

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**COVID-19 PANDEMİ SÜRECİNİN İZMİR
BÖLGESİ HAVA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YAREN KOÇ

KOCAELİ 2022

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

COVID-19 PANDEMİ SÜRECİNİN İZMİT BÖLGESİ HAVA
KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YAREN KOÇ

Doç.Dr.Bilge ÖZBAY

Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Prof.Dr.Beyhan PEKEY

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Dr.Öğr.Üyesi İlker AKMIRZA

Jüri Üyesi, Gebze Teknik Üniversitesi

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 20.05.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmanın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

Bu tez çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

Bu tez çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler Tarafından no'lu proje kapsamında maddi/altyapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

.....
(İmza)
Yaren KOÇ
(Öğrencinin Adı Soyadı)

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullara kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan "Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....
(İmza)
Yaren KOÇ
(Öğrencinin Adı Soyadı)

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Kocaeli ili, artan sanayileşme derecesi ile ciddi çevre kirliliğine sahip bir ildir. Bu kirlilik çevre ve halk sağlığı açısından önem arz etmektedir. Tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 pandemisi hava kirliliğinin izlenmesi ve değerlendirilmesi açısından önemli bir deney merceğidir.

Yürütülen bu tez çalışmasında, pandemik karantina uygulamaları sırasında İzmit Bölgesindeki hava kalitesinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Bu amaçla Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'na ait dört farklı istasyonda konvansiyonel parametreler (PM10, PM2.5, NO_x, SO_x, CO_x, O₃) ile meteorolojik parametreler (sıcaklık, nem, rüzgar hızı vb.) izlenmiştir. Daha detaylı sonuçlara ulaşmak amacıyla ölçüm sonuçları bir önceki yılın aynı dönemiyle karşılaştırılmıştır. Kirleticilerin birbirleriyle ve meteorolojik faktörlerle olan ilişkilerini belirleyip olası etkilerini incelemek amacıyla korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tez kapsamında ilişkili olduğu düşünülen kirleticilerin seviyeleri tahmin edebilecek regresyon model denklemleri de elde edilmiştir. Bu araştırmanın sonuçlarının ilgili tüm kişi ve kuruluşlara bilgi vereceğini umuyorum.

Öncelikle tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım, her zaman desteğini ve dostluğunu gördüğüm saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Bilge ÖZBAY'a saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bu çalışmayı emeklerinin karşılığını asla ödeyemeyeceğim çok değerli annem Hale KOÇ, babam Cüneyt KOÇ ve abim Emre KOÇ'a ithaf ediyorum.

Aralık 2021

Yaren KOÇ

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ.....	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1.Partikül Maddeler (PM).....	3
2.2.Ozon(O ₃).....	4
2.3.Azot Oksitler (NO _x).....	6
2.4.Karbonmonoksit (CO)	7
2.5.Kükürt Dioksit (SO ₂)	7
3. KARANTİNA DÖNEMİNDE DÜNYANIN FARKLI ÜLKELERİNDEKİ HAVA KALİTESİ	9
4. MALZEME VE YÖNTEMLER	20
4.1. Çalışma Bölgesinin Tanımı	20
4.2. Kullanılan İstatistiksel Metotlar.....	22
4.2.1.Korelasyon Analizi	22
4.2.2.Çoklu Regresyon Analizi.....	25
5. ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	27
5.1. Körfez İstasyonunun Değerlendirilmesi	28
5.2. İzmit İstasyonunun Değerlendirilmesi	30
5.3. Alikahya İstasyonunun Değerlendirilmesi	33
5.4. Kandıra İstasyonunun Değerlendirilmesi	36
6. METEOROLOJİK PARAMETRELERE AİT ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	40
7. KİRLİLİK SEVİYELERİNİN BİR ÖNCEKİ YILA AİT DEĞERLERLE KARŞILAŞTIRILMASI	42
8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	45
8.1. İncelenen Kirleticiler Arasındaki İlişkiler	45
8.2. Meteorolojik Parametreler ve Kirleticiler Arasındaki İlişkiler.....	46
9.SONUÇLAR.....	48
KAYNAKLAR	51
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	57
ÖZGEÇMİŞ	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Atomik oksijen ile ozon arasındaki ilişki	5
Şekil 2.2. Troposferik ozonun oluşum ve parçalanma mekanizması	6
Şekil 2.3. Atmosferik azotdioksitin fotolitik çevrimi	7
Şekil 3.1. 2019 ve 2020'de ABD'deki kirlilik seviyesi.....	17
Şekil 3.2. 2019 ve 2020'de İtalya'daki kirlilik seviyesi	18
Şekil 4.1. İstasyonların incelenen bölge haritasındaki konumu(1.Körfez İstasyonu 2.İzmit İstasyonu 3.Alikahya İstasyonu 4.Kandıra İstasyonu)	20
Şekil 4.2. Farklı korelasyon türlerine ait örnek grafikler	24
Şekil 5.1. Körfez İstasyonunda a) PM10 b) PM2.5 c) SO ₂ d) NO _x e) O ₃ seviyelerinin zamansal değişimi.....	28
Şekil 5.1. (Devam) Körfez İstasyonunda a) PM10 b) PM2.5 c) SO ₂ d) NO _x e) O ₃ seviyelerinin zamansal değişimi	29
Şekil 5.2. İzmit İstasyonunda a) PM10 b) NO _x c) CO seviyelerinin zamansal değişimi	30
Şekil 5.2. (Devam) İzmit İstasyonunda a) PM10 b) NO _x c) CO seviyelerinin zamansal değişimi	31
Şekil 5.3. Alikahya İstasyonunda a) PM10 b) SO ₂ c) NO _x seviyelerinin zamansal değişimi	33
Şekil 5.4. Kandıra İstasyonunda a) PM10 b) PM2.5 c) NO _x d) O ₃ seviyelerinin zamansal değişimi	36
Şekil 5.4. (Devam) Kandıra İstasyonunda a) PM10 b) PM2.5 c) NO _x d) O ₃ seviyelerinin zamansal değişimi.....	37
Şekil 7.1. Mayıs 2019 ve 2020 arasındaki kirletici konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	42

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Çin'deki kirleticilerin 2019 ve 2020 değerleri	10
Tablo 3.2. Çin'de kirleticilere bağlı ölüm oranları	10
Tablo 3.3. Farklı ülkelerdeki kirletici türleri ve % değişimleri.....	11
Tablo 3.3. (Devam)Farklı ülkelerdeki kirletici türleri ve % değişimleri.....	12
Tablo 4.1. İncelenen istasyonların genel özellikleri	21
Tablo 4.2. Covid-19 sırasında İzmit'teki karantina günleri.....	22
Tablo 5.1. Kirleticilerin sınır değerleri	27
Tablo 5.2. Karantina süresi boyunca (Mart – Haziran 2020) kirletici seviyelerindeki değişiklikler	38
Tablo 6.1. 2020 döneminde meteorolojik parametrelerin aylık ortalama değerleri	40
Tablo 8.1. İncelenen kirleticiler için korelasyonlar ve regresyon modelleri	45
Tablo 8.2. Meteorolojik parametreler ve kirleticiler arasındaki korelasyonlar	46

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

b	: Kısmi regresyon katsayısı
β	: Kısmi regresyon katsayısı
CO	: Karbon monoksit, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO ₂	: Karbon dioksit, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
d	: İki serinin sıralanması arasındaki fark
dB	: Desibel
HCl	: Hidrojen Klorür, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
HF	: Hidrojen Florür, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
k	: Sıralamayı yapan birimlerin sayısı veya satır sayısı
n	: Gözlem sayısı
NaCl	: Sodyum Klorür, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
N	: Sıralanması gereken birimlerin sayısı veya sütun sayısı
NO	: Azot monoksit, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO ₂	: Azot dioksit, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO _x	: Azot oksitler, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
O ₃	: Ozon, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM	: Partikül madde, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
r	: Pearson korelasyon katsayısı
r _s	: Spearman korelasyon katsayısı
R _j	: Sıralanan birimlerin sıra numaralarının toplamları
R ²	: Korelasyon katsayısı
SO ₂	: Kükürt dioksit, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO _x	: Kükürt oksitler, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
X _n	: Bağımsız değişkenler
Ŷ	: Bağımlı değişken
ϵ_i	: Çoklu doğrusal regresyona ait hata terimi
α	: Doğrusal fonksiyonlardaki reel değerli sabit
τ	: Kendall uygunluk katsayısı

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
BTEX	: Benzen, Toluen, Etil Benzen ve Ksilen
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
CoV	: Covid (Kovid)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
Ort	: Ortalama
Std. Spm.	: Standart Sapma
UEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
UV	: Ultraviyole
VOC	: Volatile Organic Compound (Uçucu Organik Bileşikler)

COVID-19 PANDEMİ SÜRECİNİN İZMİT BÖLGESİ HAVA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında Covid-19 pandemisi sırasında karantina uygulamalarının hava kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla çalışma bölgesi olarak Türkiye'nin sanayileşmiş ve gelişmiş bir bölgesi olan İzmit ve çevresi seçilmiştir. Çalışma bölgesindeki hava kalitesi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait dört farklı istasyonda (Körfez, İzmit, Alikahya ve Kandıra istasyonları) Mart-Haziran 2020 periyodunda gerçekleştirilen sürekli ölçümler ile izlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar, pandemi karantina sürecinin bölgedeki hava kalitesinde önemli değişimlere neden olduğunu göstermektedir. Kent merkezini temsil eden İstasyon 2'de PM10 ve NO_x seviyelerinde sırasıyla %32,95 ve %58,26 düşüş gözlemlenirken; İstasyon 3 bölgesinde aynı kirleticilerdeki düşüş sırasıyla %17,11 ve %47,87 olarak belirlenmiştir. Karantina uygulamalarının en yoğun yaşandığı Mayıs 2020 döneminin verileri, bir önceki yılın aynı dönemiyle karşılaştırıldığında ise; en belirgin düşüş İstasyon 3'de %50,07 ile NO_x parametresi için belirlenmiştir. Çalışma kapsamında karantina döneminde kirleticilerin birbirleriyle ve meteorolojik faktörler (sıcaklık, rüzgar hızı, rüzgar yönü, yağış ve bağıl nem) ile ilişkilerini değerlendirmek üzere korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Kirleticilerin kendi aralarındaki ilişkiler incelendiğinde kent merkezinde CO ve NO_x seviyeleri arasında görülen güçlü pozitif korelasyon ($r=0.87$) trafik kaynaklı kirliliğin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Diğer taraftan İstasyon 1 ve 3'de NO_x ve SO₂ parametreleri arasındaki pozitif korelasyonlar ise bölgede noktasal kaynakların etkileri ile ilgili gösterge niteliğindedir. Tez kapsamında ayrıca ilişkili olduğu düşünülen parametreleri tahmin edilebilmek üzere regresyon modeller geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Covid-19, Hava Kalitesi, Karantina, Korelasyon, Pandemi.

EVALUATION OF THE EFFECT OF THE COVID-19 PANDEMIC PROCESS ON AIR QUALITY OF IZMIT REGION

ABSTRACT

Within the scope of the thesis study, the effects of quarantine practices on air quality during the Covid-19 pandemic were examined. For this purpose, Izmit and its surroundings, which is an industrialized and developed region of Turkey, were chosen as the study area. The air quality in the study area was monitored with continuous measurements carried out in the period of March-June 2020 at four different stations (Korfez, Izmit, Alikahya and Kandıra stations) belonging to the Ministry of Environment and Urbanization. The results obtained in the study show that the pandemic quarantine process causes significant changes in the air quality in the region. In Station 2, which represents the city center, a decrease of 32.95% and 58.26% was observed in PM10 and NO_x levels, respectively; The decrease in the same pollutants in the station 3 region was determined as 17.11% and 47.87%, respectively. When the data of the period of May 2020, when quarantine practices are most intense, is compared with the same period of the previous year; The most significant decrease was determined for the NO_x parameter at Station 3 with a numerical value of 50.07%. Within the scope of the study, correlation analyzes were carried out to evaluate the relations of pollutants with each other and with meteorological factors (temperature, wind speed, wind direction, precipitation and relative humidity) during the quarantine period. When the relationships among pollutants are examined, the strong positive correlation ($r=0.87$) between CO and NO_x levels in the city center can be considered as an indicator of traffic-induced pollution. On the other hand, the positive correlations between NO_x and SO₂ parameters at Stations 1 and 3 are indicative of the effects of point sources in the region. Within the scope of the thesis, regression models have also been developed in order to estimate the parameters that are thought to be related.

Keywords: Covid-19, Air Quality, Lockdown, Correlation, Pandemic.

1. GİRİŞ

Koronavirüs, dünya üzerinde ilk kez 1960'lı yıllarda görülmüştür. 400'den fazla çeşidi bulunan koronavirüs son 20 yılda üç farklı salgına neden olmuştur. 2002'de çıkan SARS ile 2012'de çıkan MERS virüsü ile aynı gruptandır. 2019 yılı sonlarında ortaya çıkan Covid-19 ise, daha önce insanlarda tanınmayan yeni bir türdür.

31 Aralık 2019'da Çin, Hubei Eyaletinin merkezindeki Wuhan'da birkaç olağandışı zatürre vakası konusunda Dünya Sağlık Örgütü'nü (DSÖ) uyarmıştır ve 9 Ocak 2020'de SARS-CoV-2 adlı yeni bir virüsün tanımlaması açıklanmıştır (DSÖ, 2020). 30 Ocak'ta DSÖ, dünya çapında halk sağlığı acil durumu ilan etmiştir. Covid-19 için dünya çapında birçok devlet farklı dönemler için tam veya kısmi karantina önlemleri almıştır. İlk çalışmalar, insani faaliyetlerin enfeksiyonun yayılmasında önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Bu nedenle, insanların evde kalmasını sağlamak ve sosyal teması azaltmak için birçok ülkede, şehir içi ve şehir dışı seyahatlerin kısıtlanması, toplantıların yasaklanması, okulların ve eğlence mekanlarının kapatılması gibi çeşitli önlemler alınmıştır.

Deneysel bir çalışma ile, 23 Ocak 2020'de Çin'in Wuhan şehrinin karantinaya alınmasıyla, şehirden çıkışların %56,35, şehire girişlerin %76,64 ve şehir içi hareketlerin ise %54,15 azaldığı bulunmuştur (Fang ve diğ., 2020). Dünya çapında Covid-19 döneminde, Google (2020) ve Moovit Uygulaması tarafından bir mobilite değerlendirmesi yayınlanmıştır. Asya, Avrupa ve Amerika'daki çeşitli ülkelerde yaklaşık %87'ye varan küresel bir düşüş keşfedilmiştir. Moovit uygulaması tarafından izlenen ulaşım modlarında, seyahatler Madrid'de yaklaşık %84, Lombardy ve Milano'da %86 ve New York City metropol alanında ise %54 oranında azalmıştır (Griswold, 2020). Ayrıca, Delhi (Hindistan)'de ve Wuhan'da yolcu sayılarında %80-90'lık düşüşler listelenmiştir.

Moovit Uygulaması Türkiye için de bir mobilite değerlendirmesi yayınlamıştır. Bu değerlendirmede Covid-19 döneminde yaya hareketlerinin %43'ten %26'ya, toplu taşıma kullanımının %42'den %20'ye düştüğü, özel araç kullanımının ise %15'ten %54'e çıktığı gözlemlenmiştir.

TomTom uygulaması, dünyanın çeşitli şehirlerindeki trafik sıkışıklık aralıklarını belirleyen bir uygulamadır. Covid-19 etkisi nedeniyle mevcut tıkanıklık aralıklarının %50-%70 oranında düştüğü bulunmuştur. (Aloi ve diğ., 2020).

12 Kasım 2021 tarihi itibarıyla, Dünya Sağlık Örgütü verileri, dünya çapında 251.788.329 doğrulanmış vaka tespit edildiğini ve 5.077.907 doğrulanmış ölüm olduğunu göstermiştir (URL-12).

Türkiye, ilk Covid-19 vakasını 11 Mart'ta bildirmiştir ve bu açıklamanın hemen ardından, ülkedeki pandemiye kontrol altına alma amacıyla, bir dizi acil karantina önlemleri alınmıştır. Bu planlar arasında her düzeyden eğitim kurumlarının kapatılması (16 Mart), 65 yaş üstü vatandaşların sokağa çıkma yasağı (21 Mart), 20 yaşından küçük vatandaşların (28 Mart) sokağa çıkma yasağı, Büyükşehir statüsündeki 30 il ve Zonguldak (kömür madenciliği, termik santraller ve demir-çelik sanayinin olduğu ve solunum yolu hastalıklarının daha sık görüldüğü bir ilde olması nedeniyle) (3 Nisan)'a giriş çıkışlarda seyahat kısıtlaması, hafta sonları Türkiye genelinde sokağa çıkma yasağı (11 Nisan) gibi birbirini takip eden bir dizi karantina önlemleri alınmıştır. Bu kısıtlamalar, yalnızca Covid-19'un yayılmasını engellemekle kalmayıp, aynı zamanda hava kalitesini de iyileştirebileceği dikkate alınmalıdır (URL-4).

Dünyanın çeşitli yerlerinde, Covid-19 pandemisinin hava kalitesi üzerindeki etkisi konusunda çalışmalar yapılmıştır.

Antropojenik faaliyetlerdeki kısıtlamalar nedeniyle kirletici konsantrasyonlarında düşüşler gözlemlenmiştir. Günlük hayatta karşılaşılan en büyük hava kirleticileri; partikül madde (PM), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂), ozon (O₃), karbonmonoksit (CO) ve karbon dioksittir (CO₂) (Chen ve diğ., 2021).

2. GENEL BİLGİLER

Hava Kalitesi ve Konvansiyonel Hava Kirleticileri:

Hava kirliliği, atmosferdeki bir veya daha fazla kirleticinin, canlı yaşamına ve çevre kalitesine zarar veren miktar ve sürelerde bulunması olarak tarif edilebilir. Bu kirleticiler genel olarak, gaz (SO₂, NO_x, HC, CO, CO₂) ve toz (duman, metal dumanları, uçucu kül, sis, aerosoller) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bunun dışında ozon (O₃) gibi fotokimyasal oksidantlar da ikincil hava kirleticileri olarak tanımlanmaktadır. Hava kirliliği kaynakları, doğal kaynaklar ve antropojenik kaynaklar olmak üzere iki gruba ayrılır. Hava kirleticilerinin doğal kaynakları; volkanik patlamalar, orman yangınları, toz fırtınaları, okyanuslar ve bitkiler, antropojenik kaynaklar ise ulaşım (uçak, motorlu taşıtlar, demiryolları ve gemiler), sanayi (termik santraller, endüstriyel prosesler ve katı atık yakma tesisleri) ve ısıtma (katı, sıvı, gaz yakıtlı fırınlar ve kalorifer kazanları) olarak sıralanabilir (URL-13).

2.1. Partikül Maddeler (PM)

Hava kirliliğine neden olan gazların dışında, diğer önemli hava kirleticiler ise askıdaki partikül maddelerdir. Partikül maddeler, atmosferdeki veya hava kütesindeki bir molekülden daha büyük (>0,0002 µm) ve 500 µm'den daha küçük katı veya sıvı halde bulunabilen maddelerdir. Atmosferik PM, elementel ve organik olarak bulunabilen karbon, amonyum, nitrat, sülfat, mineral toz, eser elementler ve suyun karmaşık bir karışımıdır. Havadaki partiküllerin türleri ve özellikleri, oluştukları kaynağa, oluşma şekline, boyutlarına, yoğunluğuna, içerdikleri belirli bileşenlere ve buldukları veya yayıldıkları ortama bağlıdır. Partikül maddeler, kökenlerine bağlı olarak, doğal veya antropojenik kökenli olabilirler. Başlıca doğal kaynaklar: deniz aerosoller ve tuzları, rüzgarla savrulan toprak parçacıkları, volkanik aktivite, yangınlar, çöl kumları ve mikroorganizmalar olarak sıralanabilir. Antropojenik kaynaklar ise çimento ve metal endüstrileri, termik santraller, inşaat faaliyetleri, madencilik, taşıtlardan kaynaklanan tozlar, fosil yakıtların yanması sonucu oluşan uçucu küller, tarımsal aktivitelerle atmosfere karışan partiküllerdir. Antropojenik kaynaklardan yayılan partikül maddeler, genellikle küçük boyutta olup insan sağlığına daha zararlıdır. Bu partiküller bir kez solunduğunda, kalbi ve akciğerleri etkileyebilir ve önemli sağlık sorunlarına neden olabilirler (URL-10).

2.2. Ozon(O₃)

Yeryüzeyine yakın zehirli bir kirletici olan ozon (O₃), üç oksijen atomundan oluşur ve stratosferde hayati öneme sahiptir. Ozon, kararsız, aşındırıcı ve güçlü bir oksitleyicidir. Bu nedenle hem eşya hem de canlı yaşamı üzerinde zararlı etkileri bulunmaktadır (Müezzinoğlu, 2003).

Atmosferdeki ozonun %90'ı yeryüzünden 10-50 km yükseklikte stratosferde bulunur ve yeryüzündeki her türlü canlıyı güneşin zararlı ışınlarından koruduğu için iyi ozon olarak adlandırılır (Horrikan, 2005). Ozonun (kötü ozon) %10'u, yeryüzeyi ile stratosfer arasında bulunan troposferdedir. Kötü ozon, araç egzozlarından ve endüstriyel emisyonlardan yayılan uçucu organik bileşiklerin ve nitrojen oksitlerin havaya karışması ile yer seviyesinde ciddi hava kirliliğine sebep olur. Sonuç olarak, insani faaliyetler ile yer seviyesinde oluşan ozon, fotokimyasal dumanın önemli bir bileşenidir (Percy ve diğ., 2005).

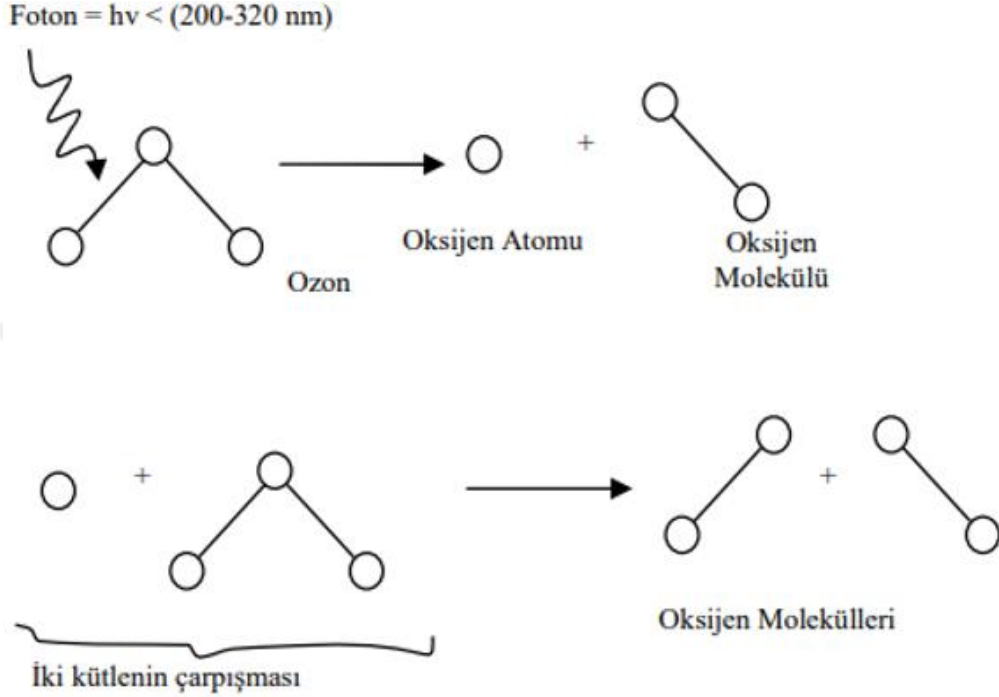
Stratosferik ozon, güneş ışığının oksijen moleküllerini parçalaması ile başlayan doğal bir reaksiyonla üretilir. İlk adımda, güneş ışığı bir oksijen molekülünü (O₂) iki oksijen atomuna böler. İkinci adımda ise her bir serbest oksijen atomu bir oksijen molekülü ile bir araya gelerek ozonu oluşturur. Stratosferde oksijen olduğu sürece reaksiyon devam eder. Stratosferdeki ozonun bir kısmı alt katman olan troposfere taşınır.

Troposferde ozon, doğal olarak veya kirletici kaynaklardan oluşan gazların reaksiyona girmesiyle oluşur. Kirlenmiş bölgelerde yüksek konsantrasyonlarda bulunan azot oksitler ve hidrokarbonlar, troposferde yüksek konsantrasyonlarda ozon oluşumuna yol açarlar. Bu nedenle NO_x ve VOC'ler gibi kirleticilere "ozon öncüleri" denir. Bu oluşumda meteorolojik koşulların önemli bir faktör olduğu bilinmektedir. Stratosferden sızan ozon, troposferik ozonun küçük bir kısmını oluşturur (Dueñas ve diğ., 2002; Satsangi ve diğ., 2004; Elminir, 2005).

Yer seviyesindeki ozonun insan sağlığı ve ekosistemler üzerinde doğrudan olumsuz etkileri vardır. Kötü ozon, insanlarda ve hayvanlarda ciddi göz, burun ve solunum sorunlarına neden olabilir (Özbay,2012).

Ozonun Parçalanma Mekanizması:

Atmosferdeki atomik oksijen, hem ozonun oluşma mekanizmasında hem de bozunma mekanizmasında rol oynar (Chapman, 1930).



Şekil 2.1. Atomik oksijen ile ozon arasındaki ilişki (Özbay,2012)

1930'larda Chapman'ın atomik oksijenin ozonu parçaladığı teorisini öne sürmesinden sonra, stratosferik ozonun, atomik oksijene ek olarak OH radikalleri (Bates ve Nicolet, 1950) ve nitrojen içeren bileşikler (Crutzen, 1970; Crutzen, 1971; Johnston, 1971) tarafından da parçalandığı belirlenmiştir.

Yukarıda bahsedildiği gibi, nitrojen oksitler (NO ve NO₂) de ozonun bozunma mekanizması üzerinde bir etkiye sahiptir. Denklem (2.1) ve (2.2):



Denklem (2.1) ve (2.2) birlikte değerlendirilirse Denklem (2.3) elde edilir;



ifadesi elde edilir.

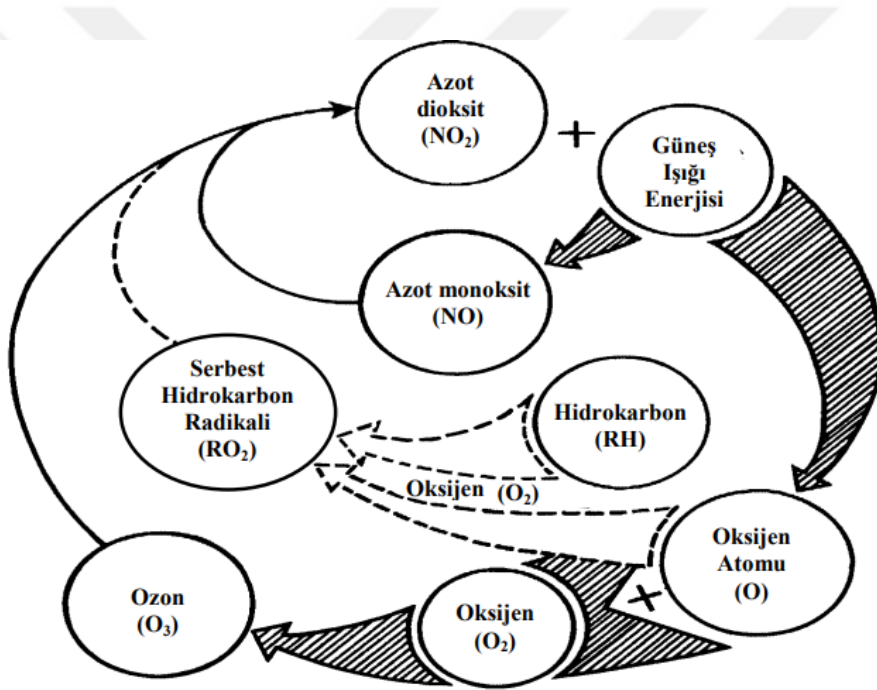
Öte yandan, atmosferin alt kısımlarında oluşan N_2O , daha az reaktif olduğu için ozon bakımından zengin olan stratosfere yükselebilir. Denklem (2.4)'te radyasyon ile;



Oluşan serbest oksijen atomları, ozonun parçalanmasında etkili olan nitrojen oksitleri (NO) oluşturmak üzere Denklem (2.5)'teki gibi N_2O ile reaksiyona girebilir:



Yukarıda ayrıntıları verilen yer seviyesindeki ozonun oluşum ve bozunma mekanizmaları aşağıda Şekil 2.2.'de özetlenmiştir:



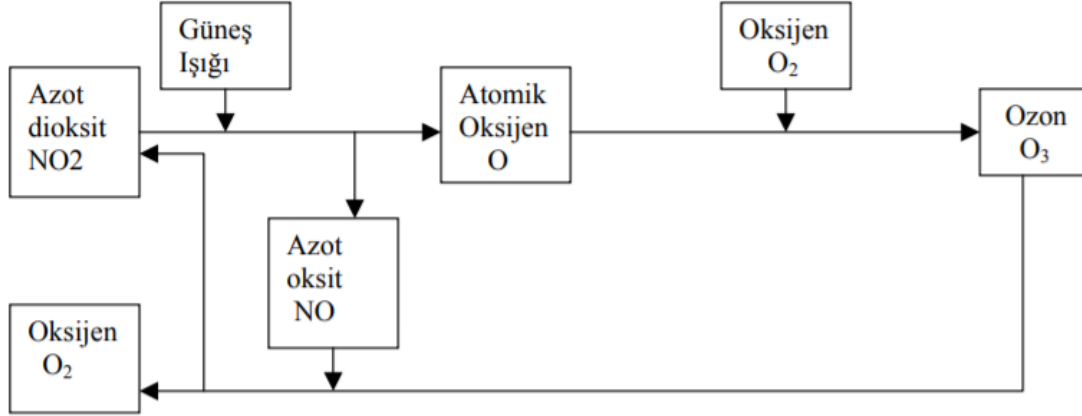
Şekil 2.2. Troposferik ozonun oluşum ve parçalanma mekanizması (Godish, 1997)

2.3. Azot Oksitler (NO_x)

Azot oksitler (NO_x), esas olarak motorlu taşıtlardan (%49), enerji santrallerinden (%28), endüstriyel (%13) ve ticari aktivitelerden (%5) yayılmaktadır (URL-9).

Araçların egzozlarından yayılan en önemli NO_x , azotmonoksit (NO)'dir. NO, yüksek sıcaklıkta yanma işleminin sonucu olan ve çeşitli yanma formlarında bulunan renksiz ve kokusuz bir gazdır. Atmosferdeki seviyeleri arttıkça insanlara ve bitki örtüsüne zararlı

olabilir. Azotmonoksit (NO), güneş ışınlarının etkisi altında havadaki ozon ile reaksiyona girerek azotdioksit (NO₂)'e dönüşmektedir. NO₂ kahverengi zehirli bir gazdır. NO₂, güneş ışınlarının etkisiyle parçalanarak serbest oksijen atomu ile birleşir ve yer seviyesindeki ozon (O₃) oluşumuna sebep olur. Ayrıca orman yangınları, yıldırım ve topraktaki mikrobiyal süreçler de doğal NO_x kaynakları arasında yer almaktadır. (URL-14).



Şekil 2.3. Atmosferik azotdioksitin fotolitik çevrimi (Tozsın,2003)

2.4. Karbonmonoksit (CO)

Karbon monoksit, karbon içeren yakıtların eksik yanması sonucu oluşan renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Birincil hava kirleticilerden biri olan karbonmonoksit, oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı, yüksek sıcaklıkta gazın kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi faktörlerden birinin yokluğunda tam olmayan bir yanma sonucunda karbondioksit yerine oluşmaktadır. Karbonmonoksit, atmosferde 2 aydan fazla kalan kararlı bir gazdır. CO oluşumunun yaklaşık olarak %70'inden fazlasının ulaşım sektöründen kaynaklandığı bilinmektedir. Şehir havasında bulunan karbonmonoksit, halk ve çevre sağlığı bakımından son derece önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu gaz solunduğunda, kandaki oksijen ile tepkimeye girerek organlara, özellikle kalbe ve beyne zarar verirken, yüksek konsantrasyonları ölümcüldür. Düşük sıcaklıklar tamamlanmamış yanma süreci oluşturur bu sebeple soğuk hava karbonmonoksit oluşumunu artırır (Albayati ve diğ., 2021) (URL-13).

2.5. Kükürt Dioksit (SO₂)

SO₂, gaz halindeki kirleticiler arasında yaygın olarak bilinen birincil hava kirleticilerdendir. Yanıcı olmayan ve renksiz bir gaz olan kükürt oksitlerin atmosferde

kalma süresi 40 günü bulmaktadır. Antropojenik nedenler ile oluşan kükürt oksitlerin %80'inden fazlasının endüstriyel kaynaklardan meydana geldiği tahmin edilmektedir. Ayrıca volkanlar, okyanuslar ve çürüyen organik maddeler SO₂'nin doğal kaynakları olarak sayılabilirler. Diğer kirleticilere benzer şekilde, SO₂ insanların sağlığını etkiler, burun, boğaz, akciğerlerde tahrişe neden olur ve kardiyovasküler hastalıkları şiddetlendirir (Albayati ve diğ., 2021) (URL-13).



3. KARANTİNA DÖNEMİNDE DÜNYANIN FARKLI ÜLKELERİNDEKİ HAVA KALİTESİ

Covid-19 ilk olarak 2019'un sonunda Çin'de ortaya çıkmıştır ve hızla dünyaya yayılmıştır.

Covid-19 salgınını kontrol altına almak için Çin hükümeti, 23 Ocak 2020'de virüsün Çin'deki merkez üssü olarak bilinen Wuhan'ı karantina altına almıştır ve ardından tüm eyaletler birinci seviye halk sağlığı acil durum müdahalesi başlatmıştır. İnsanların açık hava etkinlikleri büyük ölçüde yasaklanmıştır. Bu kontrol önlemleri, hava kirleticilerinin emisyonlarını ve hava kalitesini büyük ölçüde etkilemiştir.

Çalışma kapsamında karantina döneminde farklı ülkelerdeki hava kalitesi incelenmiştir. Elde edilen tüm veriler Tablo 3.3.'te verilmiştir.

Çin:

Çin'de yapılan birçok araştırma sonucunda, ağır hava kirliliğinin yüksek sağlık risklerini beraberinde getirdiği sonucuna varılmıştır.

Daha önce, Çin'deki hava kirliliğine atfedilebilecek ölüm oranlarını tahmin etmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin, Lelieveld ve diğ. (2015), 2010 yılında Çin'de 1.36 milyon erken ölümün, dış hava kirliliğinden (PM2.5 ve O₃) kaynaklandığını, Hu ve diğ. (2017) ise 2013 yılında 1.3 milyon ölümün PM2.5 maruziyetine bağlı olduğunu tahmin etmiştir. Xue ve diğ. (2019), Hava Kirliliği Önleme ve Kontrol Eylem Planı (2013-2017) kapsamında, 2017 yılında Çin'de PM2.5 maruziyetine atfedilebilen hala 1 milyon erken ölüm olduğunu hesaplamıştır.

Önceki çalışmaların çoğu, kısa vadeli ve uzun vadeli maruziyete odaklanmıştır. 2015 yılında Çin genelinde kısa süreli PM2.5 maruziyetinden kaynaklanan toplam 169.862 ölüm olduğu tahmin edilmiştir (Li ve diğerleri, 2019b).

Çin'de yapılan çalışmada, 31 eyaletin başkentinden gelen veriler kullanılarak, Çin'in farklı bölgelerinde hava kalitesindeki değişiklikler ve bununla bağlantılı erken ölümler değerlendirilmiştir (Nie ve diğ., 2021).

Tablo 3.1. Çin'deki kirleticilerin 2019 ve 2020 değerleri (Nie ve diğ., 2021)

Kirleticiler	Ortalama	
	2019 (8h)	2020(8h)
NO ₂	41	34
PM2.5	52	48
PM10	87	73
SO ₂	13	11
CO	0,97	0,87
O ₃	78	87

Tablo 3.1'de hava kirleticilerin 2019 ve 2020 yılındaki 8 saatlik ortalamaları verilmiştir. O₃ parametresi dışında, diğer kirletici konsantrasyonlarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Covid-19 salgını sırasında (1 Ocak-2 Mayıs 2020) hava kalitesindeki değişiklikler ile ilişkili sağlık yükü hakkında bir araştırma yapılmış olup, 31 ilden gelen veriler analiz edilerek hava kalitesinde genel bir iyileşme bulunmuştur.

Tablo 3.2. Çin'de kirleticilere bağlı ölüm oranları (Nie ve diğ., 2021)

Hava Kirleticileri	2019		2020		2019-2020	
	Prematüre Ölümler (Kişi)	Katkı (%)	Prematüre Ölümler (Kişi)	Katkı (%)	Engellenmiş Ölümler (Kişi)	Katkı (%)
PM2.5	10.290	11,3	9.267	11,4	1.023	10,9
PM10	13.162	14,5	10.910	13,5	2.252	23,9
SO ₂	5.151	5,7	4.375	5,4	776	8,2
NO ₂	29.609	32,7	24.439	30,1	5.170	54,9
CO	17.113	18,9	15.452	19	1.661	17,7
O ₃ _8h	15.274	16,9	16.746	20,6	-1.472	-15,6
Toplam	90.599	100	81.189	100	9.410	100

Tablo 3.2'de Çin'de, kirleticilerin erken ölümlere etkileri ve hava kalitesindeki iyileşmeye bağlı engellenmiş ölüm oranları verilmiştir. 31 şehirde toplam önlenen erken ölümün 9.410 kişi olduğu bulunmuştur. Bu sağlık yararına en büyük katkı ise NO₂ (%55), PM2.5 (%10,9) ve PM10 (%23,9) 'nun olmuştur (Nie ve diğ., 2021).

Tablo 3.3. Farklı ülkelerdeki kirletici türleri ve % değişimleri

ÇALIŞMA BÖLGESİ	KİRLETİCİ TÜRÜ VE % DEĞİŞİM							ÖLÇÜM PERİYODU	REFERANS
	NO ₂	NO _x	SO ₂	O ₃	PM10	CO	PM2.5		
Irak	-20			+5,25	56		-2,5	16/01-24/07	(Khomsi ve diğ.,2020)
Rio De Janeiro	-16,8			-7,8	7,5	-42,4		02/03-16/04	(Dantas ve diğ.,2020)
Kazakistan	-35		7	15		-49		02/03-14/04	(Kerimray ve diğ.,2020)
İspanya (Barselona)	-47		-19,4	+28,5	-27,8			16/02-30/03	(Tobias ve diğ.,2020)
Sao Paulo		-40						01/03-01/04	(Krecl ve diğ.,2020)
Hindistan (Delhi)	-52,7		-18	+0,78	-51,9	-30,4	-53,1	24/03-03/05	(Mahato ve diğ.,2020)
Meksika					-44,6	-46,2	-44,5	15/03-06/06	(Leal ve Hernandez.,2020)
Polonya	-9,9		+11		-20,1		-24,7	01/04-01/05	(Filonchuk ve diğ.,2020)
Tayland	-33,7			-12,5	-22,9		-21,8	23/01-29/02	Stratoulas ve Nuthammachot,2020)
Bangladeş	-20,4		-17,5	-9,7			-26	08/03-15/05	(Rahman ve diğ.,2020)
Güney ve Güney Doğu Asya	-24,2		-19,5	+4,52		-6,88	-20,5	27/03-31/05	(Roy ve diğ.,2020)
Fas	-12					-0,04	-18	20/03-20/04	(Khomsi ve diğ.,2020)
Avusturya	-37,1			+6,4			-10,3	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Mısır	-45,5			-61,1				01/03-01/04	(El-Magd ve Zanaty,2020)
Belçika	-34,8			+17,6			-13,4	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Bosna Hersek	-43,2			-1,5			-5,8	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Bulgaristan	-38,5			-2,1			-5,3	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Hırvatistan	-37,5			-1,5			-11,6	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Çek Cumhuriyeti	-18,1			+1,2			-5,7	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Danimarka	-19,8			+1,5			-6,3	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Fransa	-43,2			+6,7			-18	14/03-14/04	(Menut ve diğ.,2020)
Almanya	-29,5			+4,5			-11,7	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Yunanistan	-44,6			+5,2			-11	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Macaristan	-22,6			-0,7			-4,7	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
İrlanda	-37,3			-2,7			-11,1	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Litvanya	-26,5			+0,8			-4,9	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Hollanda	-22,6			+8,2			-10,3	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Norveç	-24			+1,3			-6,5	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Portekiz	-57,8			+8,1			-13	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Romanya	-28,6			-1,6			-4,8	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Rusya	-25,4			+1,6			-2,5	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Sırbistan	-26,7			-1,7			-2,4	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Slovakya	-23,8			-0,9			-7,6	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Slovenya	-40,7			+2,1			-16,3	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
İsveç	-13			+0,7			-5,5	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)

Tablo 3.3. (Devam) Farklı ülkelerdeki kirletici türleri ve % değişimleri

ÇALIŞMA BÖLGESİ	KİRLETİCİ TÜRÜ VE % DEĞİŞİM							ÖLÇÜM PERİYODU	REFERANS
	NO ₂	NO _x	SO ₂	O ₃	PM10	CO	PM2.5		
İsviçre	-31,4			+1,8			-22	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
İngiltere	-38,1			+5,1			-14	01/03-01/04	(Menut ve diğ.,2020)
Adana	-92		-85	+1,5	-25			16/03-31/03	(Tunç ve Toros,2020)
Bursa	-60		-67	-89	-65	+1,97		16/03-31/03	(Toros ve Yiğiter,2020)
İstanbul (Avrupa)	-56		-51		-62	-60	-80	01-15/03-15-31/03	(Şahin,2020)
İstanbul (Asya)	-70		-30		-56		-58	01-15/03-15-31/03	(Şahin,2020)
Kars			-203		-34			2015-2019/2020	(Özdemir ve Orak,2021)
Afyon			-291		-117			2015-2019/2020	(Özdemir ve Orak,2021)
İzmir					-30			2015-2019/2020	(Özdemir ve Orak,2021)
Muğla					-41			2015-2019/2020	(Özdemir ve Orak,2021)

Irak:

Irak'ta doğrulanen ilk Covid-19 vakası 24 Şubat 2020'de Bağdat'ın güneyinde Nəcəfte ortaya çıkmıştır. Irak'ta Covid-19'un yayılmasını önlemek için Irak hükümeti, 1 Mart'tan itibaren okulların kapatılması ve ulaşımın kısıtlanması gibi bir dizi kısmi ve tam karantina önlemleri almıştır (Jebril, 2020). Irak'ta 24 Şubat-24 Temmuz 2020 tarihleri arasında toplam doğrulanmış vaka ve ölüm sayısı sırasıyla 104.711 ve 4.212 kişidir (Khomsı ve diğ.,2020).

Irak, nüfus artışı ve artan elektrik tüketimi nedeniyle ihtiyacı karşılamak için büyük ölçüde fosil yakıt kullanmaktadır (Hashim ve diğerleri, 2020). Irak'taki en önemli hava kirliliği kaynakları arasında elektrik üretimi, petrol arıtma, doğalgaz yakma, ulaşım ve nüfus yer almaktadır (UEA, 2012). Bu emisyon kaynakları, Irak'ta özellikle Bağdat ve Basra gibi büyük şehirlerde hava kalitesinin düşük olmasına yol açmıştır (Çevre Bakanlığı, 2016). Irak'taki pek çok yer (özellikle başkent Bağdat), trafik bakımından yüksek yoğunluklu olarak kabul edilmektedir. Çeşitli kirleticiler yüksek düzeyde emisyon üretmektedir. Bunun başlıca nedenlerinden biri, ekonomi ve çevre üzerinde olumsuz bir etkiye neden olan otomobil yakıt tüketiminden kaynaklanan kirliliktir (Jassim ve diğerleri, 2014).

Tablo 3.3.'de gösterildiği gibi, karantinadan önceki döneme kıyasla PM10'da %56'lık ve O₃'te %5,25'lik bir artış gözlemlenirken PM2.5 ve NO₂'nin ortalama konsantrasyonlarında sırasıyla %2,5'lik ve %20'lik bir azalma görülmüştür (Khomsi ve diğ.,2020).

Kazakistan:

Kazakistan'daki ilk Covid-19 vakası 13 Mart 2020'de kaydedilmiştir. 16 Mart 2020'de acil durum ilan edilmiş ve 19 Mart 2020'den itibaren tüm Almati şehrini kapsayan bir dizi karantina önlemleri alınmıştır. Şehre giriş ve çıkış sınırlamaları uygulanmış olup 30 Mart 2020'de, tüm kuruluşlar ve işletmeler geçici olarak askıya alınmıştır. Bu tür önlemler neredeyse karayolu trafiğinin yokluğuyla sonuçlanmıştır, aynı zamanda kömürle çalışan kombine ısı ve enerji santralleri sürekli çalışmaya devam etmiştir (Kerimray ve diğ.,2020).

BTEX seviyeleri ile ilgili olarak, Almati dünyanın en kirli şehirleri arasında yer almaktadır. Büyük atmosferik hava kirleticilerinin konsantrasyonları, yaz mevsimine göre kış mevsiminde birkaç kat daha yüksek olmaktadır, bunun sebebi ise enerji santrallerinde ve evlerde ısınma için yoğun kömür yakılmasıyla açıklanabilir. Kömürlü termik santrallerden kaynaklanan emisyonlar, Avrupa'daki sınır değerleri PM için 10 kat, NO_x (NO ve NO₂) için %20 ve SO_x için 2,5 kat aşmıştır (Kazakistan Cumhuriyeti Çevre Koruma Bakanlığı, 2013).

Tablo 3.3.'de görüldüğü gibi karantinadan önceki döneme kıyasla CO ve NO₂ konsantrasyonlarında sırasıyla %49 ve %35 oranında önemli bir azalma olmuştur bu da CO ve NO₂ emisyonlarının ortak kaynaklardan yayıldığını gösterebilir (Kerimray ve diğ.,2020).

O₃'te ise %15'lik bir artış vardır, bunun sebebi karantina döneminde daha yüksek güneş aktivitesi seviyeleriyle açıklanabilirken, SO₂ konsantrasyonu %7 artmıştır ve istatistiksel olarak önemsizdir. Bu sonuç, trafik emisyonlarının SO₂ seviyelerini etkilemediğini ve bu artışın kömür yakımından kaynaklandığını göstermiştir. (Kerimray ve diğ.,2020).

Sao Paulo:

24 Mart 2020'de São Paulo Eyaleti, Covid-19 vakalarının sayısındaki artış nedeniyle karantina altına alınmıştır. Sao Paulo'da NO_x kirliliğinin değişimleri gözlenirken Ulusal kamyon şoförlerinin greviden önceki (1-20 Mayıs 2018) hafta içi iş günleri ile bu olayın en temiz günü (28 Mayıs 2018) karşılaştırılırken benzer NO_x kirliliği azalmaları (%40-70) karantina döneminde de gözlemlenmiştir. Bu grev, dizel yakıtın yüksek fiyatına karşı bir protesto olarak 21 Mayıs'tan itibaren Brezilya'yı 10 gün boyunca durdurmuştur ve Sao Paulo'nun en temiz günü olarak bilinmektedir. Araştırma sonucunda, şehirlerdeki hava kirlenici konsantrasyonlarını azaltmak için araç emisyonlarının azaltılması temel bir önlem olarak yaygın bir şekilde savunulmuştur (Krecl ve diğ.,2020).

Polonya:

Polonya'da ilk Covid-19 vakası 4 Mart 2020'de kaydedilmiştir. Ülke hükümeti 14 Mart 2020'den itibaren acil durum ilan etmiştir. Hava ve demiryolu ulaşımında eyalet sınırından geçişte kısmi karantina uygulanmıştır. Diğer tüm ülkeler gibi Polonya'da karantina önlemleri almıştır. Buna rağmen 12 Temmuz 2020 itibariyle 37.216 vaka ve 1.562 ölüm gerçekleşmiştir. Araştırmalar sonucunda, karantina önlemleri ile hava kalitesinde iyileşmeler olduğu gözlemlenmiştir. Ülkenin büyük şehirlerinde bulunan hava kalitesi izleme istasyonlarından elde edilen PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂ ve SO₂ verileri analiz edilerek 2018 ve 2019 değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.3'te hava kirlenicilerine ait sonuçlar gösterilmektedir. NO₂'de %9,9, PM₁₀'da %20,1, PM_{2.5}'ta %24,7 bir azalma görülürken SO₂'de %11,1'lik bir artış gözlemlenmiştir (Filonchik ve diğ.,2020).

İspanya:

İspanya'da, 14 Mart'ta Kraliyet Kararnamesinin yayımlanması ile gerekli olmayan tüm endüstriler ve faaliyetler Covid-19 nedeniyle durdurulmuştur. İspanya'nın tamamında günlük seyahatlerdeki sınırlama, trafikte ciddi azalmalara neden olmuştur. Araç hareketliliğinde, liman ve havaalanı operasyonları gibi diğer ilgili faaliyetlerde önemli düşüşler meydana gelmiştir (Tobias ve diğ.,2020).

NO₂ emisyonları, çoğunlukla kentsel bölgelerdeki karayolu trafiğinden, endüstriden ve fosil yakıtın kullanımından kaynaklanır. Barcelona'nın kentsel arka planındaki PM10 kirliliğinin ana kaynağı trafik olsa da (yıllık ortalamanın yaklaşık %30'u), endüstriyel kaynaklar, liman emisyonları, inşaat işleri, vb. diğer önemli kaynaklar arasındadır. Trafik azalması ile gürültü kirliliğinde de düşüşler gözlemlenmiştir. Barcelona şehrinde merkezi bir alan için yapılan ölçümler, ses basıncında 67 dB'den 61 dB'ye ortalama %50'lik bir düşüş olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar trafik azalmasının hava kalitesi üzerindeki etkisini göstermektedir (Tobias ve diğ.,2020).

Tablo 3.3.'e bakıldığında NO₂'de %47'lik, SO₂'de %19,4'lük, PM10'da %27,8'lik bir azalma gözlemlenmiştir. O₃'te ise %28,5'lik bir artış görülmektedir (Tobias ve diğ.,2020).

Hindistan:

Hindistan'nın en kalabalık şehri ve başkenti olan Delhi, çevre performans endeksine göre dünyanın en kirli mega kentlerinden biri olarak kabul edilmektedir. DSÖ tarafından 2011 ve 2016 dönemleri için Nisan 2018'de yayınlanan ve 100 ülkeyi kapsayan dünyanın önde gelen mega şehirlerinin çevresel izleme veri tabanına göre, Delhi PM10 kirliliği listesinde üst sıralarda yer almaktadır (DSÖ, 2018). Delhi'de son birkaç yıldır, PM2.5 konsantrasyonu çok yüksek kaydedilmiştir ve Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartlarına göre tolere edilebilir sınırların çok ötesindedir. Yüksek yoğunluklu hava kirliliği, özellikle nefes darlığı, kronik solunum bozuklukları, pnömoni, akut astım vb. önemli halk sağlığı sorunlarına neden olmaktadır. Halk sağlığı tehditleri nedeniyle, 2017 yılında Hindistan Tıbbi Araştırma Konseyi, Delhi'nin Ulusal Başkent Bölgesi için toplum sağlığı acil durumu ilan etmiştir. DSÖ (2014), hava kirliliğinin Hindistan'daki erken ölümlerin arkasındaki başlıca nedenlerden biri olduğunu bildirmiştir (Mahato ve diğ.,2020).

Covid-19 nedeniyle, Hindistan'da 24 Mart'tan 14 Nisan'a kadar üç hafta boyunca ülke çapında bir karantina uygulanmış ve daha sonra 3 Mayıs'a kadar uzatılmıştır. Ülke çapındaki bu karantina ile neredeyse tüm endüstriyel faaliyetler ve toplu taşıma yasaklanmıştır (Mahato ve diğ.,2020). Tablo 3.3.'e bakıldığında NO₂'de %52,7'lik, SO₂'de %18'lik, PM10'da %51,9'lük, CO'da %30,4'lük, PM2.5'ta %53,1'lik bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. O₃ ise %0,78 oranında artmıştır (Mahato ve diğ.,2020).

İngiltere:

İngiltere’de ilk Covid-19 vakası 31 Ocak 2020’de ortaya çıkmıştır. Çin’den gelen ve York’ta kalan bir ailenin şikayetleri sonucu tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü’nün acil durum ilan etmesiyle İngiltere, sağlık riski seviyesini yükseğe çıkarmıştır ve 12 Mart’ta ülkedeki risk seviyesi en yüksek risk seviyesi olarak güncellenmiştir. İngiltere virüsün yayılması ile birlikte kısmi veya tam karantina önlemleri almıştır. Bu karantina önlemlerine rağmen yayılım hızında bir düşüş gözlemlenmemiştir ve salgından kaynaklı ölüm oranlarının artmasıyla Daily Mail gazetesi İngiltere için “Avrupa’nın hasta adamı” manşetini atmıştır (URL-2).

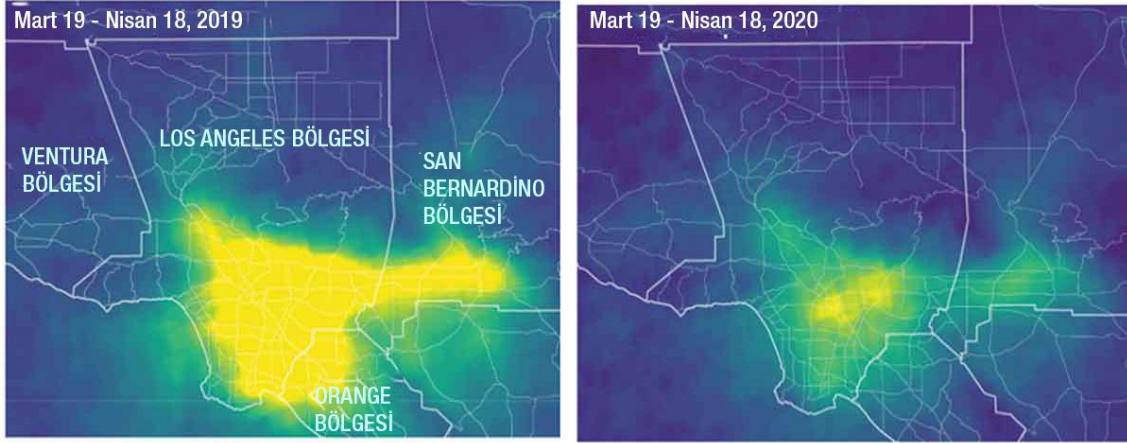
Karantina önlemlerinin hava kalitesi üzerindeki etkileri Tablo 3.3.’te verilmiştir. NO₂ %38,1 ve PM2.5 %14 azalırken O₃ konsantrasyonunda %5,1’lik bir artış gözlemlenmiştir (Menut ve diğ.,2020).

Bangladeş:

Bangladeş’in başkenti Dakka, dünyanın en yoğun nüfuslu şehirlerinden biri olup, kükürt içeren yakıtlı araç ve trafik egzozu nedeniyle yüksek hava kirliliğine yatkındır. Kontrolsüz nüfus artışı, kentsel gelişim, ardından hızlı sanayileşme ve otomobil trafiği, bu mega kentte büyük bir hava kirliliğine neden olmuştur. Ayrıca Dakka, en yüksek PM2.5 yayıcısı olarak ikinci sırada yer almaktadır ve onu Hindistan’ın Başkenti Delhi takip etmektedir. Kötü hava kalitesi, solunum yolu hastalıkları, erken ölüm ve kanser yoluyla halk sağlığını tehdit etmektedir. Ayrıca Dakka’daki mevcut insan popülasyonunda, çevresel bozukluk nedeniyle göz irritasyonu, şiddetli baş ağrısı, kan dolaşımının bozulması, solunum problemleri ve hatta erken ölüm gibi çok sayıda rahatsızlık görülmektedir (Rahman ve diğ.,2020).

Tablo 3.3.’de görüldüğü gibi karantinadan önceki döneme kıyasla NO₂’de %20,4’lük, SO₂’de %17,5’lik, PM2.5’ta %26’lık, O₃’te ise %9,7’lik bir azalma meydana gelmiştir (Rahman ve diğ.,2020). Hava kirleticilerindeki bu önemli azalmalar, pandemi döneminde alınan karantina önlemleri ile güçlü bir şekilde ilişkilidir.

Amerika Birleşik Devletleri:



Şekil 3.1. 2019 ve 2020'de ABD'deki kirlilik seviyesi (Aboagye ve diğ.,2021)

Şekil 3.1., 2019 ve Covid-19 döneminde ABD için hava kirliliği konsantrasyonları arasında görsel bir karşılaştırma vermektedir. NO₂ konsantrasyonunda önemli bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. NASA'nın Sentinel-5P uydusunu kullanan veri toplamasından elde edilen mevcut bulgular, NO₂'de %25,5'lik bir azalma dahil olmak üzere Covid-19 salgını sırasında ABD genelinde hava kirliliğinin azaldığını göstermektedir (Aboagye ve diğ.,2021).

Almanya:

Covid-19 vakaları Almanya'da ilk olarak 27 Ocak 2020 tarihinde Münih şehrinde görülmüştür. Bu tarihten itibaren Almanya genelinde hiçbir önlem alınmamıştır ve hayat normal akışında devam etmiştir. 15 Şubat tarihinde gerçekleşen karnavalın ardından ülkedeki Covid-19 vakalarında patlamalar yaşanmış ve bu nokta Almanya'da salgının başlangıcı olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3.3.'te pandemi dönemi boyunca bazı hava kirletici maddelerin değişimleri verilmiştir. Almanya incelendiğinde NO₂'de %29,5'lik ve PM2.5'te %11,7'lik bir düşüş gözlemlenirken O₃'te %4,5'lik bir artış gözlemlenmiştir (Menut ve diğ.,2020).

Fransa:

Fransa'daki ilk Covid-19 vakası 24 Ocak 2020'de Bordeaux şehrinde görülmüştür. Avrupa'nın ve ülkenin ilk Covid-19 vakasından kaynaklanan ölümü Paris'te 14 Şubat 2020'de gerçekleşmiştir. Virüsün yayılmasıyla birlikte bir dizi karantina önlemleri

alınmıştır. Bu önlemler hava kirleticilerinin konsantrasyonlarında değişimler meydana getirmiştir. Tablo 3.3.'te pandemi dönemi boyunca bazı hava kirletici maddelerin değişimleri verilmiştir. Fransa incelendiğinde NO₂'de %43,2'lik ve PM_{2.5}'ta %18'lik bir düşüş gözlemlenirken O₃'te %6,7'lik bir artış gözlemlenmiştir. Ozon konsantrasyonları, Batı Avrupa'daki kentsel alanlarda, karantina önlemleri nedeniyle farklı şekilde etkilenmiştir. İnce partikül konsantrasyonları üzerinde görülen %5 ile %20 arasındaki düşüş NO₂'den daha az belirgindir. Bu, trafiğin ince parçacıkların tek kaynağı olmadığı gerçeğiyle açıklanabilir.

Özellikle kış döneminde, Batı Avrupa'daki PM konsantrasyonlarına çok önemli bir etkisi bulunan ısınmaya bağlı fosil yakıt emisyonlarının, sokağa çıkma yasağı önlemleriyle artması beklenmektedir (Menut ve diğ.,2020).

İtalya:

Sentinel-5P uydusu, Avrupa'da Covid-19 salgınından önce (Ogen, 2020) iki ay boyunca (Ocak-Şubat 2020) troposferdeki NO₂ konsantrasyonunu izlemek için kullanılmıştır (Aboagye ve diğ.,2021).



Şekil 3.2. 2019 ve 2020'de İtalya'daki kirlilik seviyesi (Aboagye ve diğ.,2021)

Avrupa sınırında özellikle İtalya'da, Po Vadisi'nin sonundaki Alpler'e doğru endüstriyel kaynaklardan kaynaklanan yoğun dumandan dolayı hava kirliliği vakaları kaydedilmiştir. Bununla birlikte, Avrupa genelindeki Covid-19 karantinasının ardından, İtalya'nın

Milano kentinde NO₂ seviyelerinde yaklaşık %40'lık bir düşüş gözlemlenmiştir (Watts & Kommenda,2020). Şekil 3.2., İtalya'nın Covid-19 dönemi ile 2019'un aynı dönemindeki mevcut hava kirliliği konsantrasyonları arasında görsel bir karşılaştırma sağlamaktadır. NO₂ ölçümleri, konsantrasyonlarda bir düşüş olduğunu ortaya koymaktadır (Aboagye ve diğ.,2021).

Türkiye:

Türkiye'deki ilk Covid-19 vakası Sağlık Bakanlığı tarafından 11 Mart 2020'de doğrulanmıştır. Covid-19'a bağlı ilk ölüm ise 15 Mart 2020'de gerçekleşmiştir. Hükümet, vatandaşların hareketliliğini sınırlamak için ilk kısıtlamaları 12 Mart 2020'de duyurmuştur.

Türkiye 11 Mart'ta aldığı kısmi karantina kararları ile, Oxford Covid-19 Government Response Tracker'ın Sıklık Endeksi'ne göre, virüs ile mücadeleye 23.2 katılık seviyesiyle başlamıştır. Bu kısıtlamalar, yalnızca Covid-19'un yayılmasını engellemekle kalmayıp, aynı zamanda hava kalitesi üzerinde birtakım iyileşmeler sağlamıştır (Orak ve diğ.,2021).

Tablo 3.3.'te pandemi dönemi boyunca bazı hava kirletici maddelerin değişimleri verilmiştir. Tablo incelendiğinde NO₂ konsantrasyonu, Adana'da %92, İstanbul (Avrupa)'da %56, İstanbul (Asya)'da %70 ve Bursa'da %60 oranında azalmıştır.

SO₂ konsantrasyonları, Adana'da %85, Bursa'da %67, İstanbul (Avrupa)'da %51, İstanbul (Asya)'da %30, Kars'ta %203 ve Afyon'da %291 azalmıştır.

O₃ konsantrasyonu Adana'da %1,5 artarken Bursa'da %89 oranında azalmıştır.

PM10 konsantrasyonlarında ise Adana'da, Bursa'da, İstanbul (Avrupa)'da, İstanbul (Asya)'da, Kars'ta, Afyon'da, İzmir'de ve Muğla'da sırası ile %25, %65, %62, %56, %34, %117, %30 ve %41 oranında azalma meydana gelmiştir.

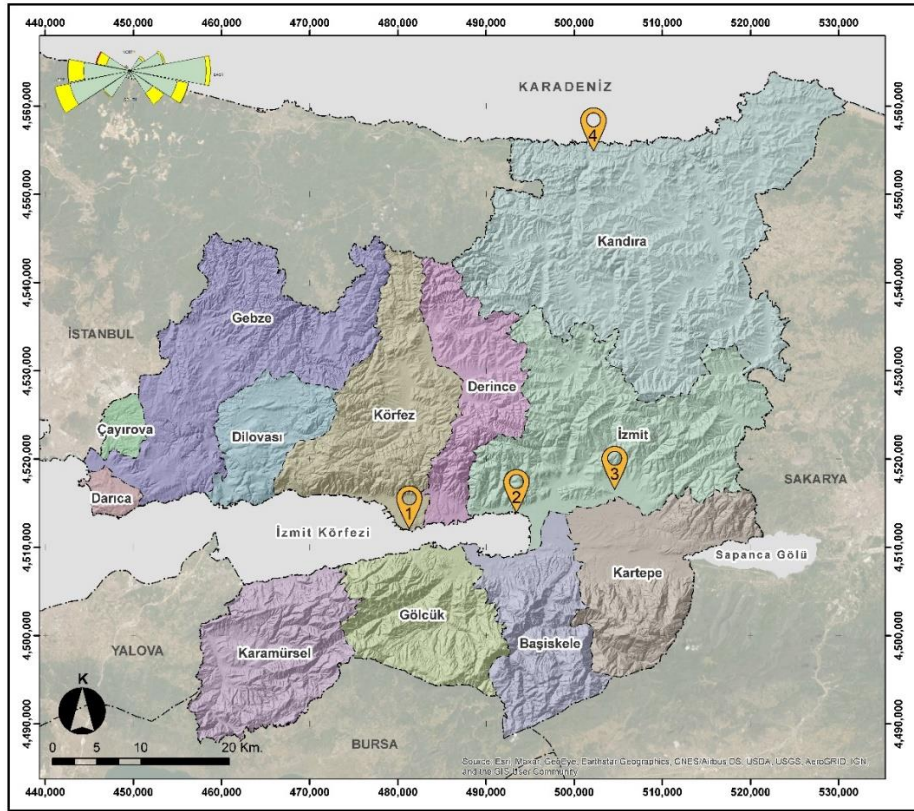
CO konsantrasyonu sadece Bursa ve İstanbul (Avrupa)'da ölçülmüştür ve sırasıyla %1,97 artış, %60 azalma göstermiştir. PM2.5 İstanbul (Avrupa) ve İstanbul (Asya)'da ölçülmüştür, sırasıyla %80 ve %58 oranında azalmıştır.

4. MALZEME VE YÖNTEMLER

4.1. Çalışma Bölgesinin Tanımı

İzmit, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Kocaeli ilinin bir ilçesidir. Kocaeli, oldukça sanayileşmiş ve gelişmiş bir il olduğu için İzmit merkez ilçesinin sosyoekonomik koşulları gelişmiştir. Bu gelişmenin bir sonucu olarak İzmit ilçesinin nüfusu da artmıştır (yaklaşık 368.000) (URL-5).

Şehir içinde sanayileşme ve kentleşme ihtiyacını karşılayabilmek için ulaşım tesisleri de geliştirilmektedir. Şehrin içinden geçen D100 karayolu ve Trans Avrupa Otoyolu, Avrupa'yı Asya'ya bağlayan ana ulaşım yollarıdır. Kent, İzmit Körfezi yakınında yer aldığından, birçok rıhtımı bulunmaktadır ve kıyı şeridi ticari olarak aktiftir. Kıtalararası kargo ve yolcu taşımacılığı için hizmet veren demiryolu hatları da bulunmaktadır. Doğal ekosistemin kalitesi, sanayileşme ve kentleşmenin kaçınılmaz bir sonucu olarak ciddi şekilde bozulmuştur. Bölgede kaydedilen hava, su ve toprak kirliliği birçok bilimsel araştırmaya konu olmuştur.



Şekil 4.1. İstasyonların incelenen bölge haritasındaki konumu (1.Körfez İstasyonu 2.İzmit İstasyonu 3.Alikahya İstasyonu 4.Kandıra İstasyonu)

Tablo 4.1. İncelenen istasyonların genel özellikleri

İstasyon No	Koordinatlar		Genel Özellikler		
	Enlem	Boylam	Sanayileşme	Kentleşme	Trafik Yoğunluğu
1	40° 44' 45"	29° 47' 19"	✓✓	✓✓	✓✓
2	40° 46' 05"	29° 56' 17"	✓✓	✓✓✓	✓✓✓
3	40° 46' 15"	30° 00' 27"	✓✓✓	✓✓	✓✓
4	41° 07' 50"	30° 00' 23"	—	✓	✓

İstasyon 1'de PM10, PM2.5, NO_x, SO₂ ve O₃; İstasyon 2'de PM10, NO_x ve CO; İstasyon 3'te PM10, NO_x ve SO₂; Son olarak İstasyon 4'te PM10, PM2.5, NO_x ve O₂, parametreleri sürekli ölçümlerle izlenmiştir. Bu istasyonlar Çevre Bakanlığı Hava Ölçüm İstasyonlarından alınmıştır.

NO_x ölçümlerinde kimyasal yansıma yöntemi kullanılırken, CO konsantrasyonları gaz korelasyon filtresi ile belirlenmiştir. SO₂ ve PM10 ölçümleri sırasıyla UV lamba prensibine ve β - ışık adsorpsiyonuna göre yapılmıştır.

Çalışmada, izlenen kirletici türlerinin günlük ortalama değerleri tüm örnekleme noktaları için ayrı ayrı hesaplanmış ve seçilen dönem için varyasyonları araştırılmıştır. Daha detaylı yorumlamalara ulaşmak için bir önceki yıla ait verilerle karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca kirleticiler arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla regresyon analizi kullanılmıştır.

Türkiye'de, Covid-19 pandemi döneminde hafta sonları için ilk sokağa çıkma yasağı 11 Nisan 2020'de başlamıştır. Covid-19 vakalarındaki artış, önlemlerin sıklaşmasına neden olmuş ve bunu ülkede uygulanan karantina günü sayılarının artışı takip etmiştir.

Sokağa çıkma yasağı uygulamasına nisan ayında başlanmasına rağmen, mayıs ayı, toplam 15 evde kalma günü ile karantina döneminin en önemli ayı olmuştur. Mayıs ayı sonunda, hükümet yetkilileri haziran ayı için karantina günlerinin sona erdiğini ilan etmiştir ve normal yaşam için girişimler önerilmiştir.

Tüm karantina günleri Tablo 4.2.'te verilen takvimde vurgulanmıştır.

Tablo 4.2. Covid-19 sırasında İzmit'teki karantina günleri

NİSAN 2020							MAYIS 2020						
PAZAR	PTESİ.	SALI	ÇARŞ.	PERŞ.	CUMA	CTESİ	PAZAR	PTESİ.	SALI	ÇARŞ.	PERŞ.	CUMA	CTESİ
			1	2	3	4						1	2
5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9
12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16
19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23
26	27	28	29	30			24	25	26	27	28	29	30
							31						

Tablo 4.2. incelendiğinde, nisan ayında 8 gün, mayıs ayında 15 gün, toplamda ise 23 gün karantina uygulandığı görülmektedir. Bu nedenle bu aylar genel olarak kısmi karantina dönemini oluşturmaktadır. Bu dönemin hava kirliliği düzeylerine etkisini incelemek için, çalışmada karantina öncesi ve sonrası günleri içeren mart-haziran dönemi verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.2. 'de çalışma alanı ve İstasyon konumları verilmiştir.

İzmit kent merkezine yakın bölgelerde Alikahya (No-3) İstasyonu ve İzmit (No-2) İstasyonu, doğu kısmında Körfez istasyonu (No-1) ve Kuzey bölgesinde ise Kandıra istasyonu (No-4) bulunmaktadır. Körfez ve Alikahya bölgeleri sanayileşme ve trafik yükünden yoğun olarak etkilenirken, İzmit merkez noktasında kentleşme ve trafik yükünün hava kirliliğine olan etkisinin daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Kandıra, sanayileşmenin olmadığı ve kentleşmenin zayıfladığı kırsal alan olarak seçilmiştir.

4.2. Kullanılan İstatistiksel Metotlar

4.2.1. Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, bir bağımlı değişken ile bu değişkeninin değişiminde etkili olan n sayıda bağımsız değişkenin arasındaki ilişkinin büyüklüğünü, yönünü ve önemini ortaya koyan yöntemdir (Özdamar, 2004).

Örneğin üzerinde çalışılacak fonksiyon;

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (4.1)$$

Denklem (4.1), korelasyon analizi kullanılarak, Y bağımlı değişkeni ile X_1, X_2, \dots, X_n bağımsız değişkenleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesine ve ayrıca bağımsız değişkenler (X_1, X_2, \dots, X_n) arasındaki ilişkinin belirlenmesine olanak sağlar.

Korelasyon katsayısı r, değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü ifade etmektedir. Pearson korelasyon katsayısı Denklem (4.2)'ye göre hesaplanır (Özdamar,2004);

$$r = \frac{\Sigma XY - (\Sigma X \Sigma Y)/n}{\sqrt{X^2 - (\Sigma X^2)/n} (\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2/n)} \quad (4.2)$$

Korelasyon katsayısı +1 ile -1 aralığında değişmektedir ve bu katsayısı değişkenin ölçü birimine bağlı değildir. r değeri +1 üst sınırına yaklaştığında iki değişken arasında güçlü pozitif korelasyon (düz) olduğu, -1'e yaklaştığında ise güçlü negatif korelasyon olduğu anlaşılabilir.

Şekil 4.2. (a) $r=1$ tam pozitif korelasyonu temsil ederken Şekil 4.2. (b) $r=-1$ tam negatif korelasyonu temsil etmektedir.

Şekil 4.2. (c), $r \geq 0,8$ güçlü pozitif korelasyonu, Şekil 4.2. (d) ise $r \leq 0,8$ zayıf negatif korelasyonu temsil eder.

Korelasyon katsayısı r, $0,5 < r < 0,8$ veya $-0,8 < r < -0,5$ ise ilişki orta; $-0,5 \leq r \leq 0,5$ durumu söz konusu ise zayıf ilişki olarak incelenebilir.

Spearman korelasyon katsayısı r_s , korelasyon analizlerinde kullanılan başka bir katsayıdır ve bunu kullanmak için verilerin sıralı olarak ölçeklenmesi gerekir.

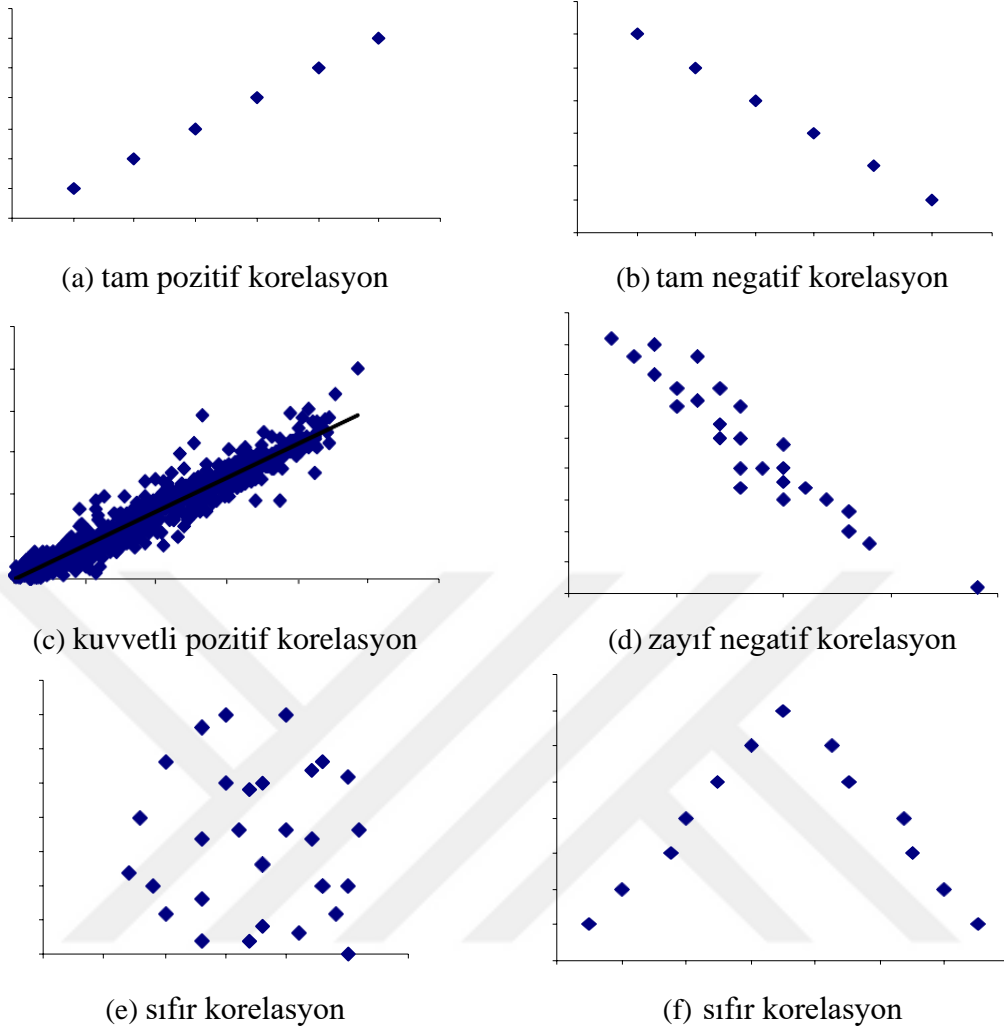
Spearman korelasyon katsayısı Denklem (4.3) kullanılarak belirlenir:

$$r_s = 1 - \frac{6 \Sigma d^2}{n(n^2-1)} \quad (4.3)$$

d: İki serinin sıralaması arasındaki fark

n: Eşleşen gözlemlerin sayısı

Spearman katsayısı, Pearson katsayısına benzer şekilde -1 ve +1 aralığında değişiklik gösterir. -1 negatif korelasyonu simgelerken +1 pozitif korelasyonu simgeler. 0 ise iki seri arasında bir bağlantı olmadığını ifade etmektedir (Tekin, 2006).



Şekil 4.2. Farklı korelasyon türlerine ait örnek grafikler (Öztürkcan,2002)

Kendall Tau analizi korelasyon katsayılarını hesaplamak için kullanılan bir diğer analizdir. Pearson testine benzer şekilde Kendall testi, dağılımlar hakkında hiçbir varsayımda bulunmayan parametrik olmayan bir testtir. k tane birimin N sayıdaki sıralamaları arasındaki uyumun ölçüsüne Kendall uygunluk katsayısı τ denir. Bu katsayı, diğer korelasyon katsayılarına benzer şekilde -1 ile $+1$ arasında değer alır. Kendall Katsayısı, sıralar arasında uygunluk varsa 1 'e doğru yaklaşırken sıralar arasında uygunluk olmadığı durumlarda 0 değerini alır. τ aşağıdaki Denklem (4.4)'e göre hesaplanır (Orhunbilge,1996).

$$\tau = \frac{12\Sigma R_j^2}{k^2 N(N^2-1)} - \frac{3(N+1)}{N-1} \quad (4.4)$$

Yukarıdaki denklemde,

N: Sıralanacak birim sayısı ve/veya sütun sayısı

k: Sıralanan birim ve/veya satır sayısı

R_j: Sıralanan birimlerin sıra sayılarının toplamıdır.

4.2.2. Çoklu Regresyon Analizi

Bağımlı değişken \hat{Y} ile bağımsız değişkenler X_1, X_2, \dots, X_n arasındaki neden-sonuç ilişkisini matematiksel bir model olarak gösteren yönteme çoklu regresyon analizi denir (Özdamar, 2004).

Çoklu regresyon kullanımlarında bağımsız değişkenlerin sayısında artış oldukça regresyon denkleminde katsayıların hesaplanması zor ve zaman almaktadır.

Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi:

Çoklu doğrusal regresyon analizinde ana hipotezlerden birisi her bağımsız değişkenin bağımlı değişken ile doğrusal ilişkisinin olmasıdır. Elde edilmek istenen regresyon fonksiyonu Denklem (4.5) ile açıklanabilir;

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (4.5)$$

Basit analizlerin aksine, yukarıda verilen lineer fonksiyon, bir regresyon katsayısı(b) yerine b_n sayıda kısmi regresyon katsayısı içermektedir. Bu katsayıların her biri, katsayıya bağlı olarak bağımsız değişkende oluşabilecek bir değişimin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçer. Fakat bu etki, öteki bağımsız değişkenlerin etkisi olmaksızın net bir etkidir ve öteki değişkenlerin durağan kaldığı hipotezine dayanmaktadır (Özdamar, 2004). Bu sebeple analizdeki bu etkiye “kısmi etki” denir.

Denklem (4.5) ile istenen değişkenler arasında bulunduğu varsayılan gerçek çoklu lineer ilişki tahmin edilebilir. Bu ilişki Denklem (4.6) ile açıklanabilir;

$$Y = \alpha + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_nX_n \quad (4.6)$$

Çoklu doğrusal regresyon çalışmalarında α ve β_i parametrelerinin önemi ölçülebilir. β_i ile temsil edilen kısmi regresyon katsayılarının açıklanması, regresyon modelinin açıklanmasında önemli bir rol oynar. Bu katsayılar, bağımsız değişkenlerden birinin

değeri bir birim artarken, diğer tüm bağımsız değişkenlerin değeri aynı kaldığında bağımlı değişkendeki değişimi belirlememizi sağlar. Örneğin X_1 'in değeri 1 artarsa denklem, Denklem (4.7)'deki gibi yazılabilir;

$$E\left(\frac{Y}{X_1} = x_1 + 1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n\right) = \alpha + \beta_1(x_1 + 1) + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n \quad (4.7)$$

ve

$$\alpha + \beta_1(x_1 + 1) + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n - (\alpha + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n) = \beta_1 \quad (4.8)$$

Yukarıda verilen eşitliklerden de görüleceği gibi β_1 , diğer mevcut bağımsız değişkenler aynı kalırken X_1 'in 1 artması ile Y 'de gerçekleşmesi beklenen artışın miktarıdır Denklem (4.8). Modellerde, hiçbir modelin gerçeği tam olarak yansıtmadığı düşünülürse çoklu doğrusal regresyon analizlerinde kurulan eşitliklere bir hata teriminin eklenmesi gerekmektedir. Denklemlere eklenen hata terimi olan ε_i , beklenen (Y_i) ile elde edilen Y arasındaki farktır.

Hata terimi ile çoklu lineer regresyon eşitliği Denklem (4.9) ve Denklem (4.10) 'daki gibi yazılabilir;

$$Y = \alpha + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_nX_n + \varepsilon_i \quad (4.9)$$

$$\varepsilon_i = Y_i - (\alpha + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n) \quad (4.10)$$

Çoklu lineer regresyon analizlerinde önemli kriterlerden biri açıklanabilir değişkenlik ile toplam değişkenlik arasındaki ilişkidir. Bu ilişkiye çoklu belirlilik katsayısı (R^2) denir. Denklem (4.11)'de ifade edildiği gibi 0 ile 1 değerleri arasında değişir;

$$0 \leq R^2 \leq 1 \quad (4.11)$$

R^2 'nin 1'e olan yakınlığı, regresyon analizinin yüksek temsil gücünü gösterir. Birden fazla bağımsız değişken ile bir bağımlı değişken arasındaki ilişkileri açıklamak için kullanılan çoklu doğrusal regresyon analizi birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

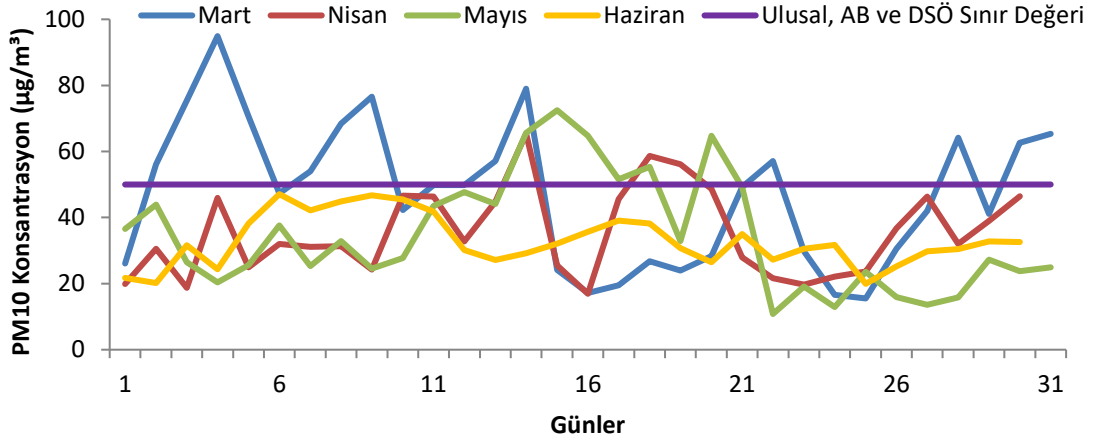
5. ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma kapsamında değerlendirilen kirleticiler için ulusal ve uluslararası sınır değerler Tablo 5.1.'de sunulmuştur. Bu çalışmada kaydedilen konvansiyonel hava kirleticisi konsantrasyonları; Ulusal Sınır Değerleri, AB Sınır Değerleri ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları'na göre değerlendirilmiştir (URL-6). Ayrıca bu dönemin hava kirliliği düzeylerine etkisini incelemek için, çalışmada karantina öncesi ve sonrası günleri içeren mart-haziran dönemi verileri kullanılmıştır.

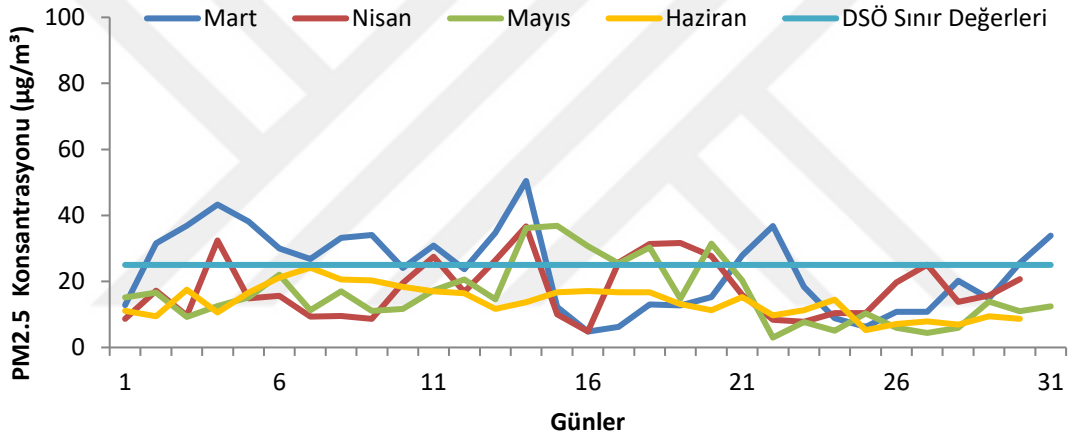
Tablo 5.1. Kirleticilerin sınır değerleri

Kirleticiler	Ulusal Sınır Değerler	AB Sınır Değerleri	Dünya Sağlık Örgütü Standartları
SO ₂	350 µg/m ³ (1 sa)	200 µg/m ³ (sa)	500 µg/m ³ (10 dk)
	125 µg/m ³ (24 sa)	125 µg/m ³ (24 sa)	20 µg/m ³ (24 sa)
	20 µg/m ³ (yıl)	20 µg/m ³ (Yıl)	
CO	10.000 µg/m ³ (8sa)	10.000 µg/m ³ (8 sa)	
PM ₁₀	50 µg/m ³ (24 sa)	50 µg/m ³ (24 sa)	50 µg/m ³ (24 sa)
	40 µg/m ³ (yıl)	40 µg/m ³ (yıl)	20 µg/m ³ (yıl)
PM _{2.5}	-	25 µg/m ³ (Yıl)	25 µg/m ³ (24 sa) 10 µg/m ³ (yıl)
O ₃	120 µg/m ³ (1 yıl için günlük 8 saatlik ortalamaların maksimum değeri)	120 µg/m ³ (8 sa)	100 µg/m ³ (8 sa)
NO _x	30 µg/m ³ (yıl)	30 µg/m ³ (yıl)	-

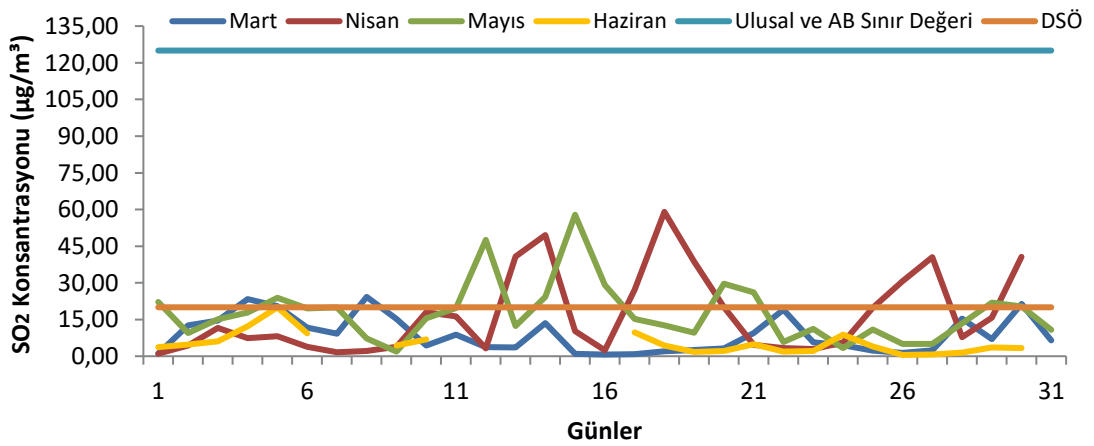
5.1. Körfez İstasyonunun Değerlendirilmesi



(a)

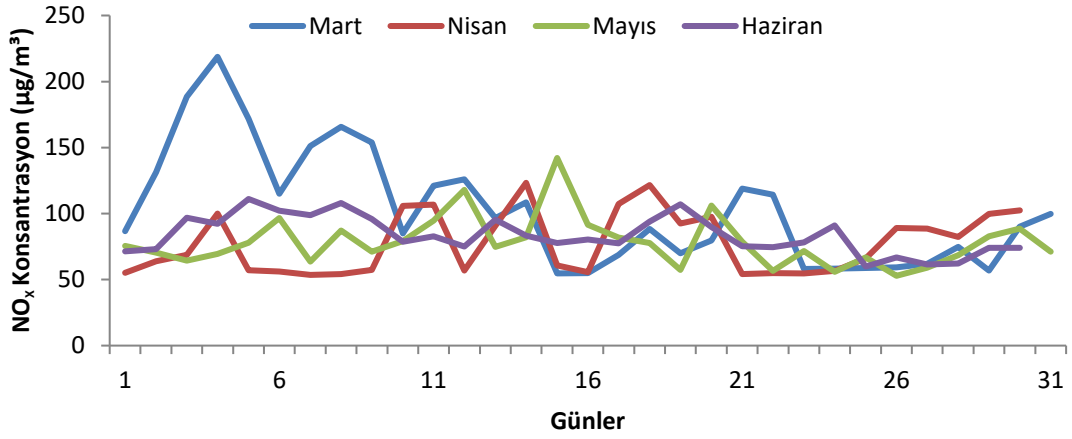


(b)

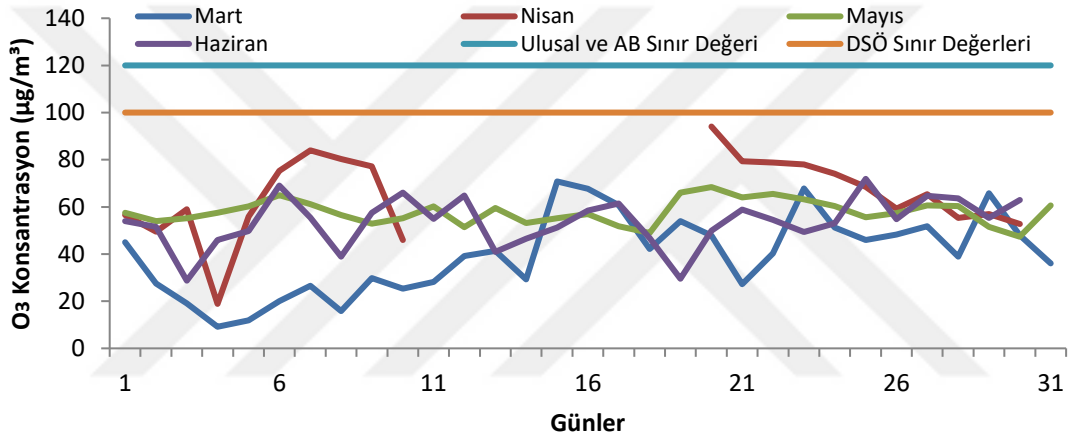


(c)

Şekil 5.1. Körfez İstasyonunda a) PM10 b) PM2.5 c) SO₂ d) NO_x e) O₃ seviyelerinin zamansal değişimi



(d)



(e)

Şekil 5.1. (Devam) Körfez İstasyonunda a) PM10 b) PM2.5 c) SO₂ d) NO_x e) O₃ seviyelerinin zamansal değişimi

Körfez İstasyonu bulunduğu konum bakımından Kocaeli'nin doğusunda (E:40° 44' 45", B:29° 47' 19") ve kentsel-sanayi bölgesinde yer almaktadır. Körfez istasyonunda ölçülen parametreler PM10, PM2.5, SO₂, NO_x ve O₃'tür.

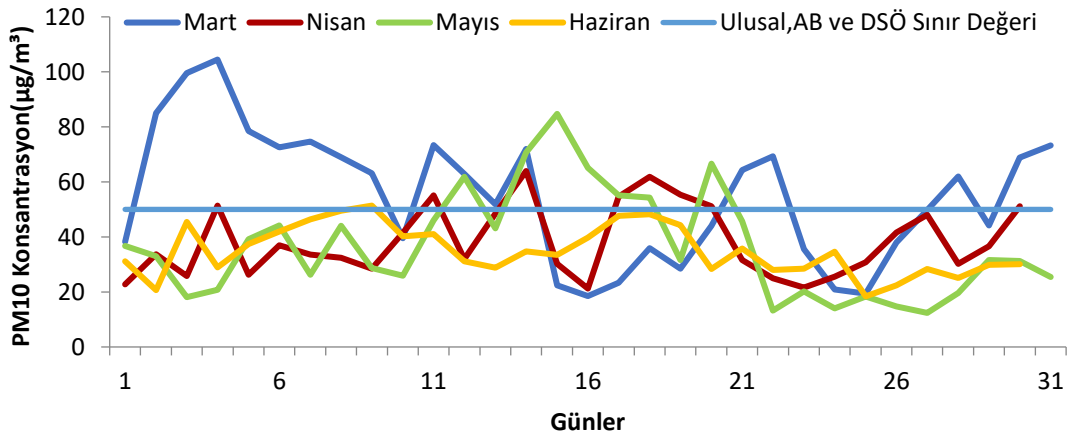
Şekil 5.1., incelenen dönem (Mart-Haziran 2020) boyunca Körfez İstasyonu'nda kirletici konsantrasyonlarının günlük ortalama değerlerini göstermektedir. Kirlilik konsantrasyonlarında bir aylık periyotlarda değişimler gözlemlense de genel olarak bakıldığında düşüşler nettir. PM10 konsantrasyonları incelendiğinde mart ayında 47,14 µg/m³ olan ortalama PM10 konsantrasyonu nisan, mayıs ve haziran aylarında sırası ile 35,39 µg/m³, 34,85 µg/m³ ve 32,94 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Nisan, mayıs ve haziran aylarında ortalama konsantrasyonlar arası çok farkın bulunmaması istasyonun bulunduğu

konuma bağlanabilir. İstasyon birçok fabrikanın ve endüstrinin bulunduğu konumda yer almaktadır. Karantina günlerinde ve normal günlerde fabrikalar çalışmaya devam ettiğinden ortalama düşüşler arasında ciddi bir fark olmamasına yol açmıştır.

SO₂ konsantrasyonlarında ise Nisan ayında bazı karantina dönemlerinde artış gözlemlenirken, bazı karantina dönemlerinde düşüşler gözlemlenmiştir. SO₂ konsantrasyonunun artmasının sebebi karantina günlerinde evde bulunan insanların ısınma amaçlı ihtiyaç duydukları enerjiden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, Nisan ayındaki karantina günlerinde en dikkat çekici nokta, 18 Nisan'daki karantina dönemi ile çıkış yapan SO₂ konsantrasyonunun karantina bitiminde ani bir şekilde düşmesi fosil yakıtta olan ihtiyacı kanıtlar niteliktedir. SO₂ konsantrasyonu, mayıs ayında nisan ayındakine benzer şekilde karantina günlerinde fosil yakıt kullanımının artması ile belirli aralıklarda artış göstermiştir. Haziran ayı ile birlikte artan konsantrasyonlarda azalmalar gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, havaların ısınması ile ısınma amaçlı fosil yakıtta olan ihtiyacın azalması şeklinde yorumlanabilir.

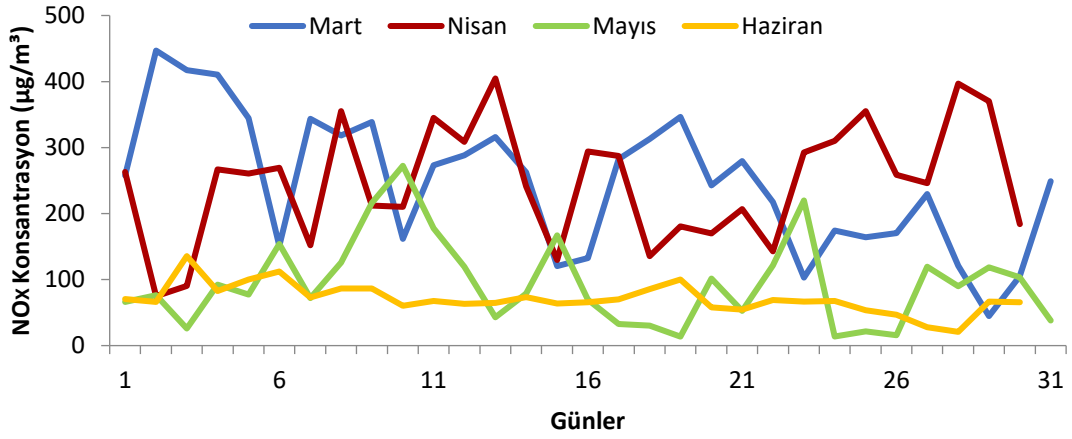
O₃ konsantrasyonları incelendiğinde ise, mart ayına kıyasla diğer aylarda O₃ konsantrasyon seviyesindeki artışın, prekürsörlerinin emisyonundaki azalma olduğu düşünülmektedir.

5.2. İzmit İstasyonunun Değerlendirilmesi

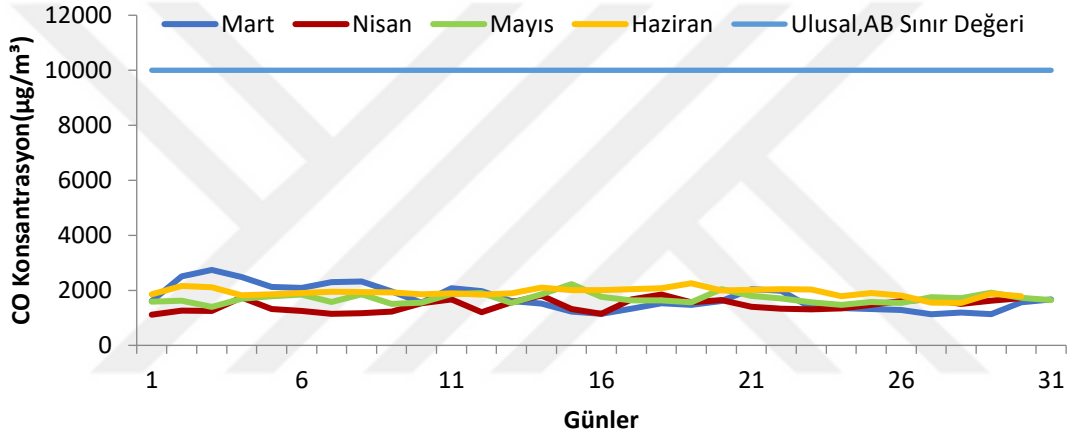


(a)

Şekil 5.2. İzmit İstasyonunda a) PM10 b) NO_x c) CO seviyelerinin zamansal değişimi



(b)



(c)

Şekil 5.2. (Devam) İzmit İstasyonunda a) PM₁₀ b) NO_x c) CO seviyelerinin zamansal değişimi

İzmit istasyonu bulunduğu konum bakımından İzmit'in merkezinde yer almaktadır (E:40° 46' 05", B: 29° 56' 17"). İzmit istasyonunda ölçülen parametreler PM₁₀, NO_x ve CO'dur.

Şekil 5.2., incelenen dönem (Mart-Haziran 2020) boyunca İzmit İstasyonu'nda kirletici konsantrasyonlarının günlük ortalama değerlerini göstermektedir. PM₁₀ konsantrasyonu incelendiğinde; mart ayındaki minimum PM₁₀ konsantrasyon değeri 18,50 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Bu değer pandeminin çıkış tarihinden (11 Mart) yaklaşık 5 gün sonra (16 Mart) gözlemlenmiştir. Mart ayında karantina uygulanmamıştır fakat yeni bir virüsün ortaya çıkması ile birlikte eğitime ara verilmiştir. Özellikle üniversite öğrencilerinin şehri terketmeleri ile trafik ve ısınma yükünde azalmalar olmuştur. Mayıs ayı ise ülkemizde en fazla karantina uygulanan ay olmakla birlikte 15 gün karantina uygulanmıştır. Mayıs

ayında maksimum PM10 konsantrasyonu 84,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Bu maksimum PM10 konsantrasyonu, 16 Mayıs-19 Mayıs karantina döneminden önceki son serbest gün olan 15 Mayıs'ta ölçülmüş olup ondan önceki karantina dönemi ile arasında serbest günler (11 Mayıs-15 Mayıs) bulunmaktadır. Bu dönemler göz önüne alındığında, karantina döneminde düşen konsantrasyonun serbest günlerde arttığı ve daha sonra karantina döneminde tekrar düşüşe geçtiği gözlemlenmektedir. Bu karantina günlerinin en belirgin etkisi haziran ayına bakıldığında görülebilir. Karantina barındırmamasına rağmen grafikten de anlaşılacağı gibi haziran ayında ki düşüşler kayda değerdir.

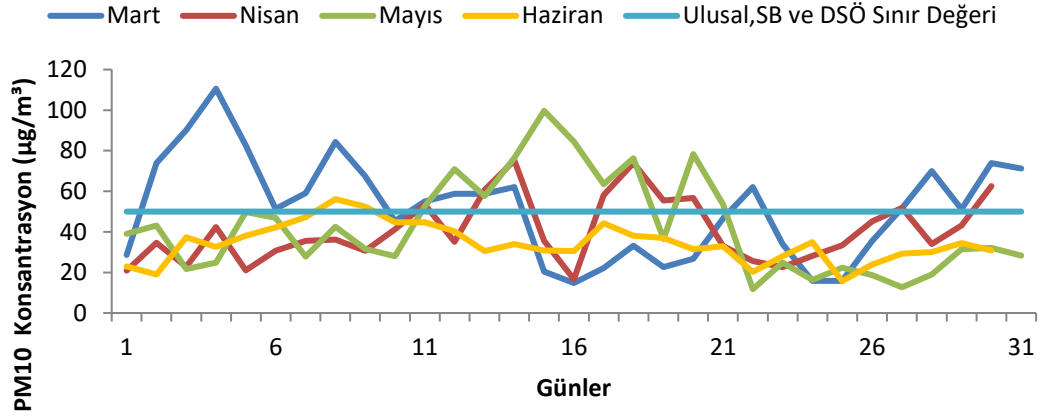
NO_x konsantrasyonları, nisan ve mayıs aylarında genel olarak karantina dönemlerinde düşüşler sergilense de bazı karantina dönemlerinde artış göstermiştir. Bu değişkenlikler, istasyon konumu ve farklı emisyon kaynakları ile ilişkilendirilebilir. İzmit istasyonu merkezi bir konumda bulunmaktadır ve taşıt emisyonları farklı bir kaynak olarak düşünülebilir.

CO konsantrasyonlarında nisan ve mayıs aylarındaki karantina dönemleri incelendiğinde genel olarak karantinanın başladığı gün ile bitiş günü arasında düşüşler gözlemlenmektedir. Bu düşüşler, karantina günlerine bağlı taşıt kullanımındaki azalmalar olarak yorumlanabilir. Mart ayında 1717.65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olan ortalama CO konsantrasyonu nisan, mayıs ve haziran aylarında sırası ile 1448.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1706.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 1928.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. CO konsantrasyonu aylık periyotta değişimler yaşasa da genel olarak bir artış söz konusudur.

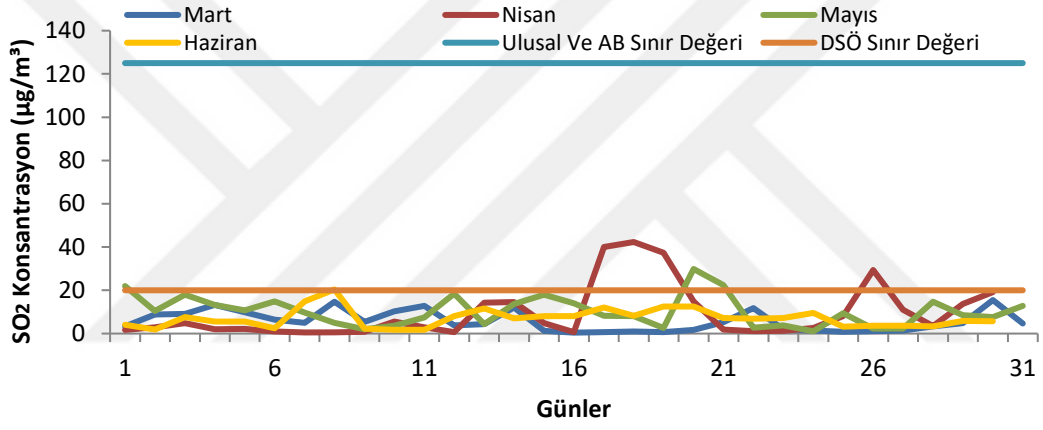
Bu artış, istasyonunun merkezi ve işlek bir konumda bulunması ile açıklanabilir. Mart ayına nazaran nisan ve mayıs aylarında karantinalarla beraber taşıt kullanımının azalması ile düşüşler gözlemlenmiştir. Haziran ayında ki artış ise normalleşme sürecine geçilmesi ile taşıt kullanımındaki artış olarak değerlendirilebilir.

CO için uygulanan sınır değerler Ulusal ve AB sınır değeri için aynı olup 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8sa) 'tür. İki yönetmelik içinde pandemi döneminde ölçülen CO konsantrasyonları sınır değerlerin çok altında kalmıştır. Mart ayında pandeminin çıkış tarihinden önceki 10 günlük sürede dahi bu sınır değerlerin aşılmadığı görülmektedir.

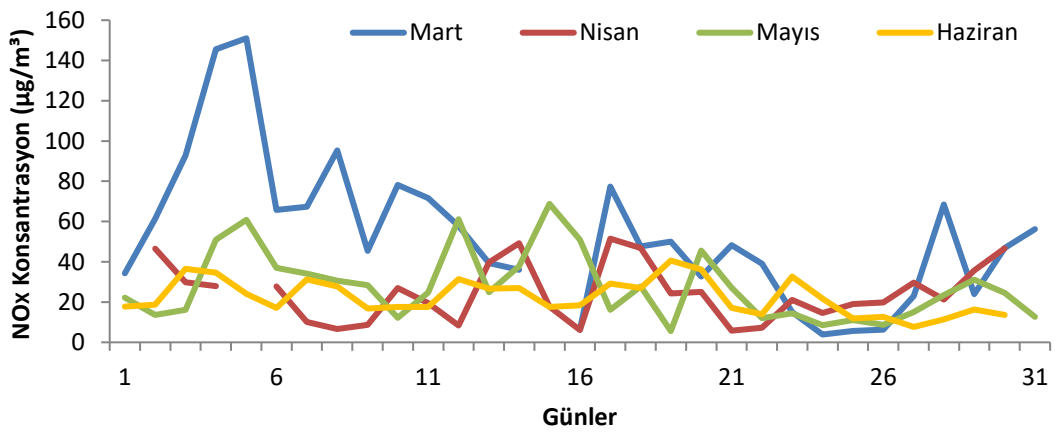
5.3. Alikahya İstasyonunun Değerlendirilmesi



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.3. Alikahya İstasyonunda a) PM₁₀ b) SO₂ c) NO_x seviyelerinin zamansal değişimi

Alikahya istasyonu bulunduğu konum bakımından İzmit sınırları içinde merkeze yakın bir konumda yer almaktadır (E:40° 46' 15", B: 30° 00' 27"). Alikahya istasyonunda ölçülen parametreler PM10, SO₂ ve NO_x'tir.

Şekil 5.3., incelenen dönem (Mart-Haziran 2020) boyunca Alikahya İstasyonu'nda kirletici konsantrasyonlarının günlük ortalama değerlerini göstermektedir. PM10 değerleri incelenecek olursa; mart ayında ölçülen minimum PM10 konsantrasyonu 14,80 µg/m³'tür. Bu değer ise pandeminin çıkış tarihinden yaklaşık 5 gün sonra (16 Mart) gözlemlenmiştir. Covid-19'un bilinmeyen yeni bir virüs olması insanların faaliyetlerini etkilemiştir. Mayıs ayında maksimum PM10 konsantrasyonu 99,67 µg/m³ 'tür. Bu maksimum değer 16 Mayıs-19 Mayıs karantina döneminden önceki serbest günde (15 Mayıs) ölçülmüş olup, iki karantina dönemi (9-10 Mayıs-16-19 Mayıs) arasındaki serbest günlerde (11 Mayıs-15 Mayıs) arttığı düşünülmektedir. Mayıs ayındaki minimum değer ise 11,73 µg/m³ 'tür. Bu minimum değer; maksimum PM10 konsantrasyonunun ölçüldüğü 16 Mayıs-19 Mayıs karantina döneminden sonraki karantina dönemi olan 23 Mayıs-26 Mayıs'ta ölçülmüş olup, iki karantina dönemi arasında sadece 2 serbest gün (20 Mayıs-22 Mayıs) bulunmaktadır. PM10 konsantrasyonu 2 serbest günde de azalmaya devam etmiştir. İki karantina dönemi (arasındaki iki serbest günü baz almadan), bir karantina dönemi gibi değerlendirilecek olursa karantina döneminin başındaki değer, ölçülen maksimum değer, sonunda ölçülen değer ise minimum değerdir. Mayıs ve nisan aylarındaki iniş-çıkışlar, istasyonun konumu ve atmosferik taşınım ile açıklanabilir.

PM10 için uygulanan sınır değerler (24sa) Tablo 5.1'de verilen üç yönetmelik içinde aynı olup 50 µg/m³'tür. İstasyon 3'te PM10 konsantrasyonlarının sınır değer ile ilişkisi incelendiğinde mart ayında pandeminin çıkış tarihinden önce PM10 konsantrasyonunun sınır değerinin üstünde olduğu gözlemlenmektedir. Pandeminin çıkışı ile PM10 konsantrasyonu azalmıştır ve yer yer sınır değerinin altına düşmüştür. Nisan ayında ise mart ayına kıyasla sınır değerler daha az aşılmıştır. Aşılan sınır değerlerde karantina günlerinin etkisiyle bir düşüş gözlemlenmiştir. PM10 konsantrasyonu mayıs ayında ise genel olarak karantina dönemleri dışındaki serbest günlerde sınır değeri aşmıştır ve gelen karantina dönemiyle tekrar sınır değerlerinin altına düşmüştür ve sınır değerinin altında kalmayı başarmıştır.

SO₂ konsantrasyonunda mart ayındaki en belirgin düşüş 16 Mart-21 Mart ve 23 Mart-29 Mart arasında olmuştur. Bunun sebebi, 16 Mart itibariyle ilkokul, ortaokul ve liselerde, 23 Mart'tan itibaren de üniversitelerde eğitime ara verilmesidir. Özellikle üniversite öğrencilerinin şehri terk etmeleri ile ısınma ve toplu taşımalardaki azalmalardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ortalama SO₂ konsantrasyonları incelendiğinde mart ayında 5,70 µg/m³ olan ortalama SO₂ konsantrasyonu nisan, mayıs ve haziran aylarında sırası ile 9,54 µg/m³, 10,37 µg/m³ ve 7,09 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Mart ayından mayıs ayına kadar SO₂ konsantrasyonunda artışlar görülmüştür. Haziran ayında ise ölçülen değerlerde kayda değer bir azalma olduğu gözükmemektedir. SO₂ konsantrasyonunun artmasının sebebi karantina günlerinde evde bulunan insanların ısınma amaçlı ihtiyaç duydukları enerjiden kaynaklı olabileceği öngörülmektedir. İstasyon konum olarak sanayinin yoğun olduğu bir bölgede bulunduğu için SO₂ konsantrasyonunun düşmesi beklenen bazı yerlerde yükselmeler görülmesinin mümkün olabileceği öngörülmüştür.

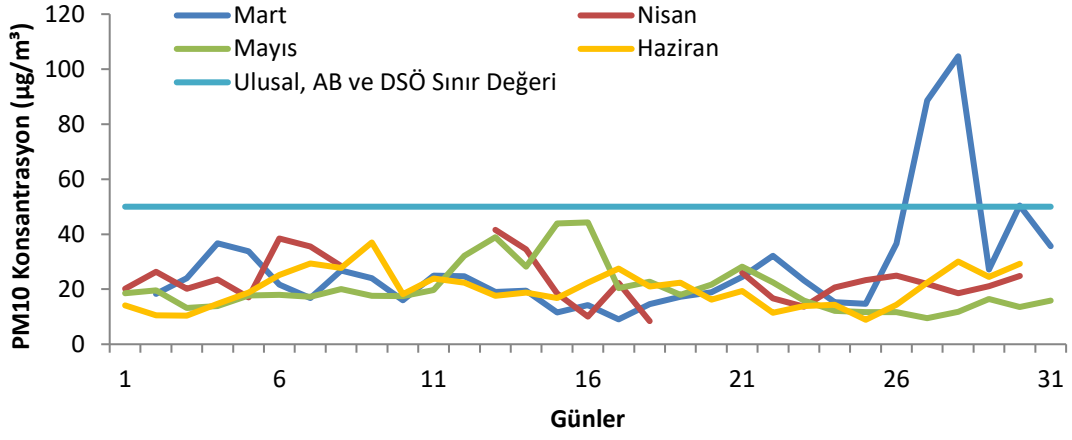
SO₂ için uygulanan sınır değerler Ulusal ve AB yönetmeliklerinde aynı olup günlük 125 µg/m³ 'tür. Dünya Sağlık Örgütü için ise günlük 20 µg/m³'tür. Ulusal ve AB yönetmelikleri için pandemi döneminde ölçülen veriler sınır değerlerin çok altında kalmıştır. Mart ayında pandeminin çıkış tarihinden önceki 10 günlük sürede dahi bu sınır değerlerin aşılmadığı görülmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği sınır değer ise sadece nisan ve mayıs aylarında karantina dönemleri dışında kalan serbest günlerde zaman zaman aşılmıştır. Fakat gelen karantina dönemi ile tekrar sınır değerinin altına düşmüştür.

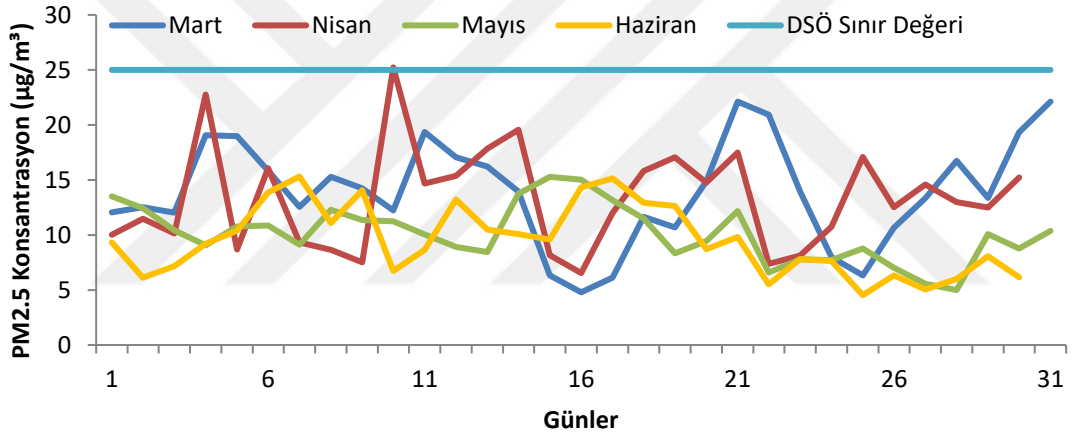
NO_x konsantrasyonlarında ise nisan ve mayıs aylarındaki ortalama konsantrasyonlar birbirlerine yakındır.

Mayıs ayında daha fazla karantina uygulanmasına rağmen nisan ayındaki ortalama NO_x konsantrasyonundan daha fazla NO_x konsantrasyonu ölçülmüştür. Bunun sebebi olarak istasyonunun sanayi ve trafik yükü bakımından yüksek olan bir konumda bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

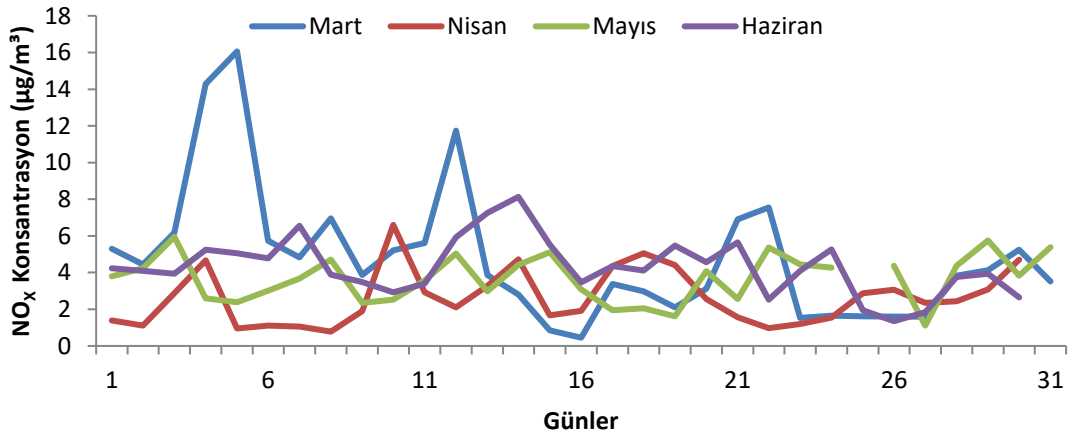
5.4. Kandıra İstasyonunun Değerlendirilmesi



(a)

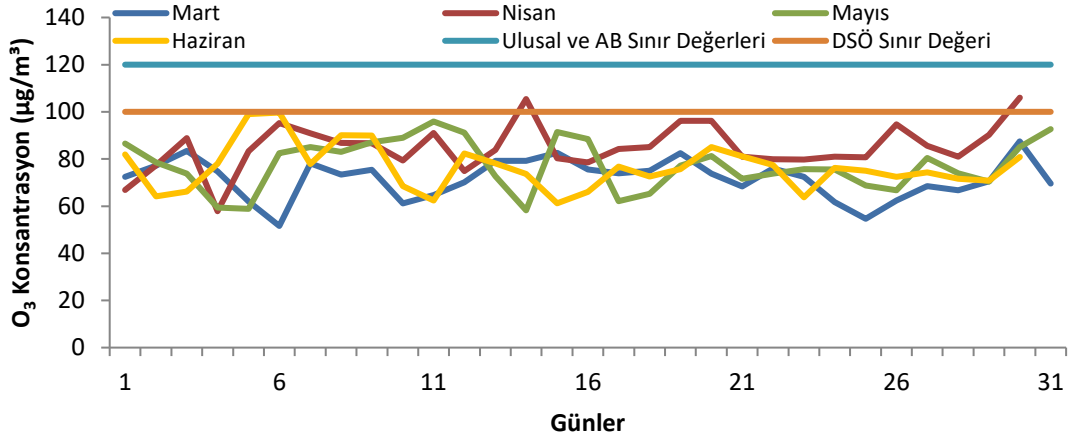


(b)



(c)

Şekil 5.4. Kandıra İstasyonunda a) PM10 b) PM2.5 c) NO_x d) O₃ seviyelerinin zamansal değişimi



(d)

Şekil 5.4. (Devam) Kandıra İstasyonunda a) PM₁₀ b) PM_{2.5} c) NO_x d) O₃ seviyelerinin zamansal değişimi

Kandıra İstasyonu bulunduğu konum bakımından kuzey bölgesinde yer almaktadır (E:41° 07' 50", B: 30° 00' 23"). Kandıra istasyonunda ölçülen parametreler PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x ve O₃'tür.

Şekil 5.4., incelenen dönem (Mart-Haziran 2020) boyunca Kandıra İstasyonu'nda kirlilik konsantrasyonunun günlük ortalama değerlerini göstermektedir. PM₁₀ konsantrasyonları incelendiğinde mart ayında 28,16 µg/m³ olan ortalama PM₁₀ konsantrasyonu nisan, mayıs ve haziran aylarında sırası ile 23,2 µg/m³, 20,41 µg/m³ ve 20,11 µg/m³ olarak ölçülmüştür.

Mart ayından haziran ayına kadar PM₁₀ konsantrasyonunda düşüşler görülmüştür. PM_{2.5} konsantrasyonunda ise mayıs ayında maksimum PM_{2.5} konsantrasyonu 15,28 µg/m³ olarak ölçülmüştür.

Bu değer, mayıs ayındaki, 16 Mayıs-19 Mayıs karantina döneminden önceki son serbest günde (15 Mayıs) gözlemlenmiştir. Mayıs ayında serbest günlerde ölçülen konsantrasyon değerleri, karantina döneminde ölçülen konsantrasyon değerlerinden genel olarak daha az olsa da karantina günlerinin başından sonuna bir azalma söz konusudur. İstasyonun bulunduğu konum sebebi ile insanların karantina dönemlerinde kırsal alana yönelmesi ve ısınma amaçlı fosil yakıt kullanması, karantina günlerinde konsantrasyonların artmasına, serbest günlerde ise düşmesine neden olmuştur.

NO_x konsantrasyonunda mart ayından nisan ayına kadar NO_x konsantrasyonunda azalmalar görülmüştür. Mayıs ve haziran aylarında ise ölçülen değerlerde artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu artışların taşıt emisyonları ile doğrudan ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çoğu insanın havaların ısınması ile istasyonunun bulunduğu konuma doğru yönelmeleri ile konsantrasyonlar artmaktadır. NO_x konsantrasyonunda haziran ayındaki maksimum değer 8,13 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu maksimum değer bir hafta sonunun pazar gününde ölçülmüştür. Haziran ayında konsantrasyon seviyelerinde genel olarak artış görülmüştür. Özellikle değerlerin hafta sonu daha yüksek ölçülmüş olması dikkat çekici olmuştur. Bu durum, çoğu insanın hafta sonu istasyonun bulunduğu konuma yöneldiğini kanıtlar niteliktedir.

Mart ayındaki günlük O₃ değerlerine bakıldığında %38'i ortalama O₃ konsantrasyonunun altında kalırken, nisan, mayıs ve haziran aylarında sırasıyla %53'ü, %51'i, %53'ü ortalama O₃ konsantrasyonunun altında kalmaktadır. O₃ konsantrasyonlarında mart ayından haziran ayına kadar artışlar gözlemlenmiştir.

Tüm istasyonlardaki kirleticilerin yüzdesel değişimi incelendiğinde, genel olarak kirletici konsantrasyonlarında bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu kirleticilerin istasyonlardaki değişimleri aşağıda Tablo 5.2.'de özetlenmiştir.

Tablo 5.2. Karantina süresi boyunca (Mart – Haziran 2020) kirletici seviyelerindeki değişiklikler

Kirleticiler	İstasyon 1		İstasyon 2		İstasyon 3		İstasyon 4	
	Varyasyon (µg/m ³)	Değişim (%)	Varyasyon (µg/m ³)	Değişim (%)	Varyasyon (µg/m ³)	Değişim (%)	Varyasyon (µg/m ³)	Değişim (%)
PM2.5	-9,18	39,03					-3,81	27,30
PM10	-17,09	36,25	-18,09	32,95	-8,81	17,11	-7,75	27,52
SO ₂	5,42	61,87			4,51	79,12		
NO _x	-27,9	27,13	-143,32	58,26	-25,41	47,87	-1,28	26,66
O ₃	18,68	46,98					5,83	8,12
CO			-11,41	0,66				

Tablo 5.2.'de kirleticilerin istasyonlardaki değişimleri verilmiştir. İstasyon 1 (Körfez İstasyonu)'de ölçülen PM2.5 konsantrasyonların da 9,18 µg/m³ 'lük bir azalma söz konusudur bu azalma %39,03'lük bir değişime karşılık gelmektedir. Aynı şekilde İstasyon 4 (Kandıra İstasyonu) 'te PM2.5 konsantrasyonlarında 3,81 µg/m³ 'lük bir azalma söz konusudur. Bu azalmada %27,30'luk bir değişime karşılık gelmektedir.

Bu değişimler istasyonlardaki kirlilik seviyeleri hakkında özet bir bilgi vermekte olup PM2.5 konsantrasyonunda, istasyon 1’de %39,09 oranında bir azalma yaşanırken, İstasyon 4’te %27,30 oranında bir azalma yaşanmıştır.

İstasyon 1’de PM10 konsantrasyonlarında 17,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’lük bir azalma görölmüştür bu da %36,25’lik bir değişime denk gelmektedir. İstasyon 2 (İzmit İstasyonu)’de PM10 konsantrasyonundaki azalma 18,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür ve %32,95’lik değişime denk gelmektedir. Aynı şekilde İstasyon 3 (Alikahya İstasyonu) ve İstasyon 4’teki azalmalar sırasıyla 8,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 7,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür bu azalmalara karşılık gelen değişim oranları ise sırasıyla %17,11 ve %27,52’dir. Azalma ve değişim oranlarına bakıldığında, PM10 konsantrasyonu İstasyon 1’de %36,25, İstasyon 2’de %32,95, İstasyon 3’te %17,11 ve İstasyon 4’te %27,52 oranında azalmıştır.

SO₂ konsantrasyonlarında istasyon 1’de 5,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’lük ve istasyon 3’te 4,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’lük artış gözlemlenmiştir. Bu artışlar sırasıyla %61,87’lik ve %79,12’lik bir değişime denk gelmektedir. İstasyon 1’de NO_x konsantrasyonundaki azalma 27,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olup bu değer %27,13’lük bir değişime denk gelmektedir.

İstasyon 2’de ve İstasyon 3’teki azalmalar sırasıyla 143,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 25,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olup, %58,26’lık ve %47,87’lik bir değişime denk gelmektedir.

İstasyonlarda ölçölen NO_x konsantrasyonlarına göre İstasyon 1, İstasyon 2 ve İstasyon 3’te sırasıyla yaklaşık %27, %58 ve %47’lik azalma gözlemlenmiştir.

İstasyon 1 ve İstasyon 4’teki O₃ konsantrasyonlarındaki artışlar sırasıyla 18,68 ve 5,83 olup değişimleri sırasıyla %46,98 ve %8,12’dir. Yüzdelerik değişimlere bakıldığında konsantrasyonların arttığı gözlemlenmektedir.

İstasyon 2’de CO konsantrasyonundaki azalma 11,41 olup %0,66’lık bir değişim gözlemlenmiştir.

6. METEOROLOJİK PARAMETRELERE AİT ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma alanına ait meteorolojik veriler (sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı, rüzgar yönü, yağış) Tablo 6.1.'de sunulmuştur. Bu tablodan da görüldüğü gibi, mart ayından haziran ayına kadar hem İzmit hem de Kandıra'da ortalama sıcaklık değerleri önemli ölçüde artmıştır.

Tablo 6.1. 2020 döneminde meteorolojik parametrelerin aylık ortalama değerleri

		Meteorolojik Parametreler									
		Sıcaklık (°C)		Bağıl Nem (%)		Rüzgar Hızı(m/s)		Rüzgar Yönü (°)		Yağış (mm)	
Periyot	Bölge	Ort.	Std.	Ort.	Std.	Ort.	Std. Spm.	Ort.	Std. Spm.	Ort.	Std. Spm.
Mart	İzmit	10,52	4,91	77,58	19,72	1,57	1,03	169,64	37,36	0,09	0,25
	Kandıra	9,95	3,97	82,86	18,38	2,59	1,93	171,18	46,68	0,10	0,3
Nisan	İzmit	12,17	5,46	69,11	22,20	1,60	1,07	156	37,23	0,04	0,31
	Kandıra	11,28	4,26	79,78	19,55	2,67	1,88	149,87	44,72	0,03	0,23
Mayıs	İzmit	18,01	5,70	71,67	18,98	1,46	0,93	199	22,37	0,11	0,63
	Kandıra	16,75	4,55	80,91	18,15	1,64	1,14	207,13	32,47	0,14	0,55
Haziran	İzmit	22,93	4,60	71,76	20,12	1,46	0,97	197,50	17,76	0,14	0,79
	Kandıra	21,37	3,11	85,29	12,42	1,39	0,91	201,28	24,45	0,21	1,21

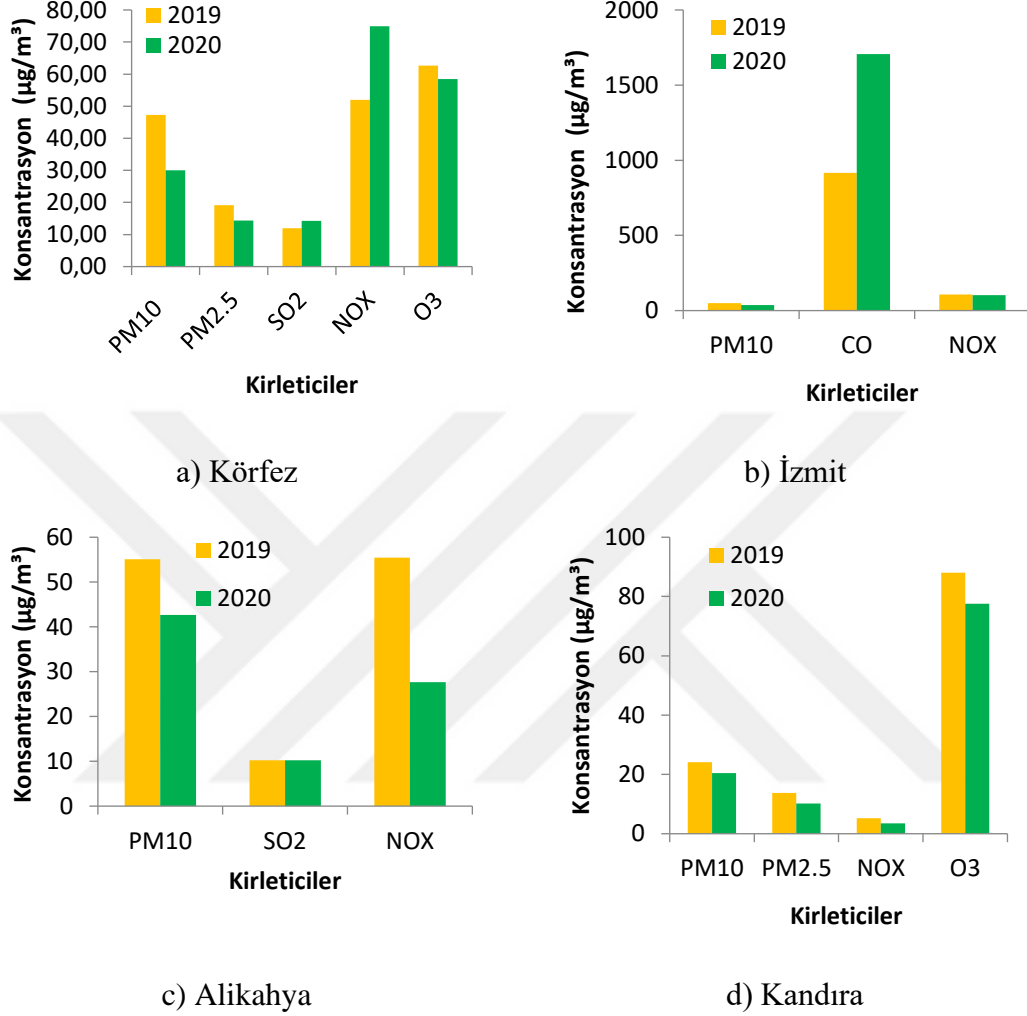
Kandıra'da mart ayında ortalama sıcaklık 9,95 °C iken bağıl nem %82,86, nisan ayında ortalama sıcaklık 11,28 °C iken bağıl nem %79,78, mayıs ayında ortalama sıcaklık 16,75 °C iken bağıl nem %80,91, haziran ayında ortalama sıcaklık 21,37 °C iken bağıl nem %85,29'dur. Kandıra'da sıcaklık değerleri biraz daha düşükken bağıl nem değerlerinin belirgin şekilde daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Kandıra'da ortalama rüzgar hızı seviyeleri 1,39 ($\pm 0,91$) – 2,67 ($\pm 1,88$) m/s aralığındadır. Kandıra İstasyonunda ortalama yağış seviyeleri ise mart, nisan, mayıs ve haziran ayında sırasıyla ortalama 0,10 mm, 0,03 mm, 0,14 mm, 0,21 mm'dir. Yağış değerleri incelendiğinde mart ve nisan aylarında düşük olan yağış miktarı mayıs ve haziran aylarında artış göstermiştir.

İzmit'te mart ayında ortalama sıcaklık 10,52 °C iken bağıl nem %77,58, nisan ayında ortalama sıcaklık 12,17 °C iken bağıl nem %69,11, mayıs ayında ortalama sıcaklık 18,01 °C iken bağıl nem %71,67, haziran ayında ortalama sıcaklık 22,93 °C iken bağıl nem %71,76'dır. İzmit'te ortalama rüzgar hızı seviyeleri 1,46 ($\pm 0,93$)-1,60 ($\pm 1,07$) m/s

aralığında olup Mart-Haziran döneminde önemli bir değişim göstermemiştir. İzmit İstasyonunda ortalama yağış seviyeleri ise mart, nisan, mayıs ve haziran ayında sırasıyla ortalama 0,09 mm, 0,04 mm, 0,11 mm, 0,14 mm'dir.



7. KİRLİLİK SEVİYELERİNİN BİR ÖNCEKİ YILA AİT DEĞERLERLE KARŞILAŞTIRILMASI



Şekil 7.1. Mayıs 2019 ve 2020 arasındaki kirlenici konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Çalışmada, tüm istasyonlar için Mayıs 2019 ve Mayıs 2020'de izlenen hava kirliliği verileri karşılaştırılmıştır. Toplam 23 gün sokağa çıkma yasağı uygulamasından 15'inin bu ayda yapılması nedeniyle mayıs ayı için bir önceki yıllla karşılaştırma yapılmıştır.

Şekil 7.1a'da İstasyon 1 (Körfez)'de ölçülen PM10, PM2.5, SO₂, NO_x ve O₃ parametrelerinin 2019 ve 2020 değerlerinin yıllara göre değişimi görülmektedir. PM10 konsantrasyonu 2019 yılında 47,30 µg/m³ iken 2020 yılında 30,05 µg/m³'tür. PM2.5, SO₂, NO_x ve O₃ ise sırasıyla 2019 ve 2020 değerleri; 19,12 µg/m³-14,34µg/m³, 11,94 µg/m³-14,29, 52,00 µg/m³-74,91µg/m³, 62,65 µg/m³-58,44 µg/m³'tür.

İstasyon 1'de PM10, PM2.5 ve O₃'ün ortalama konsantrasyonları daha düşükken, ortalama SO₂ ve NO_x konsantrasyonları 2020'de daha yüksek olmuştur. Karantina dönemine rağmen Körfez İstasyonu'nda kaydedilen NO_x seviyelerinin %44 arttığı belirlenmiştir.

Şekil 7.1b'de İstasyon 2 (İzmit İstasyonu)'de ölçülen PM10, CO ve NO_x parametrelerinin 2019 ve 2020 değerlerinin yıllara göre değişimi görülmektedir. PM10, 2019 yılında 50,55 µg/m³ iken 2020 yılında 36,85 µg/m³'tür. CO ve NO_x kirleticileri için 2019–2020 değerleri sırasıyla, 916,14 µg/m³–1706,24, 106,97 µg/m³–102,65 µg/m³'tür. Şehir merkezinde (İstasyon 2), 2020'de PM10 konsantrasyonları %27,10 daha düşükken, ortalama NO_x seviyelerinde düşüş çok belirgin değildir (%4,03). Öte yandan, ortalama CO konsantrasyonlarının 2020 yılında önemli ölçüde daha yüksek (%86,23) olduğu görülmüştür.

Şekil 7.1c'de İstasyon 3 (Alikahya İstasyonu)'te ölçülen PM10, SO₂ ve NO_x parametrelerinin 2019 ve 2020 değerlerinin yıllara göre değişimi görülmektedir. PM10, 2019 yılında 55,12 µg/m³ iken 2020 yılında 42,67 µg/m³ 'tür. NO_x'te ise 2019 değeri 55,42 µg/m³ iken 2020 yılında 27,67 µg/m³'tür. Tesadüfen, Mayıs 2019 ve Mayıs 2020 için ortalama SO₂ konsantrasyonlarının aynı (10,21mg/m³) ölçüldüğü görülmüştür. İstasyon 3'te NO_x değerlerinde %50,07 oranında dikkate değer bir düşüş, PM10 konsantrasyonlarında ise %22,58'lik bir azalma söz konusudur.

Şekil 7.1d'de İstasyon 4 (Kandıra İstasyonu)'te ölçülen PM10, PM2.5, O₃ ve NO_x parametrelerinin 2019 ve 2020 değerlerinin yıllara göre değişimi görülmektedir. PM10, 2019 yılında 24,15 µg/m³ iken 2020 yılında 20,41 µg/m³'tür. PM2.5, NO_x ve O₃ konsantrasyonları 2019–2020 yıllarında sırasıyla, 13,77 µg/m³–10,15 µg/m³, 5,23 µg/m³– 3,52 µg/m³, 88,08 µg/m³–77,58 µg/m³'tür. Şekil 7.1d'de görüldüğü gibi, Kandıra istasyonunda izlenen tüm parametreler, Mayıs 2020 dönemi için daha düşük değerler sergilemiştir. PM10, PM2.5, NO_x ve O₃ seviyelerinde tespit edilen düşüşler sırasıyla %15,48, %26,28, %32,69 ve %11,92'dir.

Körfez İstasyonunda NO_x ve SO₂ konsantrasyonlarının, İzmit İstasyonunda ise CO konsantrasyonunun bir önceki yıla artış gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen periyod boyunca bölgede yeni kurulan bir sanayi tesisinin olmaması ayrıca kirleticilerin atmosferik

taşınımda önemli rol oynayabilecek rüzgar yönü ve hızı gibi parametrelerin İstasyon 1 ve 2'de kirleticiler ile genellikle zayıf korelasyonlar göstermeleri bu artışları açıklayabilecek başka nedenler olabileceğini işaret etmektedir. Mevcut sanayi kuruluşlarındaki doğru olmayan hava-yakıt oranlarında verimsiz yanma faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi, karantina günlerinde özellikle gelir seviyesi yüksek olmayan bölgelerde kalitesiz yakıtlarla ısınma amaçlı yanma faaliyetlerinin olması bu durumu açıklayabilecek nedenler olarak gösterilebilir. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yayımladığı 2019 ve 2020 çevre durum raporuna göre; 2019 yılına kıyasla 2020 yılında Katı Yakıt (ton) kullanımında %54, doğalgaz (sm³) kullanımında %9, ildeki toplam araç sayısında ise %2'lik bir artış gözlemlenmiştir (URL-11).



8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

8.1. İncelenen Kirleticiler Arasındaki İlişkiler

Çalışmada, pandemi dönemindeki karantinalar boyunca kirleticiler arasındaki ilişkileri incelemek için bivaryant korelasyon analizi yapılmıştır. Bu amaçla tüm istasyonlar için Mayıs 2020'de ölçülen veriler kullanılmıştır. İlişkilerin gücü ve yönü, hesaplanan Pearson korelasyon katsayıları (r) tarafından ifade edilmiştir. Ayrıca, bilgilendirici tahminler elde etmek için regresyon modelleri geliştirilmiştir. Modellerin regresyon denklemleri ve düzeltilmiş R² değerleri Tablo 8.1.'de sunulmuştur.

Tablo 8.1. İncelenen kirleticiler için korelasyonlar ve regresyon modelleri

İstasyon No	İlgili Parametreler	Pearson	Tahmine Dayalı	Düzeltilmiş R ²
		Korelasyon Katsayısı (r)	Regresyon Denklemi	
1	NO ₂ -O ₃	-0,83**	O ₃ =68,40e ^{-0,005NO₂}	0,69
	SO ₂ -NO _x	0,94**	NO _x =56,58e ^{0,0161SO₂}	0,85
	PM10-PM2.5	0,96**	PM2.5=4,28e ^{0,033PM10}	0,84
2	CO-NO _x	0,87**	NO _x =0,05e ^{0,0043CO}	0,72
3	SO ₂ -NO _x	0,84**	NO _x =10,85e ^{0,095SO₂}	0,67
4	NO ₂ -O ₃	-0,85**	O ₃ =95,17e ^{-0,07NO₂}	0,74
	PM10-PM2.5	0,79**	PM2.5=6,46e ^{0,023PM10}	0,52

**p<0.01 seviyesinde anlamlı korelasyon bulunmuştur

Tablo 8.1.'de görüldüğü gibi, ince ve kaba partiküller İstasyon 1'de 0,96 r ile güçlü bir pozitif korelasyona sahiptir. SO₂ ve NO_x arasındaki ilişki de dikkate değerdir (r =0,94) ve nokta kaynaklı emisyonların bölgedeki hava kirliliği üzerindeki etkisini gösterir. (Goyal ve Sidhartha, 2003; Doğruparmak ve Özbay, 2011). Bu ilişki, elde edilen NO_x=56,58e^{0,0161SO₂} model denklemi ile tahmin edilebilir (R² =0,85). Ayrıca NO₂, troposferik O₃ ile literatürle uyumlu olarak önemli bir negatif korelasyon sergilemiştir (Özbay ve ark., 2011).

Şehir merkezinde (İstasyon 2), CO ve NO_x (r = 0,87) arasında dikkate değer bir pozitif korelasyon tespit edilmiştir ve bu, trafik yükünün hava kalitesi üzerindeki etkisinin kanıtıdır (Hwang ve diğerleri, 2006). İstasyon 2'nin konumunda sürekli trafik sıkışıklığı görüldüğü için bu sonuç gerçekçidir.

SO₂ ve NO_x 'in yüksek pozitif korelasyonu göz önüne alındığında, İstasyon 3'te noktasal kaynakların etkili olabileceği sonucuna varılabilir. Bu sonuç, sanayi tesislerinin çok sayıda olduğu bölgeler için mevcut durumu temsil edici nitelik taşımaktadır.

İstasyon 4'te NO₂ ve O₃ arasındaki ilişki için güçlü bir negatif korelasyon (r=-0,85) belirlenirken, ince ve kaba partiküller arasında kayda değer pozitif korelasyon (r =0,79) bulunmuştur.

8.2. Meteorolojik Parametreler ve Kirleticiler Arasındaki İlişkiler

Gerçekleştirilen tez çalışmasında farklı istasyonlarda ölçülen hava kirleticisi parametreler ile meteorolojik faktörler (sıcaklık, rüzgar hızı, rüzgar yönü, yağış ve bağıl nem) arasındaki ilişkiler de incelenmiştir. İkili korelasyon analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 8.2.'de özetlenmektedir.

Tablo 8.2. Meteorolojik parametreler ve kirleticiler arasındaki korelasyonlar

İstasyon No	Hava kirleticiler	Meteorolojik Faktörler				
		Sıcaklık	Rüzgar hızı	Rüzgar yönü	Yağış	Bağıl nem
1	PM10	0,46**	0,11**	-0,06	-0,12**	-0,24**
	PM2.5	0,34**	0,08*	-0,01	-0,08*	-0,10*
	SO ₂	0,47**	0,40**	0,14**	-0,01	-0,38**
	NO _x	0,03	-0,23**	0,01*	-0,01*	0,04
	O ₃	0,61**	0,54**	-0,04	0,03	-0,65**
2	PM10	0,42**	-0,12**	0,01	-0,15**	-0,16**
	NO _x	-0,38**	-0,28**	-0,02	-0,06	0,24**
	CO	0,02	-0,31**	0,01	-0,01*	0,16**
3	PM10	0,44**	-0,21**	-0,06	-0,12**	-0,11**
	SO ₂	0,62**	0,44**	0,17**	0,01	-0,52**
	NO _x	0,21	-0,08**	0,15**	-0,07	0,005
4	PM10	0,49**	0,05	0,10**	-0,11**	-0,31**
	PM2.5	0,10*	-0,25**	0,18**	-0,09*	-0,04
	NO _x	0,09*	-0,26**	0,13**	-0,02	-0,15**
	O ₃	0,52**	0,22**	0,1*	-0,09*	-0,68**

**p<0.01 seviyesinde anlamlı korelasyon bulunmuştur

*p<0.05 seviyesinde anlamlı korelasyon bulunmuştur

Hesaplanan korelasyon katsayıları dikkate alındığında Körfez istasyonunda kirletici türleri ile sıcaklık arasında pozitif korelasyonlar olduğu görülmektedir. PM10, PM2.5, SO₂ ve O₃ ile sıcaklık arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları sırasıyla 0,46, 0,34, 0,47 ve 0,61 olarak bulunmuştur (p<0.01). Artan sıcaklık değerlerinin ozon oluşumundaki pozitif etkisi konuyla ilgili literatür ile uyumlu ve anlamlı bir sonuçtur. Benzer bir ilişki Kandıra istasyonunda ölçülen O₃ ve sıcaklık arasında da tespit edilmiştir (r=0,52). Sıcaklığın kirletici türleri üzerindeki etkisi genel olarak değerlendirildiğinde pozitif yönlü bir etkinin olduğu sonucu çıkarılabilir.

Rüzgar hızı ile kirletici parametreler arasındaki ilişkiler incelendiğinde; göreceli olarak daha belirgin etkilerin Körfez ve Alikahya İstasyonlarında izlenen SO₂ değerleri üzerinde olduğu (sırasıyla, r=0,40 ve r=0,44) görülmektedir (p<0.01). Bunun dışında yine Körfez istasyonunda O₃ ve rüzgar hızı arasında anlamlı pozitif korelasyon belirlenmiştir (r=0,54). Rüzgar yönü ise incelenen kirletici parametreler üzerinde belirgin, ve güçlü bir etki sergilememiştir.

Tablo 8.2.'deki değerler dikkate alındığında, yağış ve hava kirleticileri arasındaki ilişki ise genel olarak negatif yönlü ve zayıftır. Söz konusu etkileşimin zayıflığı çalışma periyodunun çoğunlukla yağışsız geçmesi ile açıklanabilir.

9. SONUÇLAR

Covid-19 karantinaları, tüm dünyada ulaşım ve ekonomik faaliyetlerde büyük düşüşe neden olmuştur. Kısıtlanan trafik ve azalan endüstriyel üretimin, özellikle gelişmiş şehirlerde hava kalitesinde iyileşme ile sonuçlandığı açıktır. Bu nedenle evde kalma günlerinin hava kirliliği üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye'de sanayileşmiş bir şehir olan İzmit çevresinde karantina günlerinin hava kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. İncelenen bölgede Nisan (toplam 8 gün) ve Mayıs (toplam 15 gün) aylarında sokağa çıkma yasakları uygulanmıştır. Karantina öncesi ve karantina sonrası aşamaları içeren Mart-Haziran 2020 döneminde ölçülen veriler kullanılarak dört farklı örnekleme noktası için değerlendirmeler yapılmıştır. İzlenen çeşitli kirleticiler arasında PM10, PM2.5 ve NO_x, tüm istasyonlarda kısmi karantina dönemlerinde kayda değer düşüşler sergilemiştir. En önemli NO_x düşüşü %58,26 oranı ile şehir merkezinde (İstasyon 2) gözlemlenirken, PM10 ve PM2.5 için en yüksek düşüş oranları (sırasıyla %36,25 ve %39,03) İstasyon 1'de kaydedilmiştir.

Karantina günlerinin konvansiyonel hava kirleticiler üzerindeki etkileri hakkında daha detaylı yorumlamalara ulaşmak için bir önceki yıla ait verilerle karşılaştırma yapılmıştır. Mayıs 2019 ve Mayıs 2020'de izlenen hava kirliliği verileri karşılaştırılmıştır. Toplam 23 gün sokağa çıkma yasağı uygulamasından 15'inin bu ayda yapılması nedeniyle mayıs ayı için bir önceki yıla karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçları incelendiğinde, 4 istasyonda da Mayıs 2019'a göre Mayıs 2020'de konvansiyonel hava kirleticilerde genel olarak bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir. İstasyon 1'de kirletici parametrelerinde bir önceki yıla göre genel olarak bir düşüş gözlemlenirken, NO_x ve SO₂ parametrelerinde artış gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak, şehirleşmenin, motorlu taşıt sayısının, düzensiz sanayileşmenin, kalitesiz yakıt kullanımının bir önceki yıla göre artış göstermesi olarak gösterilebilir. Şehir merkezinde (İstasyon 2), 2020'de PM10 konsantrasyonları %27,10 daha düşükken, ortalama NO_x seviyelerindeki düşüş çok belirgin değildir (%4,03). İstasyon 3'te NO_x değerlerinde %50,07 oranında dikkate değer bir düşüş, PM10 konsantrasyonlarında ise %22,58'lik bir azalma söz konusudur. İstasyon 4'te izlenen tüm parametreler, Mayıs 2020 dönemi için daha düşük konsantrasyonlar sergilemiştir.

PM10, PM2.5, NO_x ve O₃ seviyelerinde tespit edilen düşüşler sırasıyla %15,48, %26,28, %32,69 ve %11,92'dir. Karşılaştırmalara bakıldığında en dikkat çekici düşüş %50,07 oranı ile NO_x emisyonlarında İstasyon 3'te elde edilmiştir.

Çalışmada, pandemi dönemindeki karantinalar boyunca kirleticiler arasındaki ilişkileri incelemek için bivaryant korelasyon analizi yapılmıştır. Bu amaçla tüm istasyonlar için Mayıs 2020'de ölçülen veriler kullanılmıştır. İlişkilerin gücü ve yönü, hesaplanan Pearson korelasyon katsayıları (r) tarafından ifade edilmiştir.

Kirleticiler arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde PM10 ve PM2.5 İstasyon 1 ve İstasyon 4'te sırasıyla 0,96 ve 0,79'luk, SO₂ ve NO_x İstasyon 1'de 0,94 ve İstasyon 3'te ise 0,84 ile güçlü bir pozitif korelasyon sergilemiştir. Aynı zamanda şehir merkezinde (İstasyon 2), CO ve NO_x (r = 0,87) arasında dikkate değer bir pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Pozitif korelasyonlar bu kirleticilerin kaynaklarının aynı olabileceğini işaret etmektedir. Ozon (O₃) konsantrasyonları, literatüre göre hem İstasyon 1 hem de İstasyon 4 için artan bir eğilim göstermiştir. Bu sonuç, O₃ ile negatif korelasyon gösteren azalan NO_x seviyeleri ile değerlendirilebilir. Ayrıca artan sıcaklık değerleri de bölgede O₃ oluşumunu desteklemiştir.

Meteorolojik faktörlerin izlenen kirleticiler üzerindeki etkileri, iki değişkenli korelasyon analizi uygulanarak değerlendirilmiştir. O₃ ile sıcaklık arasında pozitif korelasyon gözlemlenmiştir. Artan sıcaklıkların O₃'ün fotokimyasal reaksiyonlarını desteklediği iyi bilindiğinden bu sonuç literatürle uyumludur. Negatif korelasyon katsayıları, daha düşük rüzgar hızlarının daha yüksek kirletici konsantrasyonuna yol açtığını gösterir. Bu çalışmada, NO_x emisyonları tüm istasyonlar için rüzgar hızı ile zayıf negatif korelasyonlar göstermiştir. Tersine, hem İstasyon 1 hem de istasyon 3 için SO₂ seviyeleri ve rüzgar hızı arasında pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. O₃ konsantrasyonları da rüzgar hızı ile pozitif korelasyon göstermiştir. Buradan, çalışılan bölgede atmosferik ulaşımın O₃ ve SO₂ seviyelerinin artmasına katkıda bulunabileceği sonucuna varılabilir. CO ve NO_x arasındaki dikkate değer pozitif korelasyon (r = 0,87), trafik yükünün şehir merkezinde ki hava kalitesi üzerindeki etkisini gösterirken, SO₂ ve NO_x'in yüksek pozitif korelasyonu (r = 0,84) İstasyon 3'teki noktasal kaynakların etkilerini doğrulamaktadır. Yağış ve hava kirleticileri arasındaki ilişki ise genel olarak negatif yönlü ve zayıftır.

Söz konusu etkileşimin zayıflığı çalışma periyodunun çoğunlukla yağışsız geçmesi ile açıklanabilir. Rüzgar yönü ise incelenen kirletici parametreler üzerinde belirgin, ve güçlü bir etki sergilememiştir.

Tez çalışması kapsamında, kentsel çalışma bölgesinde (İstasyon 1,2 ve 3) uygulanan karantinaların bir sonucu olarak, çeşitli hava kirleticinin konsantrasyonlarında azalmalar olduğu gözlemlenmiştir. Kırsal çalışma alanında (İstasyon 4) gözlemlenen azalmalar ise kentsel çalışma alanına göre daha az belirgin olmuştur. Çalışmanın genel sonuçları, dünyanın çeşitli bölgelerinde gerçekleştirilen, karantinanın hava kalitesi üzerine etkilerini araştırmayı amaçlayan çalışmaların sonuçları ile uyumludur. Karantina döneminde konvansiyonel hava kirleticilerin seviyelerinde belirlenen azalma eğilimi, özellikle gelişmiş bölgelerde antropojenik kirlilik kaynaklarının hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini kanıtlar niteliktedir.

KAYNAKLAR

- Aboagye, E.M., Attobrah, J., Effah, N.A.A., Afrane, S., Mensah, F., (2021), *The Impact of Covid-19 City Lockdowns on Air Quality*, Sustainable Environment, 7, 1-4. DOI: 10.1080/27658511.2021.1885185
- Albayati, N., Waisi, B., Al-Furaji, M., Kadhom, M., Alalwan, H., (2021), *Effect of Covid-19 on Air Quality and Pollution in Different Countries*, Journal of Transport & Health, 21, 1-13. DOI: 10.1016/j.jth.2021.101061
- Aloi, A., Alonso, B., Cordera, R., Benavente, J., (2020), *Effects of the Covid-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence From The City of Santander (Spain)*, Sustainability, 12(9):3870,1-3. DOI: 10.3390/su12093870
- Bates D. R., Nicolet M., (1950), *Atmospheric Hydrogen*, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 62(365), 106–110. DOI: 10.1086/126244
- Burns, J., Hoffmann, S., Kurz, C., Laxy, M., Polus, S., Rehfuss, E., (2021), *Covid-19 Mitigation Measures and Nitrogen Dioxide – A Quasi-Experimental Study of Air Quality in Munich, Germany*, Atmospheric Environment, 246, 1-4. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2020.118089
- Chapman S., (1930), *On Ozone and Atomic Oxygen in the Upper Atmosphere*, Philosophical Magazine, 10, 369–383. DOI: 10.1080/14786443009461588
- Crutzen P. J., (1970), *The Influence of Nitrogen Oxide on The Atmospheric Ozone Content*, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 96, 320–327. DOI: 10.1002/qj.49709640815
- Crutzen P. J., (1971), *Ozone Production Rates in An Oxygen-Hydrogen Nitrogen Oxide Atmosphere*, Journal of Geophysical Research: Oceans and Atmospheres, 76, 7311–7327. DOI: 10.1029/JC076i030p07311
- Dantas, G., Siciliano, B., Franca, B.B., Silva, C.M., Arbilla, G., (2020), *The Impact of Covid-19 Partial Lockdown on The Air Quality of The City of Rio De Janeiro, Brazil*, Science of the Total Environment, 729, 1-8. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139085
- Dueñas C., Fernández M. C., Cañete S., Carretero J., Liger E., (2002), *Assessment of Ozone Variations and Meteorological Effects In An Urban Area In The Mediterranean Coast*, Science of the Total Environmental, 229, 97–113. DOI: 10.1016/s0048-9697(02)00251-6
- El-Magd, I.A., Zanaty, N., (2021), *Impacts of Short-Term Lockdown During Covid-19 on Air Quality in Egypt*, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 24, 1-6. DOI: 10.1016/j.ejrs.2020.10.003

- Elminir H. K., (2005), *Dependence of Urban Air Pollutants on Meteorology*, Science of the Total Environment, 350, 225–237. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2005.01.043
- Etchie, T.O., Etchie, A.T., Jauro, A., Pinker, R.T., Swaminathan, N., (2021), *Season, Not Lockdown, Improved Air Quality During Covid-19 State of Emergency in Nigeria*, Science of The Total Environment, 768, 1-6. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145187
- Fang, H., Wang, L., Yang, Y., (2020), *Human Mobility Restrictions And The Spread of The Novel Coronavirus (2019-Ncov) in China*, Journal of Public Economics, 191, 1-3. DOI: 10.1016/j.jpubeco.2020.104272
- Filonchyk, M., Hurynovich, V., Yan, H., (2021), *Impact of Covid-19 Lockdown on Air Quality in The Poland, Eastern Europe*, Environmental Research, 198, 1-3. DOI: 10.1016/j.envres.2020.110454
- Gama, C., Relvas, H., Lopes, M., Monteiro, A., (2021), *The Impact of Covid-19 on Air Quality Levels in Portugal: A Way to Assess Traffic Contribution*, Environmental Research, 193, 1-5. DOI: 10.1016/j.envres.2020.110515
- Godish, T., (1997), *Air Quality*, (3.Baskı), Lewis Publishers A CRC Pres Company, Chelsea
- Goren, A.Y., Genisoglu, M., Eser, H., Sait, O., Sofuoglu, C., (2021), *Effect of Covid-19 Pandemic on Ambient Air Quality and Excess Risk of Particulate Matter in Turkey*, Environmental Challenges, 5, 1-2. DOI: 10.1016/j.envc.2021.100239
- Goyal, F. P. and Sidhartha, (2003), *Present Scenario of Air Quality in Delhi: A Case Study of CNG Implementation*, Atmospheric Environment, 37(38), 5423–5431. DOI: 10.1016/J.ATMOSENV.2003.09.005
- Habeebullah, T. M., Munir, S., Awad, A. H. A. A., Morsy, E. A., Seroji, A. R., Mohammed, A. M. F., (2015), *The Interaction Between Air Quality and Meteorological Factors in an Arid Environment of Makkah, Saudi Arabia*, International Journal of Environmental Science and Development, 6(8), 576–580. DOI: 10.7763/IJESD.2015.V6.660
- Hasim, B.M., Al-Naseri, S.K., Al-Maliki, A., Al-Ansari, N., (2020), *Impact of Covid-19 Lockdown on NO₂, O₃, PM_{2.5} and PM₁₀ Concentrations and Assessing Air Quality Changes in Baghdad, Iraq*, Science of The Total Environment, 754, 1-7. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141978
- Hwang, B. F., Jaakkola, J. J. K., Lee, Y. L., Lin, Y. C., and Guo, Y. L. (2006), *Relation Between Air Pollution and Allergic Rhinitis in Taiwanese Schoolchildren*. Respiratory Research, 7:23, DOI:10.1186/1465-9921-7-23

- Johnston H. S., (1971), *Reduction of Stratospheric Ozone by Nitrogen Oxide Catalysts from Supersonic Transport Exhaust*, Science, 173, 517–522. DOI: 10.1126/science.173.3996.517
- Kerimray, A., Baimatova, N., Ibragimova, O.P., Bukenov, B., Kenessov, B., Plotitsyn, P., Karaca, F., (2020), *Assessing Air Quality Changes in Large Cities During COVID-19 Lockdowns: The Impacts of Traffic-Free Urban Conditions in Almaty, Kazakhstan*, Science of The Total Environment, 730, 1-7. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139179
- Khomsı, K., Najmi, H., Amghar, H., Chelhaoui, Y., Souhaili, Z., (2020), *Covid-19 National Lockdown in Morocco: Impacts on Air Quality and Public Health*, One Health, 11, 1-4. DOI: 10.1016/j.onehlt.2020.100200
- Krecl, P., Targino, A.C., Oukawa, G.Y., Junior, C., Pacheco, R., (2020), *Drop in Urban Air Pollution from Covid-19 Pandemic: Policy Implications for The Megacity of Sao Paulo*, Environmental Pollution, 265, 1-2. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114883
- Kumari, P., Toshniwal, D., (2020), *Impact of Lockdown on Air Quality Over Major Cities Across the Globe During Covid-19 Pandemic*, Urban Climate, 34, 1-17. DOI: 10.1016/j.uclim.2020.100719
- Lenschow, P., Abraham, H.J., Kutzner, K., Lutz M., Preuß, J.D., Reichenbacher, W., (2001), *Some Ideas About the Sources of PM10*, Atmospheric Environment, 35, 23-33. DOI: 10.1016/S1352-2310(01)00122-4
- Lian, X., Huang, J., Huang, R., Liu, C., Wang, L., Zhang, T., (2020), *Impact of City Lockdown on The Air Quality of Covid-19-Hit of Wuhan City*, Science of the Total Environment, 742,1-4. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140556
- Liu, F., Wang, M., Zheng, M., (2021), *Effects of Covid-19 Lockdown on Global Air Quality and Health*, Science of The Total Environment, 755, 1-11. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142533
- Mahato, S., Pal, S., Ghosh. G., (2020), *Effect of Lockdown Amid Covid-19 Pandemic on Air Quality of The Megacity Delhi, India*. Science of The Total Environment,730, 1-7. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139086
- Menut, L., Bessagnet, B., Siour, G., Mailler, S., Pennel, R., Cholakian, A., (2020), *Impact of Lockdown Measures To Combat Covid-19 on Air Quality Over Western Europe*, Science of The Total Environment, 741, 1-6. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140426
- Müezzinoğlu A. (2003). *Atmosfer Kimyası* (1.Baskı), Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.

- Navinya, C., Patidar, G., Phuleria, H. C., (2020). *Examining Effects of the Covid-19 National Lockdown on Ambient Air Quality Across Urban India*, *Aerosol and Air Quality Research*, 20, 1759–1771. DOI: 10.4209/aaqr.2020.05.0256
- Naqvi, H.R., Datta, M., Mutreja, G., Siddiqui, M.A., Naqvi, D.F., Naqvi, A.R., (2021), *Improved Air Quality and Associated Mortalities in India Under COVID-19 Lockdown*, *Environmental Pollution*, 268, 1-5. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115691
- Nie, D., Shen, F., Wang, J., Ma, X., Li, Z., Ge, P., Ou, Y., Jiang, Y., Chen, M., Chen, M., Wang, T., Ge, X., (2021), *Changes of Air Quality and Its Associated Health and Economic Burden in 31 Provincial Capital Cities in China During Covid-19 Pandemic*, *Atmospheric Research*, 249, 1-6. DOI: 10.1016/j.atmosres.2020.105328
- Orak N.H., Özdemir Ö. (2021), *The Impacts Of COVID-19 Lockdown on PM10 and SO₂ Concentrations and Association with Human Mobility Across Turkey*, *Environmental Research*, 197, DOI: 10.1016/j.envres.2021.111018
- Orhunbilge N., (1996). *Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi* (1. Baskı), İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Ozbay, B., Keskin, G. A., Dogruparmak, S. C., and Ayberk, S. (2011), *Multivariate Methods for Ground Level Ozone Modeling*, *Atmospheric Research*, 102, 1-9. DOI: 10.1016/j.atmosres.2011.06.005
- Özdamar K., (2004). *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1* (5. Baskı), Kaan Kitapevi, Eskişehir.
- Percy K. E., Legge A. H., Krupa S. V., (2003), *Tropospheric Ozone: A Continuing Threat To Global Forests?*, *Developments Environmental Science*, 3, 85-118. DOI: 10.1016/S1474-8177(03)03004-3
- Rahman, S., Azad, A.K., Hasanuzzaman, Salam, R., Islam, A.R.T, Rahman, M., Hoque, M., (2021), *How Air Quality and Covid-19 Transmission Change Under Different Lockdown Scenarios? A Case from Dhaka City, Bangladesh*, *Science of The Total Environment*, 762, 5-6. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143161
- Roy, S., Saha, M., Dhar, B., Pandit, S., Nasrin, R., (2021), *Geospatial Analysis of Covid-19 Lockdown Effects on Air Quality in The South and Southeast Asian Region*, *Science of The Total Environment*, 756, 1-12. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144009
- Ryan, R.G., Silver, J.D., Schofield, R., (2021), *Air Quality and Health Impact of 2019–20 Black Summer Megafires and Covid-19 Lockdown in Melbourne and Sydney, Australia*, *Environmental Pollution*, 274, 1-10. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.116498

- Sahraei, M.A., Kuşkapan, E., Çodur, M.Y., (2021), *Public Transit Usage and Air Quality Index During The Covid-19 Lockdown*, Journal of Environmental Management, 286, 1-12. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112166
- Sannigrahi, S., Kumar, P., Molter, A., Zhang, Q., Basu, B., Basu A.S., Pilla, F., (2021), *Examining the Status of Improved Air Quality in World Cities Due to Covid-19 Led Temporary Reduction in Anthropogenic Emissions*, Environmental Research, 196, 1-19. DOI: 10.1016/j.envres.2021.110927
- Stratoulas, D., Nuthammachot, N., (2020), *Air Quality Development During the Covid-19 Pandemic Over a Medium-Sized Urban Area in Thailand*, Science of the Total Environment, 746, 1-5. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141320
- Şahin, Ü.A. (2020), *The Effects of COVID-19 Measures on Air Pollutant Concentrations at Urban and Traffic Sites In Istanbul*, Aerosol and Air Quality Research, 20. DOI: <https://doi.org/10.4209/aaqr.2020.05.0239>
- Tasic, A., (2016), *Fluctuations of the SO₂, NO₂, CO, O₃, PM₁₀ in Wintertime in Belgrade*, Working and Living Environmental Protection, 13(2), 93–103. DOI: -
- Tekin V. N., (2006). *İstatistiğe Giriş* (2. Baskı), Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Tello-Leal, E., Macias-Hernandez, B.A., (2021), *Association of Environmental and Meteorological Factors on The Spread of Covid-19 in Victoria, Mexico, and Air Quality During the Lockdown*, Environmental Research, 196, 1-7. DOI: 10.1016/j.envres.2020.110442
- Thomas, J., Jainet, P.J., Sudheer, K.P., (2020), *Ambient Air Quality of a Less Industrialized Region of India (Kerala) During the Covid-19 Lockdown*, Anthropocene, 32, 4-8. DOI: 10.1016/j.ancene.2020.100270
- Tobias, A., Carnerero, C., Reche, C., Massague, J., Via, M., Minguillon, M.C., Alastuey, A., Querol, X., (2020), *Changes in Air Quality During the Lockdown in Barcelona (Spain) One Month into the SARS-Cov-2 Epidemic*, Science of The Total Environment, 726, 1-3. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138540
- Tunç D.Ç., Toros H. (2020), *The Impact of COVID-19 on Air Quality in the City of Adana, Turkey*, Journal of Research in Atmospheric Science, 2. ISSN: 2687-6418
- URL-1: <https://meteoroloji.boun.edu.tr/havakirliligi.php>, (Ziyaret Tarihi: 13 Kasım 2021).
- URL-2: https://tr.wikipedia.org/wiki/Birle%C5%9Fik_Krall%C4%B1k%27ta_COVID-19_pandemisi, (Ziyaret Tarihi: 13 Kasım 2021)
- URL-3: [Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı | İstasyon Raporu \(havaizleme.gov.tr\)](http://ulusalhava.gov.tr), (Ziyaret Tarihi: 4 Nisan 2020)

- URL-4: <https://www.saglik.gov.tr/>, (Ziyaret Tarihi: 13 Kasım 2021)
- URL-5: <https://www.nufusu.com/il/kocaeli-nufusu>, (Ziyaret Tarihi: 17 Kasım 2020)
- URL-6: <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/mevzuat/avrupa-birligi-standartlari>,
(Ziyaret Tarihi: 17 Kasım 2020)
- URL-7: <https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/mevzuat/dunya-saglik-orgutu-limitleri>,
(Ziyaret Tarihi: 17 Kasım 2020)
- URL-8: <https://www.who.int/>, (Ziyaret Tarihi: 13 Kasım 2020)
- URL-9: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/ozonuv/tsozon.pdf>,
(Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2022)
- URL-10: <http://knowgeee.blogspot.com/2016/07/hava-kirliligi-ve-hava-kirliligi.html>,
(Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2022)
- URL-11: <https://ced.csb.gov.tr/2020-yili-il-cevre-durum-raporlari-i-102101>,
(Ziyaret Tarihi: 13 Mart 2022)
- URL-12: <https://covid19.who.int/>, (Ziyaret Tarihi: 13 Kasım 2021)
- URL-13:
http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava_kirliligi_ve_kirlleticiler_rapor1.pdf, (Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2021)
- URL-14:
http://dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/1/6357/0014212.pdf?sequence=1&is_Allowed=y, (Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2022)
- Yiğiter K., Toros H. (2020), *Relationship between air pollution and COVID-19 in Bursa, Turkey*, Journal of Research in Atmospheric Science, 2. ISSN: 2687-6418
- Zangari, S., Hill, D.T., Charette, A.T., Mirowsky, J.E., (2020), *Air Quality Changes in New York City During the Covid-19 Pandemic*, Science of The Total Environment, 742, 1-5. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140496
- Zhu, Y., Xie, J., Huang, F., Cao, L., (2020), *The Mediating Effect of Air Quality on The Association Between Human Mobility and Covid-19 Infection in China*, Environmental Research, 189, 1-3. DOI: 10.1016/j.envres.2020.109911
- Zoran, M.A., Savastru, R.S., Savastru, D.M., Tautan, M.N., (2020), *Assessing The Relationship Between Ground Levels of Ozone (O3) and Nitrogen Dioxide (NO2) with Coronavirus (Covid-19) in Milan, Italy*, Science of The Total Environment, 740, 1-5. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140005

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Koç Y., Özbay B., Impact of Covid-19 lock-down period on variations of air pollutants around an industrialized city of Turkey, Izmit, *Environmental Forensics*, 2021, DOI: 10.1080/15275922.2021.1892882



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli’de tamamladı. 2015 yılında girdiği Kocaeli Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden 2019 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2021 yılından beri Proje Mühendisi olarak özel sektörde görev yapmaktadır.

