

# HAVA KİRLİTİCİ PARAMETRELERİNİN HAVA KALİTESİ İNDEKSİNE UZUN ZAMANLI ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: ÇERKEZKÖY ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ÖRNEĞİ

Hüseyin ÖZEL\*<sup>1</sup>, Pınar CİHAN<sup>2</sup>, H. Kurtuluş ÖZCAN<sup>1</sup>, Serdar AYDIN<sup>1</sup>,  
Asude HANEDAR<sup>3</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul/TÜRKİYE

<sup>2</sup> Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,  
Tekirdağ/TÜRKİYE

<sup>3</sup> Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ/TÜRKİYE

## Öz

Hava kirliliği, küresel ölçekte en önemli halk sağlığı etkenlerinden birisidir. Bu nedenle ulusal ve uluslararası değerlendirmeler sonucu hava kalitesini tayin etmek için izlenmesi gereken parametreler belirlenmiştir. Azot dioksit (NO<sub>2</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), karbon monoksit (CO) ve partikül madde (PM<sub>10</sub>) ölçüm sonuçlarına göre hava kirliliği seviyeleri belirlenmektedir. Günümüzde insanlığın büyük bir bölümü yaşamlarını şehirlerde devam ettirmektedir. Yoğun nüfusun olduğu alanlardaki hava kirliliğinin olumsuz etkileri kısa ve uzun vadede çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. İnsani aktiviteler olan ulaşım, ısınma ve sanayi kaynaklı hava kirliliğinin yanı sıra yanardağ, toz taşıma, orman yangınları gibi doğal kaynaklı hava kirliliği oluşmaktadır. Şehir ölçeğinde hava kirliliğinin oluşumunu önleyebilmek için hava kirliliğinin ölçümlerle takip edilmesi ve sonuçlara istinaden gereken önleyici politikaların geliştirilmesi gerekmektedir. Hava kirleticilerinin konsantrasyonlarının takibinde kullanılan Hava kalitesi İndeksi (HKİ), hava kalitesini değerlendirmenin önemli bir göstergesidir. Bu çalışmada bir sanayi bölgesindeki hava kirleticilerin HKİ'ye etkilerinin zamansal değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanı olarak yoğun endüstriyel faaliyetlerin olduğu Çerkezköy bölgesi seçilmiş ve 4 yıllık HKİ değişimi incelenmiştir. Ayrıca 2020 yılında COVID-19 pandemisi kaynaklı kısıtlamaların HKİ'ye olan etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında; 2016-2020 yılları arasında HKİ değerlerinin ağırlıklı olarak orta ve iyi seviyede olduğu görülmüştür. Ayrıca 2019 ve 2020 yıllarında 2016 ve 2017 yıllarına karşılık HKİ değerlerinin daha iyi seviyede olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** COVID-19, hava kalitesi indeksi, hava kirliliği, pandemi, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>

Sorumlu Yazar: Hüseyin ÖZEL, huseyinozel@ogr.iu.edu.tr



## **INVESTIGATION OF LONG-TERM EFFECTS OF AIR POLLUTANT PARAMETERS ON AIR QUALITY INDEX: A CASE STUDY FOR ÇERKEZKÖY ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE**

### **Abstract**

Air pollution is one of the most important public health factors on a global scale. For this reason, the parameters to be monitored in order to determine the air quality have been determined as a result of national and international evaluations. Air pollution levels are determined according to the measurement results of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), ozone (O<sub>3</sub>), carbon monoxide (CO) and particulate matter (PM<sub>10</sub>). Today, most of people continues their lives in cities. The negative effects of air pollution in densely populated areas cause various health problems in the short and long term. In addition to human activities such as transportation, heating and industry-induced air pollution, naturally sourced air pollution such as volcanoes, dust transport and forest fires occurs. In order to prevent the formation of air pollution at the city scale, it is necessary to monitor the air pollution with measurements and to develop the necessary preventive policies based on the results. The Air Quality Index (AQI), which is used to monitor the concentrations of air pollutants, is an important indicator of air quality. In this study, it is aimed to examine the temporal change of the effects of air pollutants on the air quality index in an industrial area. Çerkezköy region, which has intensive industrial activities, was selected as the study area and the 4 years air quality index change was examined. In addition, in 2020, the effects of the restrictions caused by the COVID-19 pandemic on AQI were investigated. In the light of the findings; Between the years 2016-2020, it is seen that the AQI values are mainly at medium and good levels. In addition, it was observed that the AQI values were at a better level in 2019 and 2020 compared to 2016 and 2017.

**Key Words:** COVID-19, air quality index, air pollution, pandemic, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>

## 1. Giriş

Sanayi tesislerinin bir arada olduğu bölgeler beraberinde ulaşım yoğunluğunu getirmektedir. Ayrıca bu bölgelere yakın yerleşim söz konusu olduğunda hava kalitesini etkileyen unsurlarda çeşitlilik ortaya çıkmaktadır. Küresel kentleşme oranı 2018 yılında %55'e ulaşmıştır [1]. Kentleşme ve sanayileşmenin hızla ilerlemesiyle, artan enerji tüketimine bağlı olarak, dünya genelinde giderek daha ciddi hava kirliliği problemi oluşmaktadır [2]. Sanayi kaynaklı hava kirliliği ile ısınma kaynaklı hava kirliliğinin, ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliği ile birleşmesi sonucu SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO ve yüksek konsantrasyonlarda partikül madde (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub>) atmosfere salınmakta ve kirliliğe neden olmaktadır [3].

Sanayileşme ve kentleşmenin hızlı temposu, kentlerin yapısına ve bölgenin topografyasına bağlı olarak toz veya partikül madde (PM) kirliliğinde artışa neden olmaktadır [4]. Çok sayıda çalışma havadaki partikül maddenin (PM) erken ölüm riski, hastaneye yatış ve çocuklarda daha yüksek olumsuz solunum sağlığı göstergeleri gibi olumsuz sağlık etkileri ile ilişkili olduğunu göstermiştir [5]. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve CO insan sağlığını olumsuz etkileyen ve hatta ölüme neden olabilen kirlleticilerdir. Araştırmacılar SO<sub>2</sub> kirliliğinin etkisinin nefes almayı zorlaştırdığı ve solunum yolu hastalıkları nedeniyle gerçekleşebilecek ölüm oranını artırdığını ortaya koymuşlardır [6, 7]. NO<sub>2</sub> kirliliği güçlü toksisitesinden dolayı böbrekleri, kalbi ve diğer organları olumsuz etkileyen ve akciğer alerjilerine neden olabilen bir kirleticidir [8, 9]. O<sub>3</sub>, enflamasyona neden olabileceği, pulmoner epitel hücrelerini tahrip edebildiği ve insanları solunum yolu hastalıklarına duyarlı hale getirebileceği için en zararlı fotokimyasal kirleticilerden biri olarak kabul edilmektedir [10]. CO kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltma kabiliyetine sahiptir, bu da doku oksijenasyon mekanizmasını bozabilmektedir. Vücuda, özellikle beyine oksijen tedarikini azaltabilmekte ve merkezi sinir sistemi ve kalbin hasar görmesine neden olabilmektedir [11, 12]. İnsan sağlığına yönelik bu riskler nedeniyle, bu kirleticilerin havadaki konsantrasyonlarının takip edilmesi halk sağlığının korunması adına oldukça önemlidir.

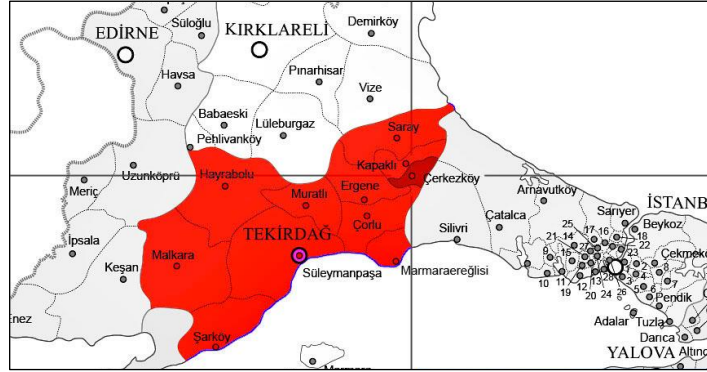
Hava kirleticilerinin konsantrasyonlarının takibinde kullanılan Hava Kalitesi İndeksi (HKİ), hava kalitesinin önemli ve kapsamlı bir göstergesidir ve devlet kurumları tarafından havanın şu anda ne kadar kirli olduğunu veya havanın ne kadar kirli olacağını tahmin edebilmek için kullanılmaktadır [13]. HKİ değeri hava kalitesi üzerine teknik bilgisi olmayan kişilerin kolay bir şekilde hava

kalitesi hakkında bilgi sahibi olmasını sağladığı gibi günlük aktivitelerinde hava kirliliğine maruziyeti engellemek adına yol göstericidir.

2020 yılının ilk aylarında dünyayı etkisi altına alan yeni koronavirüs hastalığı, küresel bilinen adıyla COVID-19, koronavirüs ailesinden yeni bir virüsün (SARS-CoV-2) insandan insana geçerek enfekte etmesi ve özellikle solunum sistemini etkilemesi ile ortaya çıkmıştır. Aralık 2019'da Çin'in Hubei Eyaleti, Wuhan şehrinde pnömoni enfeksiyonu olan 27 hasta bildirilmiştir [14]. Daha sonra 7 Ocak'ta Şiddetli Akut Solunum Sendromu Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) olarak adlandırılan yeni bir koronavirüs, COVID-19'un nedensel patojeni olarak tanımlanmıştır [15]. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ilk vakaların Çin tarafından raporlanmasından başlayarak pandemi ilanına kadar geçen süreci küresel kamuoyuyla paylaşmıştır. Pandemi ilanından önce DSÖ, tarihindeki altıncı “Uluslararası Öneme Sahip Halk Sağlığı Acil Durumu”nu 30 Ocak 2020’de ilan etmiştir. COVID-19 salgınının yayılması, ülke çapındaki benzeri görülmemiş müdahaleler sonucunda Çin gibi bazı ülkelerde önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, COVID-19 salgını küresel ölçekte yavaşlama belirtisi göstermeden etkisini sürdürmektedir. COVID-19 pandemisinin bir nedeni olan sokağa çıkma yasaklarının yaşanması, endüstriyel üretimin kısıtlanması, ulaşımın ve lojistiğin azalması sonucu küresel ölçekte tüm çevre faktörlerinde ve en hızlı etkisi görülen hava kalitesinde iyileşmeye neden olmuştur. Bu çalışmada, seçilen bir sanayii bölgesindeki uzun süreli HKİ değerleri incelenmiştir. Sokağa çıkma kısıtlamalarının uygulandığı Nisan-Mayıs 2020 dönemine ait HKİ indeksi ve hava kirletici konsantrasyonları geçmiş dönemlerle kıyaslanarak, pandemi sürecinin olası hava kalitesine olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, bir sanayi bölgesindeki hava kirleticilerin HKİ’ye etkilerinin zamansal değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır Çalışma alanı olarak yoğun endüstriyel faaliyetlerin olduğu Çerkezköy bölgesi seçilmiştir (Şekil 1). Organize sanayi bölgesi 1273 hektarlık alanda faaliyet gösteren 300 sanayi kuruluşu ile Türkiye’nin en önemli endüstriyel alanlarından birisidir.



Şekil 1. Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında 1 Ocak 2016 ile 31 Aralık 2019 tarihleri arasındaki 1460 güne ait HKİ verileri kullanılmıştır. Kullanılan HKİ değeri günlük HKİ değerini ifade eder ve HKİ verileri Marmara Temiz Hava Merkezi bünyesindeki Çerkezköy istasyonuna ait veriler olup World's Air Pollution'dan temin edilmiştir [16]. Söz konusu istasyon şehir kenarında olan site şeklinde yerleşimin olduğu, Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi girişinde yer almaktadır. Konumundan dolayı kentsel hava kirliliği ile endüstriyel hava kirliliğinin etkisinde olan ve trafikten kaynaklı hava kirliliğinin etkisinin olabileceği bir noktada yer almaktadır.

Tablo 1'de HKİ Kesme Noktaları yer almaktadır. Farklı kirleticiler için farklı konsantrasyon aralığı HKİ için bir sayıya denk gelmektedir. HKİ sayısı da hava kalitesinin iyi, orta, hassas, sağlıksız, kötü ve tehlikeli olmak üzere hangi seviyede olduğunu ifade etmektedir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Yıllık hava kirletici değerleri karşılaştırıldığında çalışma süresi olan dört yıl boyunca PM<sub>10</sub> kirliliğinin günlük limit değer olan 50 µgm<sup>-3</sup>'ün üzerine çıktığı, SO<sub>2</sub> kirliliğinin de bir yıl yıllık limit değer olan 125 µgm<sup>-3</sup>'ün üzerinde kirliliğe sahip olduğu tespit edilmiştir [18]. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü'nün [19] belirlemiş olduğu yıllık ortalama 20 µgm<sup>-3</sup> limit değere sahip olan PM<sub>10</sub> kirliliği dört yıl boyunca çok yüksek oranda limitlerin üzerinde seyretmiştir.

**Tablo 1.** Hava Kalitesi İndeksi Kesme Noktaları [17]

| İndeks           | HKİ     | SO <sub>2</sub>           | NO <sub>2</sub> | CO         | O <sub>3</sub> |             | PM <sub>10</sub>     | PM <sub>2.5</sub>    |
|------------------|---------|---------------------------|-----------------|------------|----------------|-------------|----------------------|----------------------|
|                  |         | (ppb)                     | (ppb)           | (ppm)      | (ppm)          |             | (µgm <sup>-3</sup> ) | (µgm <sup>-3</sup> ) |
|                  |         | 1 sa. ort.                | 1 sa. ort.      | 8 sa. ort. | 8 sa. ort.     | 1 sa. ort.  | 24 sa. ort.          | 24 sa. ort.          |
| <b>İyi</b>       | 0-50    | 0-35                      | 0-53            | 0-4.4      | 0-0.054        | -           | 0-54                 | 0-12.0               |
| <b>Orta</b>      | 51-100  | 36-75                     | 54-100          | 4.5-9.4    | 0.055-0.070    | -           | 455-154              | 12.1-35.4            |
| <b>Hassas</b>    | 101-150 | 76-185                    | 101-360         | 9.5-12.4   | 0.071-0.085    | 0.125-0.164 | 155-254              | 35.5-55.4            |
| <b>Sağlıksız</b> | 151-200 | 186-304                   | 361-649         | 12.5-15.4  | 0.086-0.105    | 0.165-0.204 | 255-354              | 55.5-150.4           |
| <b>Kötü</b>      | 201-300 | 305-604<br>(24 sa. ort.)  | 650-1249        | 15.5-30.4  | 0.106-0.200    | 0.205-0.404 | 355-424              | 150.5-250.4          |
| <b>Tehlikeli</b> | 301-500 | 605-1004<br>(24 sa. ort.) | 1250-2049       | 30.5-50.4  | -              | 0.405-0.604 | 425-604              | 250.5-500.4          |

HKİ değerlerinin çalışma periyodu olan 2016-2019 yılları arasındaki günlük değişimleri Şekil 2 ve 3'te sunulmuştur. Buna göre “Kötü” sınıfına giren gün sayısı 1 günle sadece 2016 yılı Mart ayında görülmüştür. “Sağlıksız” gün sayısı en fazla olan yıl 7 adet ile 2017, en az olan yıl 1 adet ile 2016’dır. “Hassas” gün sayısı da 60 adet ile en fazla 2016 yılına ait iken 36 adet ile 2018 yılına aittir. “Orta” gün sayısı ise 225 adet ile en fazla 2017 yılında, 101 adet ile en az 2018 yılında görülmüştür. Hava kalitesinin “İyi” sınıfında değerlendirilen, açık alanda sağlıklı bir şekilde insanların vakit geçirip spor ve aktivite yapabileceği en temiz havaya sahip yıl ise 189 gün sayısı ile 2018 yılı olurken 70 gün sayısı ile iyi seviye hava kalitesi indeksine en az sahip olan 2017 yılı olmuştur.

Toplumda hava kalitesinin farkındalığını arttırmak amacıyla kullanışlı bir yöntem olan Hava Kalitesi İndeksinin (HKİ) günlük değerleri karşılaştırıldığında günlük maksimum HKİ değerinin %91.85 oranında PM<sub>2.5</sub> kirliliğinden kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Toplam partikül madde kaynaklı günlük maksimum HKİ değeri ise diğer kirlleticiler içinde %94.82 oranına sahiptir.

|           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2016 Ocak | 119 |     |     | 59  | 97 | 73  | 73  | 91  | 128 | 99  | 83  | 91  | 81  | 60  | 101 | 69  | 42  | 52  | 83  | 81  | 121 | 87  | 82  | 83  | 83  | 48  | 36  | 38  | 142 | 128 | 124 |
| Şubat     | 107 | 98  | 139 | 127 | 32 | 50  | 68  | 65  | 134 | 139 | 93  | 90  | 99  | 68  | 87  | 126 | 110 | 49  | 54  | 55  | 101 | 125 | 146 | 129 | 55  | 100 | 106 | 50  | 69  |     |     |
| Mart      | 110 | 125 | 79  | 84  | 65 | 97  | 106 | 122 | 74  | 68  | 77  | 79  | 49  | 50  | 51  | 61  | 126 | 109 | 52  | 107 | 102 | 66  | 203 | 44  | 54  | 62  | 77  | 132 | 88  | 127 |     |
| Nisan     | 106 | 61  | 35  | 40  | 55 | 53  | 72  | 70  | 105 | 100 | 71  | 68  | 99  | 127 | 70  | 75  | 97  | 104 | 133 | 112 | 42  | 57  | 96  | 100 | 55  | 76  | 83  | 95  |     |     |     |
| Mayıs     | 53  |     |     | 42  |    | 37  | 70  | 55  | 38  | 45  | 59  | 80  | 119 | 93  | 57  | 54  | 40  | 40  | 75  | 74  | 52  | 36  | 53  | 109 | 58  | 44  | 39  | 34  | 75  | 77  | 66  |
| Haziran   | 61  | 69  | 40  | 84  | 33 | 50  | 39  | 34  | 33  | 35  | 38  | 80  | 80  | 88  | 70  | 57  | 55  |     |     | 15  | 29  | 37  | 45  | 25  | 47  | 39  | 38  | 51  | 49  | 50  |     |
| Temmuz    | 43  | 45  | 42  | 45  | 36 | 28  | 35  |     | 14  | 31  | 30  | 27  | 30  | 26  | 27  | 39  | 39  | 44  | 33  | 28  | 27  | 45  | 59  |     | 33  | 46  | 51  | 66  | 75  | 73  | 84  |
| Ağustos   | 77  | 75  | 60  | 51  | 58 | 59  | 57  | 56  | 49  | 49  | 53  | 55  | 28  | 36  | 32  | 38  | 36  | 36  | 34  | 40  | 59  | 80  | 51  | 56  | 43  | 33  | 38  | 53  | 55  | 42  | 58  |
| Eylül     | 34  | 38  | 42  | 47  | 58 | 74  | 48  | 48  | 63  | 53  | 54  | 50  | 52  | 65  | 61  | 50  | 62  | 87  | 90  | 58  | 56  | 59  | 47  | 38  | 33  | 26  | 33  | 49  | 75  | 117 |     |
| Ekim      | 69  | 59  | 40  | 51  | 52 | 48  | 73  | 86  | 40  | 46  | 58  | 89  | 57  | 44  | 42  | 43  | 33  | 25  | 41  | 33  | 43  | 62  | 65  | 47  | 42  | 40  | 32  | 65  | 111 | 63  |     |
| Kasım     | 91  | 103 | 114 | 66  | 64 | 114 | 98  | 110 | 122 | 67  | 85  | 65  | 63  | 62  | 54  | 65  | 107 | 102 | 67  | 55  | 54  | 51  | 59  | 40  | 102 | 150 | 149 | 86  | 36  | 41  |     |
| Aralık    | 62  | 110 | 74  | 94  | 64 | 87  | 111 | 58  | 118 | 116 | 133 | 146 | 68  | 77  | 127 | 65  | 58  | 111 | 103 | 135 | 43  | 47  | 59  | 102 | 81  | 108 | 104 | 84  | 41  | 40  | 34  |

|           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   | 10 | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2017 Ocak | 102 | 137 | 123 | 123 | 82 | 48  | 61  | 117 | 74  | 58 | 47  | 138 | 143 | 106 | 45  | 55  | 45  | 37  | 34  | 51  | 82  | 88  | 57  | 56  | 84  | 62  | 81  |     |     |     | 80  |
| Şubat     | 89  | 168 | 143 | 113 | 84 | 100 | 77  | 59  | 34  | 52 | 65  | 52  | 54  | 77  | 121 | 97  | 75  | 152 | 119 | 93  | 140 | 110 | 128 | 117 | 98  | 31  | 82  | 94  |     |     |     |
| Mart      | 128 | 97  | 116 | 87  | 92 | 137 | 100 | 71  | 72  | 91 | 98  | 74  | 51  | 60  | 100 | 111 | 103 | 102 | 111 | 75  | 139 | 44  | 49  | 48  | 85  | 98  | 56  | 76  | 64  | 64  | 76  |
| Nisan     | 50  | 42  | 53  | 67  | 76 | 91  | 97  | 87  | 55  | 78 | 59  | 61  | 49  | 84  | 82  | 78  | 90  | 36  | 68  | 85  | 69  | 52  | 73  | 52  | 64  | 71  | 90  | 76  | 119 | 82  |     |
| Mayıs     | 51  | 55  | 65  | 71  | 69 | 75  | 84  | 55  | 63  | 59 | 52  | 110 | 116 | 56  | 40  | 54  | 52  | 49  | 36  | 63  | 64  | 53  | 44  | 46  | 58  | 52  | 39  | 36  | 53  | 52  | 100 |
| Haziran   | 91  | 57  | 63  | 62  | 54 | 39  | 82  | 98  | 45  | 52 | 69  | 47  | 44  | 65  | 69  | 49  |     | 33  | 30  | 55  | 83  | 89  | 68  | 100 | 40  | 46  | 49  | 49  | 79  | 83  |     |
| Temmuz    | 61  | 65  | 55  | 45  | 47 | 45  | 55  | 46  | 65  | 66 | 47  | 48  | 55  | 61  | 35  | 43  | 53  | 56  | 57  | 60  | 67  | 61  | 90  | 71  | 82  | 84  | 71  | 75  | 90  | 77  | 53  |
| Ağustos   | 48  | 57  | 69  | 72  | 73 | 79  | 78  | 58  | 49  | 43 | 73  | 57  | 59  | 38  | 41  | 31  | 43  | 55  | 61  | 43  | 50  | 57  | 70  | 61  | 52  | 46  | 55  | 57  | 52  | 50  | 48  |
| Eylül     |     |     |     |     | 51 | 59  | 52  | 59  | 49  | 47 | 110 | 101 | 67  | 50  | 53  | 50  | 63  | 89  | 78  | 92  | 70  | 58  | 55  | 84  | 55  | 63  | 49  | 49  | 50  | 49  |     |
| Ekim      | 59  | 69  | 55  | 58  | 99 | 140 | 102 | 13  | 92  | 81 | 72  | 59  | 81  | 102 | 79  | 96  | 49  | 46  | 60  | 118 | 132 | 139 | 91  | 100 | 58  | 88  | 137 | 119 | 55  | 48  | 69  |
| Kasım     | 63  | 87  | 136 | 80  | 54 | 79  | 72  | 69  | 73  | 82 | 161 | 118 | 116 | 121 | 92  | 68  | 65  | 75  | 51  | 53  | 57  |     | 81  | 133 | 107 | 116 | 103 | 86  | 96  | 137 |     |
| Aralık    | 92  | 82  | 85  | 85  | 55 | 71  | 107 | 154 | 141 | 72 | 98  | 116 | 127 | 134 | 140 | 128 | 84  | 43  | 39  | 64  | 74  | 73  | 70  | 95  | 142 | 163 | 140 | 90  | 85  | 68  | 58  |

Şekil 2. 2016 ve 2017 Yıllarına Ait HKİ Değerleri

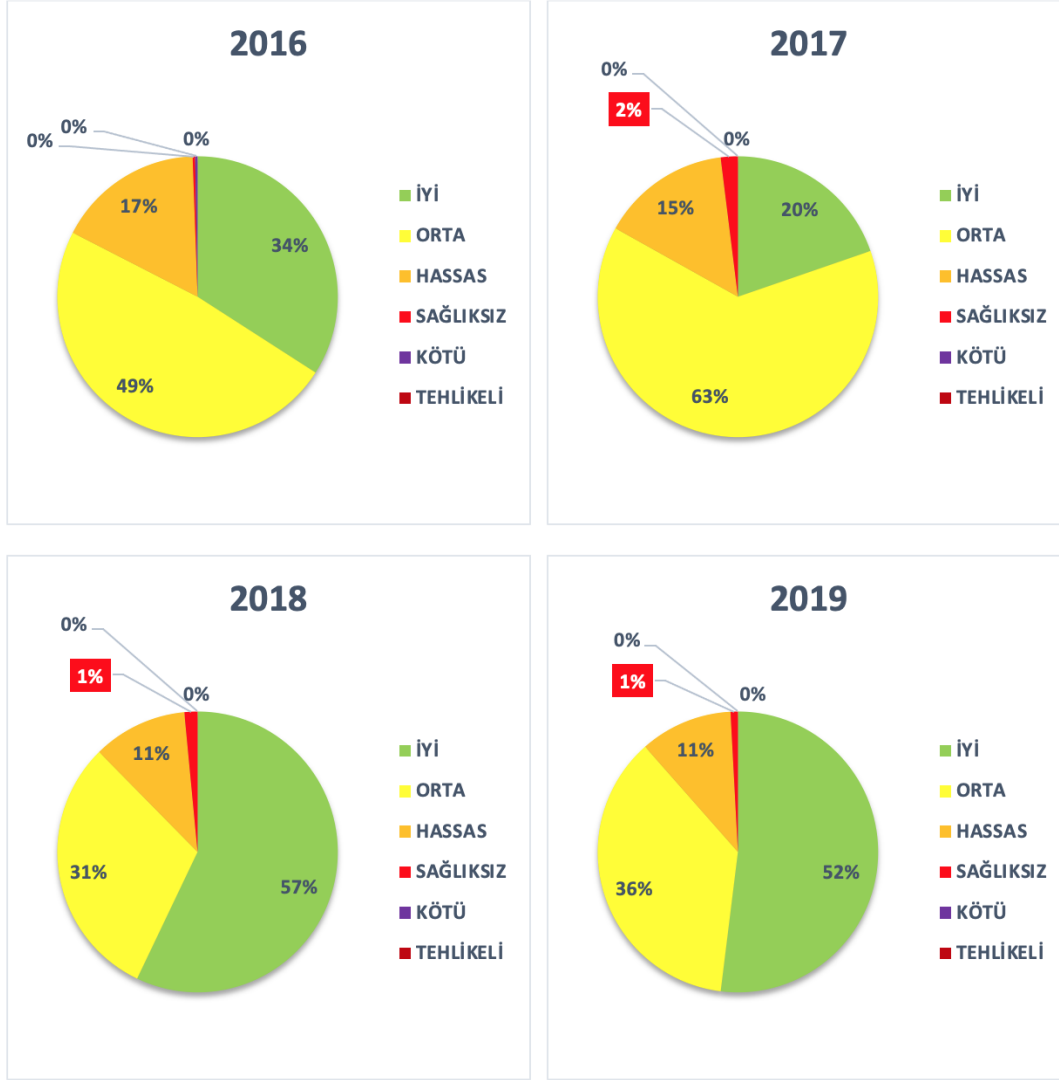
|           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14 | 15 | 16  | 17  | 18  | 19 | 20  | 21 | 22  | 23  | 24  | 25 | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2018 Ocak | 90  | 107 | 79  | 71  | 85  | 151 | 117 | 136 | 104 | 54  | 76  | 65  | 36  | 34 | 49 | 101 | 127 | 51  | 90 | 120 | 53 | 48  | 56  | 60  | 52 | 41  | 62  | 64  | 130 | 171 |     |
| Şubat     | 135 | 137 | 125 | 84  | 64  | 26  | 52  | 111 | 115 | 66  | 35  | 18  | 70  | 76 | 42 | 46  | 57  | 64  | 42 | 36  | 57 | 44  | 19  | 31  | 49 | 46  | 42  | 67  |     |     |     |
| Mart      | 77  | 124 | 102 | 83  | 58  | 59  | 112 | 102 | 62  | 126 | 133 | 133 | 91  | 60 | 97 | 124 | 124 | 102 | 25 | 38  | 52 | 39  | 45  | 25  | 45 | 95  | 82  | 40  | 73  | 124 | 141 |
| Nisan     | 69  | 38  | 46  | 100 | 115 | 83  | 41  | 49  | 60  | 83  | 83  | 126 | 49  | 26 | 52 | 52  | 45  | 47  | 54 | 71  | 40 | 74  | 90  | 74  | 94 | 58  | 54  | 49  | 37  | 34  |     |
| Mayıs     | 45  | 46  | 55  | 46  | 44  | 51  | 77  | 48  | 78  | 64  | 31  | 29  | 47  | 76 | 81 | 90  | 84  | 68  | 59 | 26  | 27 | 30  | 25  | 38  | 33 | 46  | 46  | 47  | 34  | 36  | 32  |
| Haziran   | 40  | 40  | 22  | 54  | 59  | 99  | 60  | 50  | 40  | 31  | 34  | 33  | 28  | 18 | 26 | 28  | 28  | 30  | 32 | 26  | 31 | 81  | 54  | 17  | 15 | 27  | 29  | 36  | 56  | 56  |     |
| Temmuz    | 39  | 33  | 33  | 32  | 32  | 37  | 32  | 31  | 36  | 29  | 31  | 26  | 37  | 34 | 28 | 40  | 70  | 39  | 39 | 46  | 39 | 58  | 58  | 34  | 50 | 38  | 34  | 36  | 35  | 34  | 22  |
| Ağustos   | 37  | 45  | 45  | 40  | 44  | 41  | 36  | 41  | 21  | 27  | 30  | 25  | 27  | 29 | 37 | 44  | 39  | 39  | 37 | 30  | 31 | 30  | 33  | 44  | 31 | 25  | 27  | 31  | 47  | 45  | 41  |
| Eylül     | 40  | 56  | 54  | 37  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |     |     |     |    |     |    |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |
| Ekim      |     |     |     |     | 19  | 29  | 22  | 20  | 23  | 24  | 60  | 56  | 37  | 38 | 34 | 32  | 48  | 56  | 56 | 62  | 73 | 114 | 114 | 82  | 90 | 40  | 134 | 151 | 99  | 85  | 90  |
| Kasım     | 86  | 44  | 27  | 23  | 31  | 41  | 24  | 25  | 24  | 21  | 30  | 36  | 17  | 19 | 36 | 41  | 38  | 13  | 66 | 20  | 39 | 24  | 43  | 42  | 69 | 109 | 105 | 35  | 10  | 18  |     |
| Aralık    | 48  | 46  | 47  | 54  | 42  | 30  | 43  | 134 | 104 | 58  | 56  | 54  | 141 | 75 | 77 | 63  | 22  | 45  | 43 | 80  | 89 | 108 | 103 | 115 | 41 | 52  |     |     | 120 | 77  | 59  |

|           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12 | 13 | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24 | 25 | 26 | 27 | 28  | 29  | 30 | 31 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|
| 2019 Ocak | 30  | 42  | 66  | 32  | 31  | 73  | 54  | 75  | 132 | 80  | 84  | 69 | 54 | 129 | 69  | 82  | 143 | 137 |     | 80  | 71  | 49  | 96  | 68 | 79 | 67 | 46 | 104 | 85  | 72 | 66 |
| Şubat     | 68  | 136 | 108 | 116 | 53  | 26  | 37  | 42  | 56  | 97  | 138 | 72 | 28 | 35  | 36  | 45  | 67  | 136 | 84  | 118 | 115 | 143 | 31  | 40 | 43 | 73 | 59 | 67  |     |    |    |
| Mart      | 110 | 82  | 38  | 90  | 125 | 83  | 57  | 136 | 109 | 73  | 91  | 73 | 34 | 41  | 49  | 102 | 56  | 123 | 103 | 51  | 42  | 48  | 63  | 48 | 62 | 79 | 50 | 45  | 81  | 37 | 80 |
| Nisan     | 56  | 62  | 52  | 49  | 51  | 60  | 53  | 82  | 40  | 44  | 93  | 89 | 78 | 30  | 26  | 58  | 105 | 44  | 48  | 57  | 60  | 60  | 38  | 67 | 49 | 37 | 53 | 98  | 90  | 71 |    |
| Mayıs     | 49  | 29  | 54  | 60  | 49  | 65  | 49  | 27  | 44  | 59  | 68  | 66 | 39 | 45  | 75  | 39  | 35  | 58  | 67  | 83  | 64  | 79  | 76  | 31 | 61 | 68 | 36 | 54  | 63  | 67 | 71 |
| Haziran   | 35  | 51  | 63  | 43  | 41  | 54  | 50  | 45  | 44  | 40  | 44  | 54 | 53 | 49  | 48  |     | 51  | 45  | 41  | 53  | 30  | 47  | 47  | 49 | 47 | 39 | 40 | 46  | 38  | 38 |    |
| Temmuz    | 37  | 38  | 40  | 38  | 42  | 42  | 42  | 59  | 44  | 38  | 38  | 39 | 44 | 39  | 40  | 43  | 41  | 41  | 39  | 44  | 44  | 48  | 45  | 37 | 40 | 38 | 40 | 41  | 45  | 44 | 51 |
| Ağustos   | 45  | 43  | 77  | 43  | 44  | 40  | 40  | 36  | 29  | 29  | 34  | 43 | 39 | 42  | 35  | 30  | 27  | 30  | 26  | 39  | 38  | 85  | 47  | 52 | 51 | 55 | 44 | 40  | 39  | 39 | 41 |
| Eylül     | 39  | 38  | 39  | 40  | 35  | 30  | 33  | 33  | 30  | 32  | 31  | 37 | 34 | 31  | 29  | 47  | 79  | 31  | 23  | 27  | 24  | 34  | 37  | 23 | 58 | 55 | 26 | 39  | 108 |    |    |
| Ekim      | 96  | 44  | 122 | 95  | 29  | 27  | 51  | 55  | 35  | 126 | 72  | 33 | 25 | 44  | 41  | 55  | 39  | 79  | 74  | 60  | 78  | 54  | 133 | 36 | 44 | 64 | 46 | 52  | 51  | 51 | 59 |
| Kasım     | 23  | 37  | 78  | 98  | 86  | 110 | 113 |     |     |     |     |    | 79 | 98  | 123 | 106 | 71  | 71  | 134 | 90  | 61  | 56  | 37  | 41 | 61 | 72 | 58 | 113 | 130 | 87 |    |
| Aralık    | 50  | 36  | 118 | 42  | 27  | 31  | 116 | 82  | 67  | 114 | 90  | 58 | 67 | 94  | 82  | 92  | 147 | 151 | 119 | 158 | 156 | 144 | 102 | 69 | 41 | 44 | 65 | 67  | 61  | 26 | 33 |

Şekil 3. 2018 ve 2019 Yıllarına Ait HKİ Değerleri

Hava

hava olarak nitelendirirsek en yüksek hava kalitesine sahip yılların %57+%31 ve %52+%36 oranlar ile toplam %88 oranına sahip 2018 ve 2019 yıllarında olduğu görülmüştür.

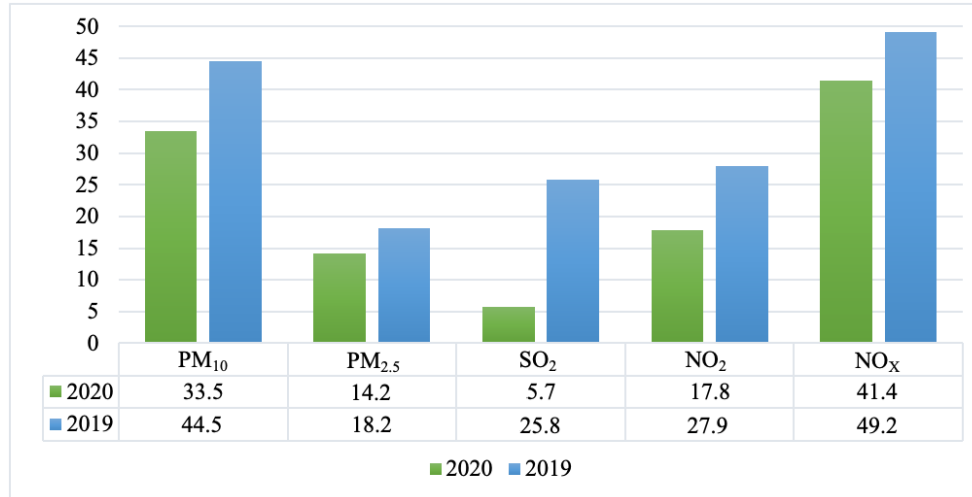


Şekil 4. Yıllık Hava Kalitesi İndeks Oranları

COVID-19 salgını nedeniyle, hava kirliliği parametrelerinin değişimini incelemek amacıyla sokağa çıkma yasaklarının uygulandığı 11.04.2020-11.05.2020 tarihleri arasında hava kalitesinin bir önceki yıla (11.04.2019-11.05.2019) göre nasıl değiştiği incelenmiş olup sonuçlar Şekil 5’de verilmiştir. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> hava kirliliği parametrelerine ait verileri kullanılmıştır.

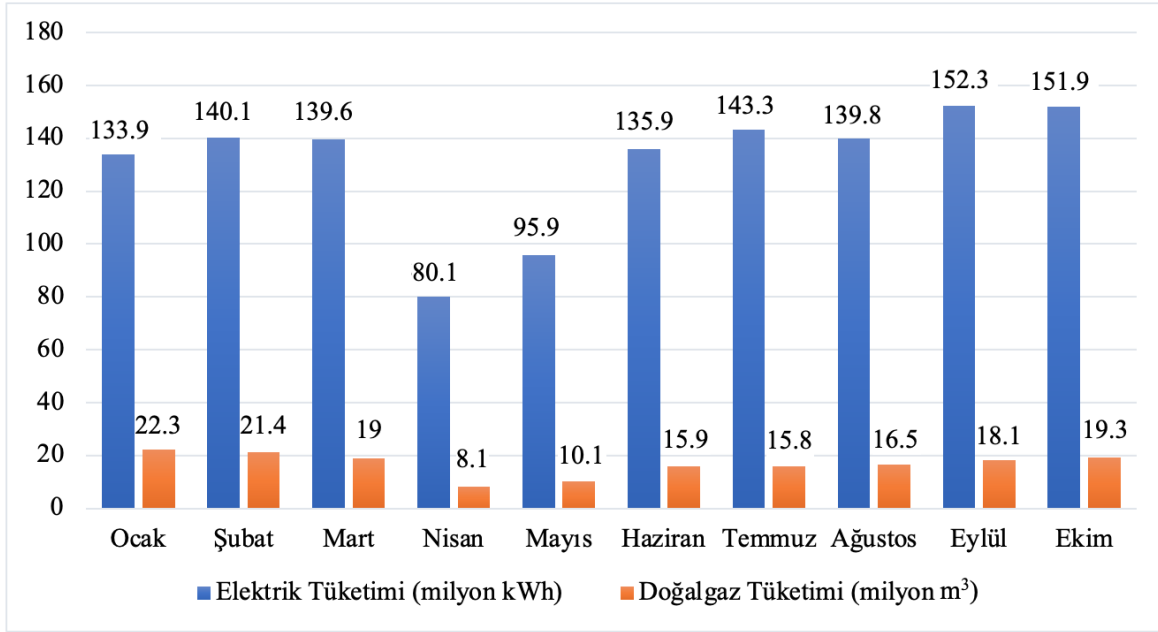


Kullanılan veriler günlük ortalama değerlerdir. Hava kirliliğine ait veriler Marmara Temiz Hava Merkezi bünyesindeki Çerkezköy istasyonuna ait veriler olup, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağından [20] alınmıştır. Sokağa çıkma yasaklarının uygulandığı 2020 yılındaki kirletici parametrelerin, bir önceki yıla göre düşüş gösterdiği görülmektedir. En fazla değişim %352.84 oranında azalış ile SO<sub>2</sub> parametresinde görülmekte olup 11.04.2019-11.05.2019 arasında ortalama 25.8 µgm<sup>-3</sup> iken 11.04.2020-11.05.2020 arasında 5.7 µgm<sup>-3</sup>'e düştüğü görülmektedir. PM<sub>10</sub> kirliliğinde %32.84 oranında azalma gözlenerek dönemsel ortalama değerinin 44.5 µgm<sup>-3</sup>'den 33.5 µgm<sup>-3</sup>'e, PM<sub>2.5</sub> değerinin 18.2 µgm<sup>-3</sup>'den 14.2 µgm<sup>-3</sup>'e, NO<sub>2</sub> kirliliğinin de %56.74 oranında azalış ile 27.9 µgm<sup>-3</sup>'den 17.8 µgm<sup>-3</sup>'e ve NO<sub>x</sub> değerinin 49.2 µgm<sup>-3</sup>'den 41.4 µgm<sup>-3</sup>'e düştüğü görülmüştür. COVID-19 salgınında sokağa çıkma yasaklarından dolayı hava kirletici parametrelerin tümünde bir düşüş gerçekleştiği ve hava kalitesinin yükseldiği görülmektedir.



Şekil 5. 2019-2020 Yılları Arası Hava Kalitesi Değişiminin Karşılaştırılması

Hava kalitesi indeksinin ve hava kalitesi değişimlerinin ilişkilendirilebilmesi amacıyla Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesinin (ÇOSB) 2020 yılının Ocak-Ekim dönemi arası elektrik ve doğalgaz tüketim değerleri, COVID-19 pandemisinin başlangıç süreci olarak Şekil 6'da sunulmuştur.



**Şekil 6.** Çerkezköy Organize Sanayii Bölgesi Doğalgaz ve Elektrik tüketim verileri (Ocak 2020-Ekim 2020) [21]

ÇOSB'ye ait elektrik tüketim değerlerine bakıldığında Ocak-Mart ayları arasında 133.9-139.6 m<sup>3</sup>kWh aralığında olan elektrik tüketim değeri, Nisan ayında COVID-19 pandemisi nedeniyle azalan endüstriyel faaliyetler sonucu %40 civarında değişim ile 80.1 m<sup>3</sup>kWh'ye düşmüştür. Mayıs ayının gelmesiyle elektrik tüketim miktarı 95.9 m<sup>3</sup>kWh'ye artış göstermiş ve Haziran ayından itibaren tekrar pandemi öncesi tüketim değerlerine dönmüştür.

ÇOSB bünyesinde kullanılan doğalgaz tüketim değerleri de 2020 yılının Ocak-Ekim ayları arası incelendiğinde elektrik tüketim değerlerine paralel bir değişim gözlemlenmektedir. Ocak-Mart ayları arasında 22.3-19.0 milyon m<sup>3</sup> aralığındaki değişimin ardından Nisan ayında tüketimde yaşanan yaklaşık %60 oranında düşüşle 8.1 milyon m<sup>3</sup> değerine inen tüketim miktarı Mayıs ayında 10.1 milyon m<sup>3</sup> değerine yükselmiş ardından gelen aylarda 15.9-19.3 milyon m<sup>3</sup> aralığında paralel bir grafik sergilemiştir.

#### 4. Sonuç

Hava kirliliği problemlerini çözmek ve strateji geliştirmek adına ilgili otoriteler ve bilimsel çalışma üretenler hava kirleticilerini takip etmeye ve analiz etmeye odaklanmışlardır. Hava kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi otoritelerin sorumluluğu olsa da doğrudan halk sağlığına etkisi olduğundan hava kalitesi hakkında güncel bilgileri kamuoyuna sunması da bir sorumluluktur. Bunu yaparken, farklı kirleticilerin ölçüm sonuçlarını anlamak bu konuda uzman bilim insanları için mümkün olsa da, halk ve yerel otoritelerin kolayca anlayabileceği şekilde sunulması gerekmektedir. Bu nedenle hava kirliliğinin halka sunumunu kolay anlaşılır bir şekilde yapılabilmesi adına Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) sınıflama sistemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada seçilen bir sanayi bölgesinde HKİ'nin uzun vadeli değişimi incelenmiş ve pandemi sürecinin hava kalitesi üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2016-2020 yılları arasında HKİ değerleri incelendiğinde hava kalitesinin ağırlıklı olarak orta ve iyi seviyede olduğu görülmüştür. Ayrıca 2019 ve 2020 yıllarında 2016 ve 2017 yıllarına karşılık indeks değerlerinin daha iyi seviyede olduğu söylenebilir.

2019-2020 yılları Nisan-Mayıs dönemi hava kalitesi değişimi ile ÇOSB elektrik ve doğalgaz tüketim değerleri karşılaştırıldığında, 2020 yılında yaşanan COVID-19 pandemisi sonucu sanayide kullanılan elektrik ve doğalgaz tüketiminin azalması, 2019 yılındaki hava kalitesi değerleri ile 2020 yılına ait hava kalitesi değerleri arasındaki farkın oluşmasına neden olmuştur. Söz konusu 2020 yılı Nisan-Mayıs döneminde hava kirliliğine etken olan kirletici konsantrasyon miktarlarında 2019 yılına göre azalma gözlemlenmiş olup hava kalitesi adına olumlu sonuçlar oluşmuştur. Hava kalitesinin izlenmesine yönelik çalışmaların artması bölgesel ve ulusal ölçekte hava kirliliğine karşı alınacak önlemlerin ve yol haritasının belirlenmesine ışık tutacaktır.

#### Teşekkür

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde yürütülen, Hava Kalitesinin İncelenmesi ve Eğitilebilir Algoritmalarda Modellenmesinin Araştırılması; Çerkezköy Örneği başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Prospects W.U. Department of Economic and Social Affairs. Available: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>, (Erişim tarihi: 01 Nisan 2021).
- [2] Li, X., Hussain, S.A., Sobri, S., Syazarudin, M. Overiewing the air quality models on air pollution in Sichuan Basin, China. *Chemosphere*, 129502, 2021.
- [3] Cihan, P., Ozel, H., and Ozcan, H. K. Modeling of atmospheric particulate matters via artificial intelligence methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(5), 1-15, 2021.
- [4] Rai, P.K., *Biomagnetic Monitoring of Particulate Matter*: Elsevier, 2016.
- [5] Bell, M.L., Dominici, F., Ebisu, K., Zeger, S.L., Samet, J.M. Spatial and temporal variation in PM<sub>2.5</sub> chemical composition in the United States for health effects studies. *Environmental health perspectives*, 115(7), 989-995, 2007.
- [6] Guo, H., Wei, J., Li, X., Ho, H.C., Song, Y., et al. Do socioeconomic factors modify the effects of PM<sub>1</sub> and SO<sub>2</sub> on lung cancer incidence in China? *Science of The Total Environment*, 756, 143998, 2021.
- [7] Yun, Y., Gao, R., Yue, H., Li, G., Zhu, N., et al. Synergistic effects of particulate matter (PM<sub>10</sub>) and SO<sub>2</sub> on human non-small cell lung cancer A549 via ROS-mediated NF- $\kappa$ B activation. *Journal of Environmental Sciences*, 31, 146-153, 2015.
- [8] Temam, S., Burte, E., Adam, M., Antó, J.M., Basagaña, X., et al. Socioeconomic position and outdoor nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) exposure in Western Europe: A multi-city analysis. *Environment international*, 101, 117-124, 2017.
- [9] Liu, Z., Guan, Q., Luo, H., Wang, N., Pan, N., et al. Development of land use regression model and health risk assessment for NO<sub>2</sub> in different functional areas: A case study of Xi'an, China. *Atmospheric Environment*, 213, 515-525, 2019.
- [10] Jerrett, M., Burnett, R.T., Pope, III C.A., Ito, K., Thurston, G., et al. Long-term ozone exposure and mortality. *New England Journal of Medicine*, 360(11), 1085-1095, 2009.
- [11] Hampson, N.B., Piantadosi, C.A., Thom, S.R., Weaver, L.K. Practice recommendations in the diagnosis, management, and prevention of carbon monoxide poisoning. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 186(11), 1095-1101, 2012.



[12] Asl, F.B., Leili, M., Vaziri, Y., Arian, S.S., Cristaldi, A., et al. Health impacts quantification of ambient air pollutants using AirQ model approach in Hamadan, Iran. Environmental research, 161, 114-121, 2018.

[13] Du, R., Li, J., Dong, G., Tian, L., Qing, T., et al. Percolation analysis of urban air quality: A case in China. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 541, 123312, 2020.

[14] Hao, X., Chonghuai, Y., Qingyan, F., Kai, X., Yamei, Y., et al. Possible environmental effects on the spread of COVID-19 in China. Science of The Total Environment, 731, 139211, 2020.

[15] Lu, R., Zhao, X., Li, J., Niu, P., Yang, B., et al. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. The lancet, 395(10224), 565-574, 2020.

[16] Pollution W.s.A. Real-time Air Quality Index. Available: <https://waqi.info>, (Erişim tarihi: 01 Haziran 2020).

[17] Agency E.P., "Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality - the Air Quality Index (AQI) by U.S. Environmental Protection Agency," 2018.

[18] UNION P. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Official Journal of the European Union, 2008.

[19] Organization W.H. WHO. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Global update 2005. Summary of Risk Assessment, 2006.

[20] Ağı U.H.K.İ. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Sürekli İzleme Merkezi, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı. Available: <https://www.havaizleme.gov.tr>, (Erişim tarihi: 05 Haziran 2020).

[21] Bölgesi Ç.O.S. Doğalgaz ve Elektrik Tüketim verileri. Available: <https://cosb.org.tr>, (Erişim tarihi: 10 Kasım 2020).