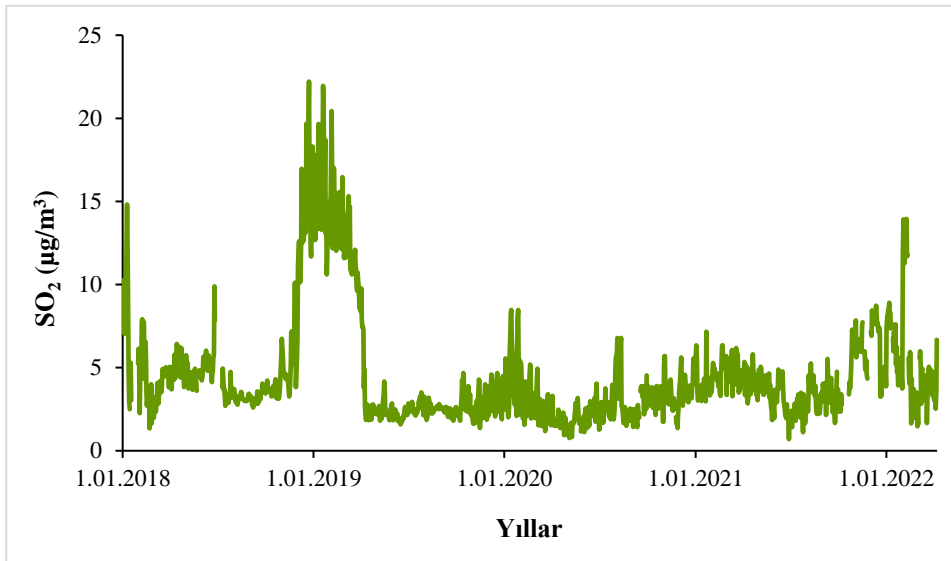
Şekil 8. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda PM<sub>2.5</sub>'in 2021 yılı üç yaz ayı günlük değişimi

Antalya ili için hem 2020 yılı hem de 2021 yılının ait üç yaz ayında PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonu 24 saatlik (günlük) ortalama değerlerinin DSÖ'nün belirttiği (15 µg/m<sup>3</sup>) limit değerinin üzerinde olan günleri de içerdiği görülmektedir. Bilindiği üzere PM<sub>2.5</sub> aerodinamik çapı 2,5 µm'den küçük olan ince solunabilir partikülleri, PM<sub>10</sub> ise aerodinamik çapı 10 µm'den küçük olan kaba solunabilir partikülleri ifade etmek için kullanılır. Partikül maddelere maruziyet, literatürde solunum ve dolaşım sistemi hastalıklarıyla ilişkilendirilmiştir. Güncel bulgular,

partikül madde kirliliğinin aynı zamanda bebeklerin daha düşük kilo ile doğmasına sebep olduğunu, beyin ve sinir sistemini de etkilediğini, obezite ve metabolik sendrom riskini arttırdığını da belirtmektedir (Polichetti vd., 2009; Kim vd., 2015; Kim vd., 2016; Wei vd., 2016; Chew vd., 2020; Zeydan, 2021). Bununla birlikte partikül madde (PM) özellikle kalp problemleri, kanser, solunum yolu hastalıkları üzerinde etkili olmakla birlikte bebek ölüm oranlarında artışa yol açabilmektedir (Dikmen, 2019). Partikül madde kirliliği, sağlık etkilerinin dışında yaş ve kuru çökeltme ile ekosistemlerin yapısına da dâhil olmakta ve toprağın yapısını değiştirmektedir. Ayrıca yapraklar üstünde birikerek yeşil bitkilerde de fotosentez oranını etkilemektedir (Rai, 2016; Zeydan, 2021).

### 3.2. Kükürt Bileşikleri (SO<sub>2</sub>)

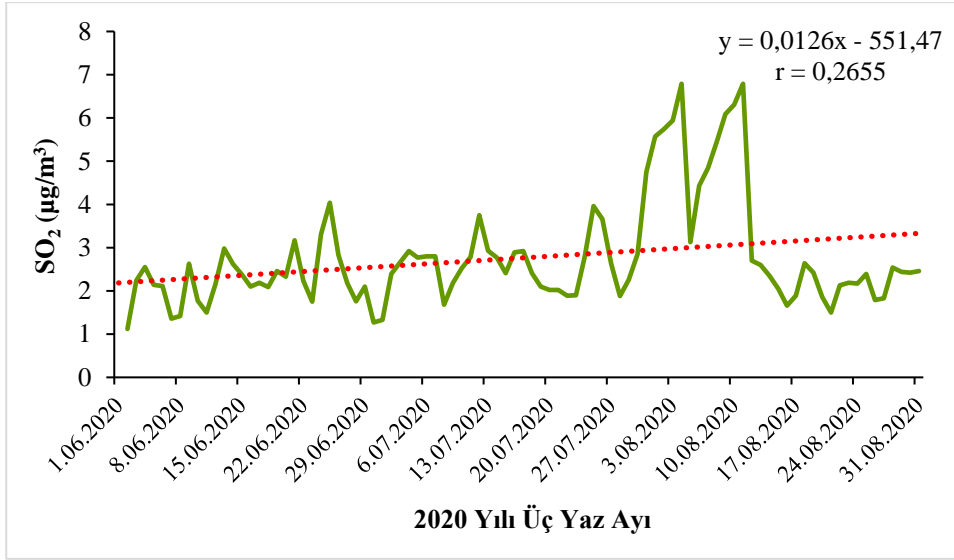
Antalya iline ait 2018 Ocak yılı ile 2022 Nisan ayı arasındaki zamana ilişkin kükürt dioksitin (SO<sub>2</sub>) günlük değişimi ilgili şekilde (Şekil 9.) gösterilmiştir. Ayrıca Antalya’da kükürt dioksit yıllık ortalama olarak 2018’de 5,34 µg/m<sup>3</sup>, 2019’da 5,40 µg/m<sup>3</sup>, 2020’de 2,92 µg/m<sup>3</sup> ve 2021’de 4,13 µg/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir. İncelenen zaman aralığı içerisinde 23.12.2018 tarihinde 22,21 µg/m<sup>3</sup> ile kükürt dioksitin (SO<sub>2</sub>) günlük en yüksek değeri gözlemlenmiştir. Dünya sağlık örgütüne tarafından insan sağlığının korunması için 24 saatlik ortalama SO<sub>2</sub>’in limit değerinin 40 µg/m<sup>3</sup> olması gerektiği bildirilmektedir (WHO, 2022). Öte yandan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine göre ise SO<sub>2</sub>’in 24 saatlik ortama limit değerinin 125 µg/m<sup>3</sup> ve yıllık ortalama değerinin ise 20 µg/m<sup>3</sup> olması gerekmektedir (ÇŞB, 2013). Elde edilen bu sonuçlara göre Antalya’da ölçüm yapılan 2018–2022 yılları arasındaki kükürt dioksitin (SO<sub>2</sub>) 24 saatlik ortalama limit değerlerinin hem dünya sağlık örgütünün (WHO–40 µg/m<sup>3</sup>) hem de ulusal mevzuatta (HKDYY–125 µg/m<sup>3</sup>) belirtilen limitlerin altında kaldığı ortaya çıkmıştır. Benzer olarak kükürt dioksit yıllık ortalama değer olarak söz konusu yıllarda ulusal mevzuatta (HKDYY–20 µg/m<sup>3</sup>) belirtilen değerin çok altında seyretmektedir.



Şekil 9. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda SO<sub>2</sub>’nin 2018–2022 yılları arasındaki günlük değişimi

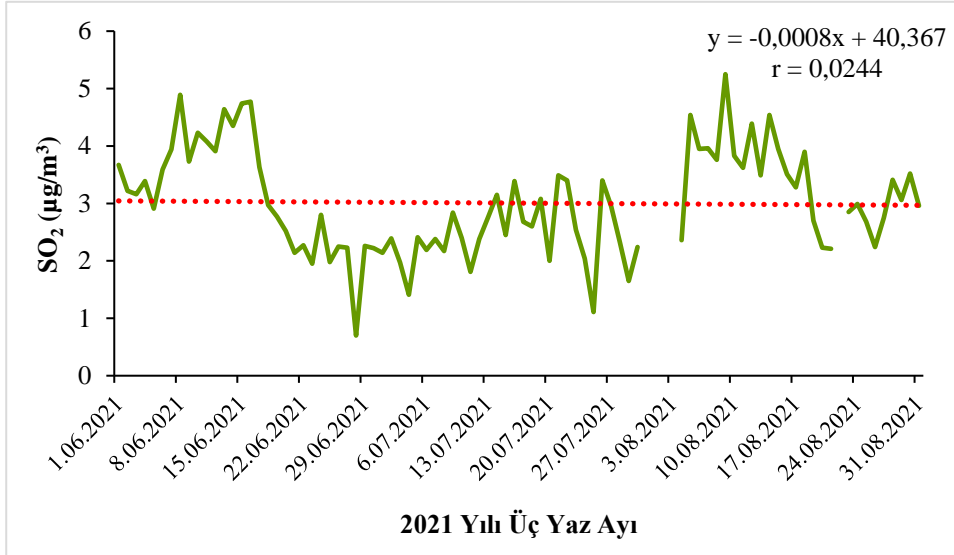
Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) konsantrasyonunun 2020 yılının üç yaz ayı ortalaması 2,76 µg/m<sup>3</sup>’dür. Bu dönem içerisinde en düşük SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 02.06.2020 tarihinde 1,12 µg/m<sup>3</sup>’dür. En yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ise 6,79 µg/m<sup>3</sup> ile 04.08.2020 ile 11.08.2020 tarihlerinde tespit edilmiştir (Şekil 10.). Şekil incelendiğinde (Şekil 10.) 2020 yılının üç yaz ayında kükürt dioksitin (SO<sub>2</sub>) 24 saatlik ortalama limit değerlerinin hem dünya sağlık örgütünün (WHO–40 µg/m<sup>3</sup>) hem de ulusal mevzuatta (HKDYY–125 µg/m<sup>3</sup>) belirtilen limitlerin altında kaldığı günleri içerdiği ortaya çıkmıştır.





Şekil 10. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda SO<sub>2</sub>'nin 2020 yılı üç yaz ayı günlük değişimi

Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) konsantrasyonunun 2021 yılının üç yaz ayı ortalaması 3,00 µg/m<sup>3</sup>'dür. Bu dönem içerisinde en düşük SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 28.06.2021 tarihinde 0,70 µg/m<sup>3</sup>'dür. En yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ise 5,25 µg/m<sup>3</sup> ile 09.08.2021 tarihinde tespit edilmiştir (Şekil 11.). Şekil incelendiğinde (Şekil 11.) 2021 yılının üç yaz ayında kükürt dioksitin (SO<sub>2</sub>) 24 saatlik ortalama limit değerlerinin hem dünya sağlık örgütünün (WHO-40 µg/m<sup>3</sup>) hem de ulusal mevzuatta (HKDYY-125 µg/m<sup>3</sup>) belirtilen limitlerin altında kaldığı günleri içerdiği ortaya çıkmıştır.



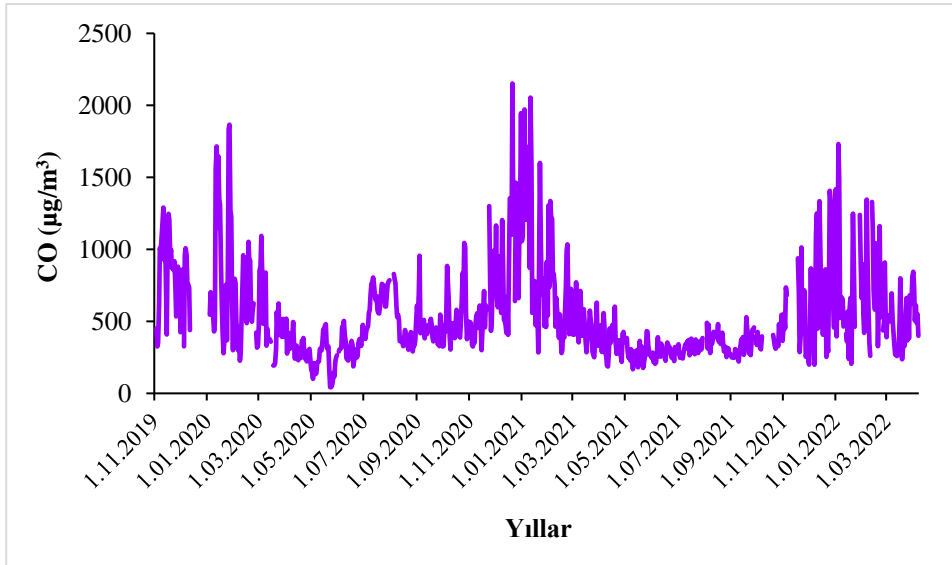
Şekil 11. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda SO<sub>2</sub>'nin 2021 yılı üç yaz ayı günlük değişimi

Kükürt bileşikleri, ciddi sağlık tehlikeleri oluşturan ve yağışların oluşmasında en önemli rolü oynayan hava kirleticisi maddelerdir. Bitkilerin yaklaşık %1'i kükürt (S) elementinden oluşur. Bitki artıkları ayrıştığından ya da yakıldığında, bir kükürt atomu (S) bir oksijen molekülüyle (O<sub>2</sub>) birleşir ve oluşan kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) molekülü atmosfere katılır. Bu nedenle, bitki artıkları, odun ve fosil yakıtları (kömür, petrol ve doğalgaz) atmosferdeki kükürtün potansiyel hazneleri durumundadır (Türkeş, 2010). Hava kalitesini tehdit eden başlıca kirleticilerden olan kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) çeşitli solunum yolu rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Kükürt dioksitin akut sağlık etkileri vardır ve hedef organı akciğerlerdir. Söz konusu sağlık etkileri tahriş ve nefes yollarının daralması şeklinde görülür. Bu daralmalar yapışkan salgıların temizlenmesinde azalmalara neden

olur (ÇŞB, 2016; Dikmen, 2019). Kükürt dioksit ( $SO_2$ ), suda ve dolayısıyla vücut sıvısında (kanda) büyük ölçüde çözülebilir bir gazdır. Bu maddenin en önemli tesiri üst solunum yollarının cidarlarını zedeleyerek, neticede hava akışına olan mukavemetini azaltmasıdır. Sağlıklı insanlarda boğaz yanması, öksürme ve teneffüs güçlüğü yanında  $SO_2$  0,5 ppm değerine yaklaştığında hissedilir. Ayrıca kükürt dioksitin, sodyum klorür gibi aerosollar (gaz ortamda askı halinde bulunan çok küçük zerrecikler) ile birlikte bulunması halinde çok daha tehlikeli olduğu bildirilmektedir (Karpuzcu, 2004; ÇŞB, 2016). Öte yandan beyaz lekeler, damarlar arasında beyazlaşma, klorozis (klorofil kaybına bağlı sararma) yüksek oranda kükürt dioksit maruz kalan bitkilerde görülen belirtilerdir (ÇŞB, 2016).

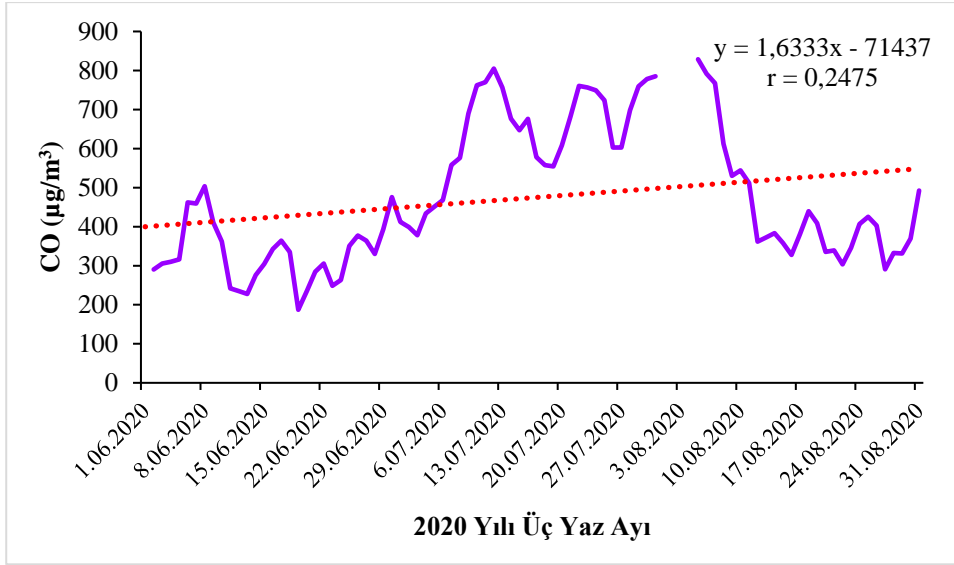
### 3.3. Karbon monoksit (CO)

2020 yılı ortalama karbon monoksit (CO) konsantrasyonu  $537,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 2021 yılı ortalama karbon monoksit (CO) konsantrasyonu  $475,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2019 Kasım ile 2022 Nisan ayı arasındaki dönemde Antalya'da CO konsantrasyonu en düşük  $41,95$  (24.05.2020)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ve en yüksek  $2151,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (21.12.2021) olarak tespit edilmiştir (Şekil 12.). Şeklin incelenmesinden görülebileceği gibi yıl içerisindeki CO konsantrasyonu ilkbahar aylarından başlayarak yaz aylarında en düşük seviyelerine düşmüş, buna karşılık sonbahar aylarından başlayarak kış aylarında ise en yüksek seviyelerine çıkmıştır.



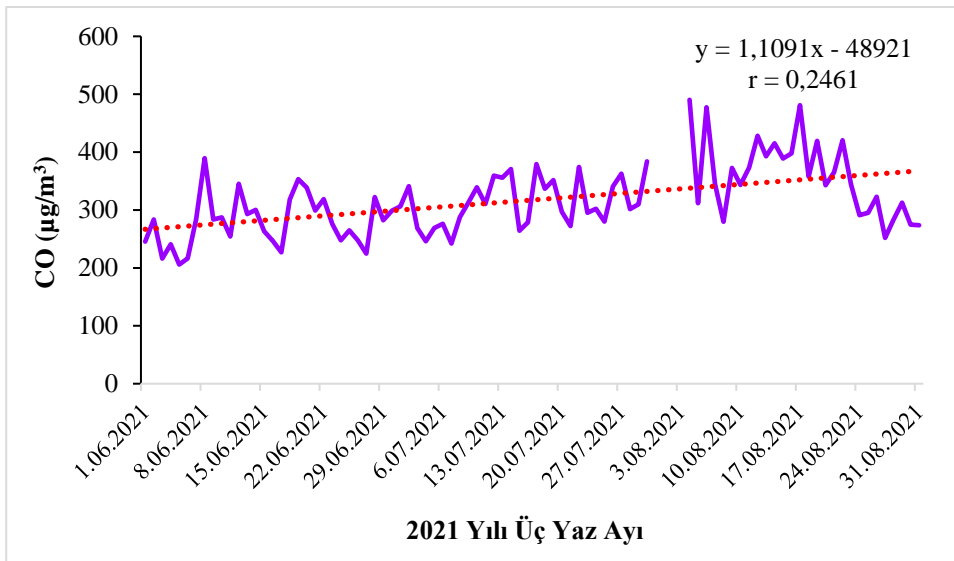
Şekil 12. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda CO'nun 2019 Aralık ile 2022 Nisan ayları arasındaki günlük değişimi

2020 yılı üç yaz ayının ortalama CO konsantrasyonu  $473,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Bu üç yaz ayında CO konsantrasyonu en düşük  $187,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (19.06.2020), en yüksek  $828,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (05.08.2020)'tür. Söz konusu aylarda karbon monoksit değerleri artış yönünde eğilim göstermiştir (Şekil 13.). Öte yandan CO'nun 2020 yılı üç yaz ayına ilişkin grafiği incelendiğinde sonuçların ulusal mevzuatta ifade edilen değer (10.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) çok altında olduğu görülmektedir.



Şekil 13. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda CO'nun 2020 yılı üç yaz ayı günlük değişimi

2021 yılı üç yaz ayının ortalama CO konsantrasyonu  $316,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Bu üç yaz ayında CO konsantrasyonu en düşük  $205,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (05.06.2021), en yüksek  $490,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (04.08.2021)'tür. Üç yaz ayında karbon monoksit değerleri artış yönünde eğilim göstermektedir (Şekil 14.). Bununla birlikte CO'nun 2021 yılı üç yaz ayına ilişkin grafiği incelendiğinde sonuçların ulusal mevzuatta ifade edilen değer (10.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) çok altında olduğu da görülmektedir.



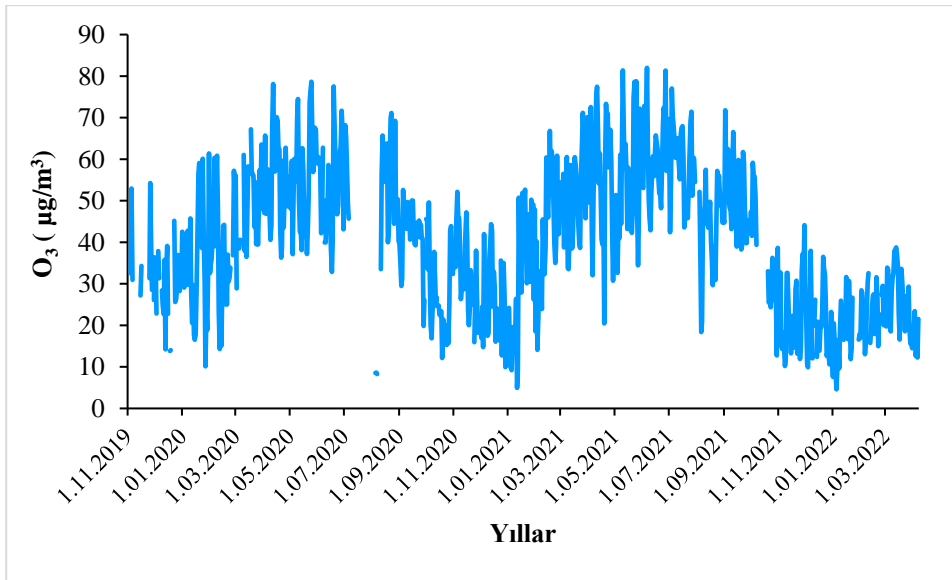
Şekil 14. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda CO'nun 2021 yılı üç yaz ayı günlük değişimi

Kanın oksijen taşıma kapasitesinde azalmaya neden olarak ölümlerle sonuçlanabilen olumsuz etkilere sahip olan ve hava kalitesini tehdit eden diğer bir kirlenici de karbon monoksit (CO) (Dikmen, 2019). Eğer havanın içerisinde karbon monoksit (CO) miktarı fazlalaşır ise CO kandaki hemoglobin (Hb) ile birleşerek karboksihemoglobin (COHb) yapar. İnsan kanındaki hemoglobin CO ile birleşmeye karşı, oksijene nazaran 210 defa daha fazla ilgi duyduğundan, kanda oksijen taşınması sekteye uğrar. Bunun sonucunda karboksihemoglobin teşekkülü hücrelere  $\text{O}_2$  taşıyan hemoglobini büyük ölçüde azaltır ve oksijen eksikliğinden ölümler meydana gelir (Karpuzcu, 2004). Yüksek oranda CO oksijensiz kalmaya neden olduğundan, insanlarda güç ve refleks kaybı, yorulma, baş ağrısı gibi beyinin oksijensiz kalmasına ait belirtiler oluşmaktadır. Merkezi sinir sistemi ve beyin fonksiyonları etkilenmektedir. Buna birde akciğer ve kalbin de

olumsuzlukları eklendiğinde ölümcül etkiler ortaya çıkmaktadır (ÇŞB, 2016). Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde insan sağlığının korunması için karbon monoksitin (CO) maksimum günlük 8 saatlik ortalamasının  $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşmaması gerektiği bildirilmektedir (ÇŞB, 2013). Çalışmada elde edilen sonuçlar, ulusal mevzuatta ifade edilen değer ( $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ile kıyaslandığında söz konusu değer çok altında kaldığı ortaya çıkmaktadır. Elde edilen veriler doğrultusunda CO'nun hava kalitesini olumsuz olarak etkilemediği söylenebilir.

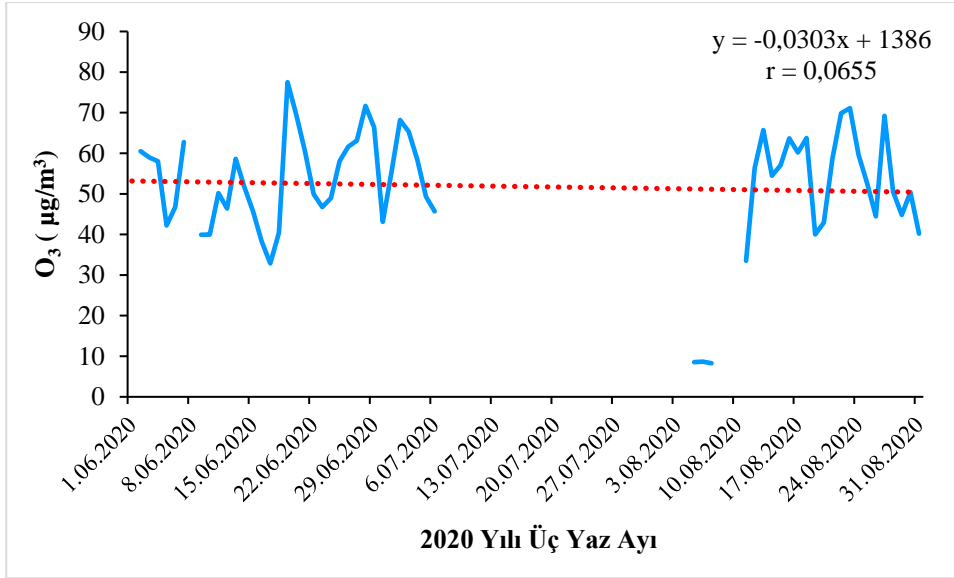
### 3.4. Ozon (O<sub>3</sub>)

2020 yılında ortalama ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyonu  $42,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$  iken, 2021 yılında ortalama ozon konsantrasyonu  $44,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2019 Kasım ile 2022 Nisan ayı arasındaki dönemde Antalya'da ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyonu en düşük  $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (05.01.2022) ve en yüksek  $81,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (06.06.2021) olarak tespit edilmiştir (Şekil 15.). Şeklin incelenmesinden görülebileceği gibi yıl içerisindeki O<sub>3</sub> konsantrasyonu ilkbahar aylarından başlayarak yaz aylarında en yüksek seviyelerine çıkmış, buna karşılık sonbahar aylarından başlayarak kış aylarında ise en düşük seviyelerine inmiştir.



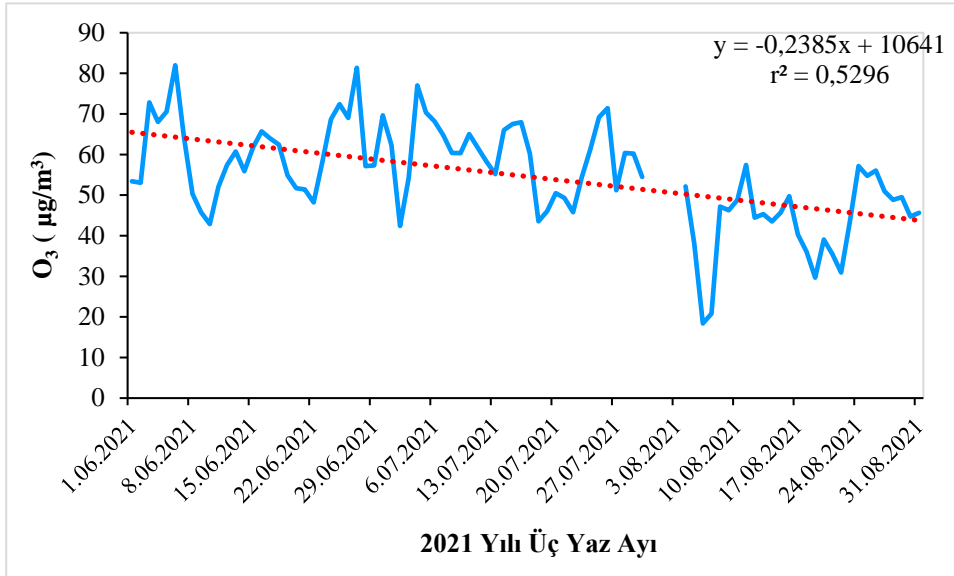
Şekil 15. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda O<sub>3</sub>'ün 2019 Aralık ile 2022 Nisan ayları arasındaki günlük değişimi

2020 yılının üç yaz ayına ait O<sub>3</sub> ortalaması  $51,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Bu üç yaz ayında ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyonu en düşük  $8,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (07.008.2020), en yüksek  $77,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (19.06.2020)'tür. Üç yaz ayında ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyonunun günlük değerlerinde önemli bir değişim olmamış, bu yüzden ozon konsantrasyonu yatay seyir göstermiştir (Şekil 16.).



Şekil 16. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda O<sub>3</sub>'ün 2020 yılı üç yaz ayı günlük değişimi

2021 yılının üç yaz ayına ait O<sub>3</sub> ortalaması 54,80 µg/m<sup>3</sup>'tür. Bu üç yaz ayında ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyonu en düşük 18,39 µg/m<sup>3</sup> (06.08.2021), en yüksek 81,99 µg/m<sup>3</sup> (06.06.2021)'tür. Bu aylarda ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyon değerleri günlük olarak azalma yönünde eğilim göstermiştir (Şekil 17.).



Şekil 17. Antalya kent merkezinde bulunan hava kirliliği ölçüm istasyonunda O<sub>3</sub>'ün 2021 yılı üç yaz ayı günlük değişimi

Hava kalitesini olumsuz etkileyen ozon, güçlü bir oksitleyicidir. İnsanlarda solunum sistemini etkiler ve en başta gelen olumsuz etkisi akciğer dokusuna verdiği zarardır. Diğer bir ifade ile akciğerlerde kanama ve tıkanmalara yol açar. Ozonun akut etkileri arasında göğüs ağrıları, öksürük, baş ağrısı, göz yaşarması, akciğer fonksiyon kayıpları ve astım nöbetleridir (Karpuzcu, 2004; ÇŞB, 2016). Öte yandan yüksek oranda görülen ozon (O<sub>3</sub>) bitkilerde; küçük bereler, leke, pigmentasyon, beyazımsı noktalar, yaprakların alt kısmında parlaklık artışı, gümüşü, broz rengine dönüşme, genç yapraklar da çok hassasiyet, spongy hücreler, iğne yapraklı bitkilerde ise kahverengi renge dönüş ve tahrip oluşmasına neden olur (ÇŞB, 2016). Dünya sağlık örgütü insan sağlığının korunması için maksimum günlük 8 saatlik ortama ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyonunun 100 µg/m<sup>3</sup>'ü aşmaması, en yoğun mevsimde de 8 saatlik ortalamasının 60 µg/m<sup>3</sup>'ü aşmaması gerektiğini vurgulamaktadır (Yoğun sezon/mevsim en yüksek altı aylık sürekli ortalama O<sub>3</sub> konsantrasyonu ile birbirini izleyen altı aydaki

günlük maksimum 8 saatlik ortalama O<sub>3</sub> konsantrasyonunun ortalaması olarak tanımlanır.) (WHO, 2022). İnsan sağlığının korunması bakımından “ozon (O<sub>3</sub>) kirleticisi için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’nde (HKDYY) 120 µg/m<sup>3</sup> değeri üç yıllık ortalama alındığında bir yılda 25 günden daha fazla süre boyunca aşılmayacaktır” ifadesi yer almaktadır. Benzer şekilde insan sağlığının korunması için ozon (O<sub>3</sub>) hava kirleticisinde uzun vadeli hedefin 120 µg/m<sup>3</sup> olması gerektiği bildirilmektedir (ÇŞB, 2008). Bu çalışmada elde edilen değerler hem dünya sağlık örgütünün hem de ulusal mevzuatta belirtilen değerler ile kıyaslandığından havadaki ozon konsantrasyonu yönünden olumsuz bir durumun olmadığı söylenebilir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada 28 Temmuz–12 Ağustos 2021 tarihleri arasında çıkan orman yangınlarının hava kalitesine olan etkileri incelenmeye çalışılmıştır. 2021 yılında Türkiye’de çıkan yangınlardan en fazla etkilenen il Antalya olduğundan bu il seçilmiştir. Yangından önce ve sonra elde edilen sonuçlara göre, çalışmada değerlendirilmeye alınan ve hava kirleticilerin başında gelen PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO) ve ozon (O<sub>3</sub>) parametrelerinin günlük ve yıllık konsantrasyonlarının limit değerleri sadece PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> için aşılmıştır. Ayrıca Ulusal limit değeri tanımlanmamış olan PM<sub>2.5</sub> değerinin hem 2020 yılı hem de 2021 yılları için yüksek çıkması oldukça dikkat çekicidir. Hava kirliliği özellikle motorlu araçlar, sanayi tesisleri, termik santrallerde (kömür ve doğal gaz) kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla orman yangınları belki hava kirliliği meydana getirmesi açısından bu kirleticilerden sonra gelmektedir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda 2021 yılı içerisinde meydana gelen orman yangınının Antalya ve civarında aşırı derecede hava kirliliğine yol açma, bir diğer ifade ile hava kalitesini olumsuz yönde etkileme gibi bir sonucu olmamıştır. Çalışmada ölçümü ya da değerlendirilmesi yapılan hava kirleticilerin 2020 yılı üç yaz ayına ait değerleri incelendiğinde 2021 yılı ile yaklaşık benzerlik göstermesinden bu sonuca varılmaktadır. Öte yandan çalışmada değerlendirilen hava kirleticilerin 2019, 2020 ve 2021 yıllık ortalama konsantrasyonları da birbirine benzerlik göstermektedir. İnsan yaşamının, diğer doğal kaynaklarla birlikte ihtiyaç duyduğu en önemli kaynaklardan birisi de şüphesiz soluduğumuz havadır. Bu yüzden sağlıklı birey ve toplum yaşamları için bizi çevreleyen havanın kalite bakımından yeterli nitelikte olması büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de hava kirliliğinin önlenmesi konusunda geçmiş 1970’li yıllara kadar dayanan çalışmalar yapılmaktadır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı başta olmak üzere Sağlık Bakanlığı ve Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı kirlilikle ilgili tedbirler almaktadır. Bu kurumlara ilaveten üniversitelerimizin ilgili bölümleri ve bazı gönüllü kuruluşlar kirlilikle ilgili bazı çalışmalar yapmakta ve kirliliğin önlenmesi için uğraş vermektedirler. Ancak bunlara rağmen alınan tedbirlerin yetersizliği ve gerektiği kadar uygulanmamasının sonucu bazı parametrelerin hem dünya sağlık örgütü hem de ulusal mevzuatta belirtilen limit değerlerin üstünde seyretmesine ve kirliliğin devam etmesine sebep olmuş olabilir. Bu yüzden şehirlerdeki ve ülke genelindeki hava kalitesinin belirlenmesi, temiz hava eylem planlarının oluşturulabilmesi için, hava kalitesini bozan kirleticilerin konsantrasyonları devamlı suretle ölçülmeli ve değerlendirilmelidir.

#### Teşekkür

Öncelikle, şu zamana kadar maddi ve manevi yardımlarını, özverilerini, desteklerini ve teşviklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen ve her zaman yanımda olan en küçüğünden en büyüğüne tüm aile üyelerime sonsuz şükranlarımı sunarım. Her türlü desteklerinden dolayı Türkiye Cumhuriyeti, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkez Müdürlüğü’ne teşekkürü borç bilirim. Ayrıca aynı bakanlığa bağlı olan ve çalışmada kullandığım verileri sağladığım Sürekli İzleme Merkezi’ne (SİM) de teşekkür ederim.

#### Yazar Katkıları

İlyas BOLAT: Çalışmayı planlamış, tasarlamış, veri toplamış, literatür araştırması yapmış ve gerekli şekilleri (grafikleri) oluşturmuştur. Elde edilen sonuçları yorumlayarak makaleyi yazmıştır.

## Çıkar Çatışması

Herhangi bir kişi ya da kurum ile herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynaklar

- Akmaz, U. (2017). Düzce İli Hava Kalitesi İndeksi (PM<sub>10</sub>) İzlenmesi ve Durum Tespiti. VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Bildiriler Kitabı s. 842-852, Kasım 1–3, 2017, Antalya.
- Bolat, İ. (2021). Toprak Kalitesi ve Sağlığının Göstergeleri (İndikatörleri). Bozdoğan, A.M. ve Bozdoğan, N.Y (Editörler), Bölüm 1, In: *Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler*, I, Eylül 2021, Gece Yayınevi, 1-18 s.
- Bolat, İ. ve Çakıroğlu K. (2022). İklim Değişimi ile Toprak Organik Maddesi ve Toprak Sağlığı Arasındaki İlişkiler. Bolat, A. ve Çavuş, V. (Editörler), Bölüm 9, In: *Ziraat & Orman, Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler*, Ekim 2022, Gece Yayınevi, 159–184 s.
- ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı), (2008). Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.12188&MevzuatIliski=0&sourceXML>, (Erişim Tarihi: 20.04.2022).
- ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı), (2013). Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi. Erişim adresi: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/eduardosya/GNG2013-37HavaKalitesiDegerl.pdf>, (Erişim Tarihi: 20.04.2022).
- ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı), (2016). Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkez Müdürlüğü, Bartın İli Hava Kalitesi Analiz Raporu (2010-2016), 98 sayfa. Erişim adresi: [https://webdosya.csb.gov.tr/db/bartın/menu/bartın-ili-hava-kalitesi-analiz-raporu-2010-2016\\_20181004062220.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/bartın/menu/bartın-ili-hava-kalitesi-analiz-raporu-2010-2016_20181004062220.pdf), (Erişim Tarihi: 19.04.2022).
- ÇŞB (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı), (2022). Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı. Erişim adresi: [http://sim.csb.gov.tr/STN/STN\\_Report/StationDataDownloadNew](http://sim.csb.gov.tr/STN/STN_Report/StationDataDownloadNew), (Erişim Tarihi: 08.04.2022).
- Chew, S., Kolosowska, N., Saveleva, L., Malm, T., & Kanninen, K. M. (2020). Impairment of mitochondrial function by particulate matter: Implications for the brain. *Neurochemistry International*, 135, 104694.
- Dikmen, A. Ç. (2019). Ulusal hava kalitesi gözlemleri bağlamında Türkiye’de hava kirliliğinin yerel durum ve eğilim görünümünün belirlenmesi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 5 (1), 49–65.
- Görmez, K. (2010). *Çevre Sorunları, Geliştirilmiş*. 2. Baskı, Nobel Yayın No: 1138, ISBN: 978-9944-77-137-5, 197 sayfa, Ankara.
- İncecik, S. ve İm, U. (2013). Mega şehirlerde hava kalitesi ve İstanbul örneği. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2, 133–45.
- Kara, Ö., & Bolat, İ. (2007). Impact of alkaline dust pollution on soil microbial biomass carbon. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(3), 181-187.
- Kara, Ö., & Bolat, İ. (2008). The effect of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Bartın province. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(4), 281–288.
- Karpuzcu, M. (2004). *Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü*. 7. Baskı, Kubbealtı Neşriyatı: 28, ISBN: 975-7663-10-7, 381 sayfa, İstanbul.
- Kim, E., Park, H., Park, E. A., Hong, Y. C., Ha, M., Kim, H. C., & Ha, E. H. (2016). Particulate matter and early childhood body weight. *Environment International*, 94, 591–599.
- Kim, K. H., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136–143.
- OGM (2022). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, 2021 Yılı İdare Faaliyet Raporu, 93 sayfa. Erişim adresi: <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/FaaliyetRaporu/Orman%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCr%C3%BCr%C4%9F%C3%BC%202021%20Y%C4%B1%20Faaliyet%20Raporu.pdf>
- Polichetti, G., Cocco, S., Spinali, A., Trimarco, V., & Nunziata, A. (2009). Effects of particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>1</sub>) on the cardiovascular system. *Toxicology*, 261, 1–8.
- Rai, P. K. (2016). Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 129, 120–136.
- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Liberta, G., Artes Vivancos, T., Jacome Felix Oom, D., Branco, A., De Rigo, D., Ferrari, D., Pfeiffer, H., Grecchi, R., & Nuijten, D. (2022). Advance report

- on wildfires in Europe, Middle East and North Africa 2021, EUR 31028 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-49633-5, doi:10.2760/039729, JRC128678.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji*. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi, Yayın No. 63, Fiziki Coğrafya Serisi No. 1, ISBN: 978-605-5863-39-6, 650 + XXII sayfa, İstanbul.
- URL-1. Erişim adresi: <https://www.meteoroloji.org.tr/2021-yilinda-guney-avrupa-buyuk-orman-yanginlari-ile-mucadele-etti> (Erişim tarihi 08.04.2022).
- URL-2. Erişim adresi: <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> (08.04.2022).
- Wei, Y., Zhang, J. J., Li, Z., Gow, A., Chung, K. F., Hu, M., Sun, Z., Zeng, L., Zhu, T., Jia, G., Li, X., Duarte, M. & Tang, X. (2016). Chronic exposure to air pollution particles increases the risk of obesity and metabolic syndrome: findings from a natural experiment in Beijing. *FASEB Journal*, 30, 1–8.
- WHO (World Health Organization), (2020). Air Pollution. [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_2](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2), (Date of access: 15 Jun 2022).
- WHO (World Health Organization), (2022). Ambient (outdoor) air pollution. Erişim adresi: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (Date of access: 20 April 2022).
- Yılmaz, M. (2019). Çankırı hava kalitesinin değerlendirilmesi: 2013–2017 (Assessment of Çankırı Air Quality: 2013-2017), *Smyrna Tıp Dergisi*, 2, 20–27.
- Zeydan, Ö. (2021). 2019 Yılında Türkiye’deki Partikül Madde (PM10) Kirliliğinin Değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11 (1), 106–118. DOI: 10.21597/jist.745539.