

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



KASTAMONU ŞEHİR MERKEZİNİN HAVA KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

MEFTUN ALAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. AYDIN TÜRKYILMAZ

MAYIS - 2022

KASTAMONU

TEZ ONAYI

Meftun ALAY tarafından hazırlanan “**Kastamonu Şehir Merkezinin Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **23.05.2022** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Aydın TÜRKYILMAZ	
	Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Savaş CANBULAT	
	Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ	
	Hacettepe Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü	Prof. Dr. İzzet ŞENER	
----------------	-----------------------	-------

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

MEFTUN ALAY

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KASTAMONU ŞEHİR MERKEZİNİN HAVA KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

MEFTUN ALAY

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR AYDIN TÜRKYILMAZ

Bu çalışmada Kastamonu şehir merkezine ait Temmuz 2018 – Haziran 2021 dönemine ait PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, NO, NO₂, NO_x, O₃ ve CO verileri yaz ve kış dönemindeki saatlik ile aylık değişimler analiz edilmiştir. Ayrıca şehir merkezindeki bağımsız bölüm, doğalgaz abone sayıları, doğalgaz tüketim miktarları, katı yakıt miktarları ve motorlu araç sayılarındaki değişim ile kirletici parametreler arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Meteorolojik parametreler olan sıcaklık ve yağış miktarları ile rüzgâr yönlerinin kirletici parametrelere etkilerine yansımalarına bağlı olarak hava kirliliğine olan etkileri incelenmiştir. Yapılan değerlendirmelerde 2018 yılında PM₁₀ değerlerinin aylık sınır değer olan 60 µg/m³'ü Temmuz – Aralık döneminde 15, 2019 yılında 152, 2020 yılında 81 ve 2021 yılında ise 13 defa sınır değer olan 50 µg/m³'ü aştığı görülmüştür. Diğer parametreler olan kükürt dioksit, azot dioksit ve karbon monoksitin sınır değerleri aşmadığı görülmüştür. 2018 yılı PM₁₀ yıllık ortalama değeri 57 µg/m³ gerçekleşmiş ve yönetmelik sınır değeri olan 44 µg/m³'ü yaklaşık olarak %30 oranında, 2019 yılı yıllık ortalama değeri 56 µg/m³ olup yönetmelik sınır değeri olan 40 µg/m³'ü yaklaşık olarak % 40 oranında, 2020 yılı yıllık ortalama değeri ise 41 µg/m³ olup yönetmelik sınır değeri olan 40 µg/m³'ü yaklaşık olarak %2,5 oranında aştığı ve 2021 yılında ise yıllık ortalama değeri ise 30 µg/m³ olup yönetmelik sınır değeri olan 40 µg/m³'ü aşmamıştır. Yıllık ortalama azot oksitler (NO_x) 2018 yılında yıllık ortalaması 50 µg/m³, 2019 yılında yıllık ortalaması 56 µg/m³, 2020 yılında 50 µg/m³ ve 2021 yılında ise 39 µg/m³ olarak gerçekleşmiş ve Hava Kalitesinin Korunması ve Yönetmeliği gereği yıllık sınır değer 30 µg/m³ olması gerekmekte iken 2018 yılında %66, 2019 yılında ise %86 2020 yılında %66 ve 2021 yılında ise %30 oranında aştığı görülmüştür. Günlük en düşük karbon monoksit değeri 2018 yılı Ağustos ayında 181,89 µg/m³, 2019 yılı Haziran ayında 146,24 µg/m³, 2020 yılı Mayıs ayında 91,78 µg/m³ ve 2021 yılında ise Ocak ayında 23,53 µg/m³, en yüksek değer ise 2018 Kasım ayında 3015,74 µg/m³, 2019 yılı Kasım ayında 1910,32 µg/m³, 2020 yılı Aralık ayında 1688,13 µg/m³ ve 2021 yılı Mart ayında 2795,29 µg/m³ olarak gerçekleşmiş olup, yönetmelik sınır değerlerini aşmamıştır. Yaz ve kış verilerine göre yapılan değerlendirme sonucunda ısınmanın kirletici parametrelere olan etkisi değerlendirildiğinde 2018 yılında PM₁₀ %14, SO₂ % 0, NO %56, NO₂ %32, NO_x %46, CO %56, 2019 yılında PM₁₀ %24, SO₂ %33, NO %54, NO₂ %31, NO_x %42, CO %53, 2020 yılında PM₁₀ % 3, SO₂ %68, NO₂ %36, NO_x %50 ve CO %43 ve 2021 yılında ise PM₁₀ %0, SO₂ %26, NO₂ %35, NO_x %41 ve CO değerlerine %46 olduğu ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık değerlerinin O₃ hariç diğer kirletici parametrelerin konsantrasyonlarında azalma yönünde değişime katkısı olsa da, bazen tersi yönde yükselişlerinde görüldüğü, ancak O₃ değerleri üzerinde daha çok etkisi görülmüştür. Yağışların ise tüm parametreler üzerinde azalması yönünde etkisi olsa da gün içerisindeki bazı saatlerde bu etkiler gözlenememiş veya farklı yönde etkilerin olduğu görülmüştür.

Genellikle rüzgârın N (Kuzey-Yıldız) ve NNE (Yıldız-Poyraz) yönünde, akşam saatlerine doğru NNW (Yıldız - Karayel) sonrasında yön değiştirerek S (Güney-Kible) ve SSW (Kible - Lodos) olarak gece boyunca aynı yönde estiği görülmektedir. Rüzgarın kuzey yönlerinden estiği sabah saatlerinde PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 değerlerinin güney yönlerinden estiği zamanlardaki değerlerden daha yüksek olduğu, fakat NO, NO_2 , NO_x ve CO değerlerinde ise tersi yönde olup güney rüzgarlarında daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Rüzgar hızının düşük olduğunda ise PM_{10} ve SO_2 değerlerinin de bir miktar düşük olduğu, NO, NO_2 , NO_x ve CO değerlerinin ise rüzgar hızının düşük havanın durgun olduğunda daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELE: Hava Kirliliği, Hava Kalitesi, Kastamonu, Konsantrasyon, Limit Değer, Kirleticiler

Mayıs 2022, 220 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

EVALUATION OF THE AIR QUALITY OF KASTAMONU CITY CENTER MEFTUN ALAY

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPAERTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

SUPERVISOR: DOÇ. DR AYDIN TÜRKYILMAZ

In this study, hourly and monthly changes in the summer and winter periods of PM10, PM2,5, SO2, NO, NO2, NOx, O3 and CO data belonging to Kastamonu city center for the period of July 2018 - June 2021 were analyzed. In addition, the independent section in the city center, the number of natural gas subscribers, natural gas consumption amounts, solid fuel quantities and the relationship between the changes in the number of motor vehicles and pollutant parameters were evaluated. The effects of meteorological parameters on air pollution depending on the reflections of temperature and precipitation amounts and wind directions on pollutant parameters were investigated. In the evaluations made, it was observed that the monthly limit value of 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of PM10 in 2018 exceeded the limit value of 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 15 times in July – December period, 152 times in 2019, 81 times in 2020 and 13 times in 2021. It was observed that the other parameters, sulfur dioxide, nitrogen dioxide and carbon monoxide, did not exceed the limit values. The annual average value of PM10 in 2018 was 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and the regulation limit value of 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ was approximately 30%, the annual average value of 2019 was 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and the regulation limit value of 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ was approximately 40%, the annual average value in 2020 is 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, exceeding the regulation limit value of 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ by approximately 2.5%, and in 2021 its annual average value is 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, which is the limit value of the regulation, It did not exceed 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Annual average nitrogen oxides (NOx) were 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2018, 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2019, 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2020 and 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2021. While the value should be 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, it was seen to exceed 66% in 2018, 86% in 2019, 66% in 2020 and 30% in 2021. The lowest daily carbon monoxide value is 181.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in August 2018, 146.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in June 2019, 91.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in May 2020 and 23.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in January 2021. , the highest value was 3015.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in November 2018, 1910.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in November 2019, 1688.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in December 2020 and 2795.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in March 2021. did not exceed the regulation limit values. As a result of the evaluation made according to summer and winter data, when the effect of heating on polluting parameters is evaluated, PM10 14%, SO2 0%, NO 56%, NO2 32%, NOx 46%, CO 56% in 2018, PM10 24%, SO2 33% in 2019, NO 54%, NO2 31%, NOx 42%, CO 53%, in 2020 PM10 33%, SO2 68%, NO2 36%, NOx 50% and CO 43% and in 2021 PM10 0%, SO2 26%, NO2 It turns out to be 35%, NOx 41% and CO values 46%. Although the temperature values contributed to the decrease in the concentrations of other pollutant parameters except O3, it was sometimes seen to increase in the opposite direction, but it had a greater effect on the O3 values. Although precipitation has a decreasing effect on all parameters, these effects were not observed at some hours during the day or it was observed that there were effects in different directions. Generally, it is seen that the wind changes direction towards N (North-Star) and NNE (Yıldız-Poyraz) towards evening hours after NNW (Star - Karayel) and blows in the same

direction as S (South-Qibla) and SSW (Qibla - Lodos) throughout the night. It was observed that PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂ values were higher in the morning hours when the wind was blowing from the north directions than when the wind was blowing from the south directions, but the NO, NO₂, NO_x and CO values were in the opposite direction and were higher in the south winds. When the wind speed is low, PM₁₀ and SO₂ values are also slightly lower, while the NO, NO₂, NO_x and CO values are higher when the wind speed is low and the air is stagnant.

KEYWORDS:Air Pollution, Air Quality, Kastamonu, Concentration, Limit Value, Pollutants

May 2022, 220 Page

TEŞEKKÜR

En başından beri beni yüreklendiren, yüksek lisans programına başlamam konusunda teşvik eden, tez konumun belirlenmesinden son aşamasına kadar deneyimleri ve bilgi birikimi ile bana yol gösteren, çalışmalarımda beni motive eden ve birlikte çalışma fırsatı bulmaktan onur ve mutluluk duyduğum tez çalışmam boyunca danışmanlığımı yapan ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Aydın TÜRKİYİLMAZ' a,

önemli yorum ve değerlendirmeleri ile katkıda bulunan jüri üyelerim Sayın Prof. Dr. Savaş CANBULAT ve Sayın Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ' ye,

Bu tez çalışmamın yürütülmesi sürecinin her aşamasında tecrübe ve bilgi birikimleriyle büyük katkı sağlayan, tüm içtenlikleriyle her daim desteklerini hissettiren ve yardımlarını esirgemeyen tekraren Kastamonu Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı saygıdeğer hocam Prof. Dr. Savaş CANBULAT'a,

Yüksek lisans sürecimde bilgi birikimleriyle desteklerini esirgemeyen Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. S. Sıddık CİNDORUK ve Kastamonu Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Arş. Gör. Dr. Kaan İŞİNKARALAR'a,

Yoğun iş temposu ile birlikte sürdürmeye çalıştığım akademik çalışmalarına saha çalışmaları ve veri temininde ilgisi ve desteği ile yardımını esirgemeyen Kastamonu Çevre ve Şehircilik İl Müdürü Oktay MARŞAP ve İl Müdürlüğü çalışanlarına, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen meslektaşlarıma,

Son olarak en büyük katkıyı ilgisi, sevgisi ve desteği ile imkansızlıkları imkanı hale getiren, hayatımı kolaylaştıran ve tüm eğitim sürecim boyunca her türlü maddi ve manevi her anlamda desteğini benden esirgemeyen, bu aşamaya gelmemde en büyük pay sahibi olan, sevgi ve güç kaynağım olan annem, babam, eşim ve çocuklarım ile bir ferdi olmaktan mutluluk ve gurur duyduğum ALAY ailesine tarifsiz minnet, sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

MEFTUN ALAY

Kastamonu, 2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLOLAR DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	9
2.1 Hava Kirliliği ve Etkileri	9
2.2 Hava Kirleticileri	15
2.2.1 Birincil Kirleticiler.....	17
2.2.1.1 Partikül madde (PM_{10} ve $PM_{2,5}$).....	17
2.2.1.2 Kükürt dioksit (SO_2).....	24
2.2.1.3 Azot oksitler (NO , NO_2 ve NO_x)	28
2.2.1.4 Karbon monoksit (CO).....	32
2.2.1.5 Hidrokarbonlar (HC).....	36
2.2.2 İkincil Kirleticiler	38
2.2.1.2 Ozon (O_3)	39
2.2.3 Diğer Kirleticiler	42
2.3 Hava Kirliliği Kaynakları	42
2.3.1 Alansal Kaynaklar.....	43
2.3.2 Çizgisel Kaynaklar.....	44
2.3.3 Noktasal Kaynaklar.....	45
2.4 Hava Kalitesi Ölçüm Yöntemleri	45
2.4.1 Pasif Örnekleyiciler	47
2.4.2 Aktif Örnekleyiciler	49
2.4.3 Otomatik Analizörler	50
2.4.4 Uzaktan Algılayıcılar	50
2.5 Meteorolojik Özellikler ve Hava Kalitesine Etkileri.....	51
2.5.1 Dikey Hareketler	52
2.5.1.1 Alçak basınç (<i>Siklon hareketi</i>)	53
2.5.1.2 Yüksek basınç (<i>Antisiklon hareketi</i>)	54
2.5.1.3 Atmosferik durgunluk	55
2.5.2 Yatay Yöndeki Hareketler (<i>Rüzgârlar</i>)	55
2.6 Hava Kalitesi Yönetimi	56
2.6.1 Hava Kalitesinin İzlenmesi	56
2.6.2 Hava Kalitesi Mevzuatları	57
2.6.3 Hava Kalitesi İndeksi	60
2.7 Kastamonu Şehrinin Genel Özellikleri.....	62
2.7.1 Coğrafik, Topoğrafik ve Kentsel Özellikler	62
2.7.2 Genel Meteorolojik Özellikler	64

3. LİTERATÜR ÖZETİ.....	68
4. YÖNTEM.....	74
4.1 Hava Kalitesi Verileri.....	74
4.1.1 Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu	74
4.2 Veri Analizi	76
4.2.1 Hava Kalitesi Ölçüm Verileri	77
4.2.1.1 Partikül madde (PM_{10} ve $PM_{2,5}$).....	77
4.2.1.2 Kükürt dioksit (SO_2).....	90
4.2.1.3 Azot oksitler (NO , NO_2 ve NO_x) ve Ozon (O_3).....	98
4.2.1.4 Karbon monoksit (CO).....	111
4.2.2 Motorlu Kara Taşıtı Verileri	118
4.2.3 Konut Sayıları ve Yakıt Kullanımı Verileri.....	120
4.2.4 Meteorolojik Veriler (<i>Sıcaklık, Yağış ve Rüzgâr</i>).....	125
4.2.4.1 Sıcaklık.....	125
4.2.4.2 Yağış	131
4.2.4.3 Rüzgâr	138
5. BULGULAR	153
5.1 Trafikteki Taşıt Verilerinin Hava Kalitesine Etkileri.....	153
5.2 Konut ve Yakıt Kullanımı Verilerinin Hava Kalitesine Etkileri	156
5.3 Meteorolojik Verilerin Hava Kalitesine Etkileri (<i>Sıcaklık, Yağış ve Rüzgâr</i>)	162
5.4 Sanayi Tesislerinin Hava Kalitesine Etkisi	182
6. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	194
7. ÖNERİLER.....	202
KAYNAKLAR	204
EK A. PM_{10} Yönetmelik Sınır Değerleri Aşan Gün Sayısı	218
EK B. Yıllar İtibariyle Günlük Ortalama En Düşük ve En Yüksek PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , NO , NO_2 , NO_x , O_3 ve CO Değerleri	219
ÖZGEÇMİŞ.....	220

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Türkiye'nin tahmini kırsal ve kentsel nüfus projeksiyonu	3
Şekil 1.2 Yıllar itibari kentsel nüfus oranları	4
Şekil 1.3 Yıllar itibari kentsel nüfus oranları	5
Şekil 2.4 Hava Kirliliği Piramidi	12
Şekil 2.5 Partikül Madde Boyutlarının İnsan Saç Teli ile Karşılaştırılması	18
Şekil 2.6 Partikül Madde Boyutlarının Şematik Olarak Karşılaştırılması	18
Şekil 2.7 PM ₁₀ Emisyonlarının Yıllara Göre Değişimi.....	22
Şekil 2.8 1952 Yılında Londra Yaşanan Hava Kirliliğinin Etkileri.....	28
Şekil 2.9 Dünya'daki Karbon Monoksit Kaynaklarının Oranları (1990)	34
Şekil 2.10 Avrupa'daki Karbon Monoksit Kaynaklarının Oranları (1994)	34
Şekil 2.11 Troposferdeki (Yer Seviyesindeki) Ozonun Oluşumu	39
Şekil 2.12 Tüp Tarzı Örnekleyici.....	48
Şekil 2.13 Rozet (Disk) Tarzı Örnekleyici.....	48
Şekil 2.14 Radyal Tarzı Örnekleyici.....	48
Şekil 2.15 Geçirgen (Tüp tarzı) Örnekleyici.....	49
Şekil 2.16 Absorblama çözeltisi içinde SO ₂ örneklemi için kullanılan ekipman	49
Şekil 2.17 NO ₂ veya NO tayini için taşınabilir örneklem ünitesi.....	50
Şekil 2.18 Kuzey yarım küredeki yakınsayan rüzgârların spiralleri	53
Şekil 2.19 Kuzey yarım küredeki yakınsayan rüzgârların spiralleri	54
Şekil 2.20 Kastamonu (Merkez) Hâkim Rüzgâr Yönü	66
Şekil 2.21 Kastamonu (Merkez) Mevsimsel Hâkim Rüzgâr Yönü.....	66
Şekil 4.22 Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu ve Yeri (Eski).....	75
Şekil 4.23 Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu ve Yeri (Yeni)	76
Şekil 4.24 Veri İletişimi	76
Şekil 4.25 2018 Yılı Aylık PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri	78
Şekil 4.26 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri.....	78
Şekil 4.27 2019 Yılı Aylık PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri	80
Şekil 4.28 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri.....	80
Şekil 4.29 2020 Yılı Aylık PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri	82
Şekil 4.30 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri.....	82
Şekil 4.31 2021 Yılı Aylık PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri	84
Şekil 4.32 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri.....	85
Şekil 4.33 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri.....	86
Şekil 4.34 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık PM _{2,5} Değişimleri	87
Şekil 4.35 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz-Kış Saatlik PM ₁₀ Değişimleri.....	88
Şekil 4.36 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz-Kış Saatlik PM _{2,5} Değişimleri.....	90
Şekil 4.37 2018 Yılı Aylık SO ₂ Değişimi	91
Şekil 4.38 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO ₂ Değişimi	91
Şekil 4.39 2019 Yılı Aylık SO ₂ Değişimi	92
Şekil 4.40 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO ₂ Değişimi	93
Şekil 4.41 2020 Yılı Aylık SO ₂ Değişimi	94
Şekil 4.42 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO ₂ Değişimi	94
Şekil 4.43 2021 Yılı Aylık SO ₂ Değişimi	95

Şekil 4.44 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO ₂ Değişimi	96
Şekil 4.45 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık SO ₂ Değişimi.....	97
Şekil 4.46 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik SO ₂ Değişimi.....	98
Şekil 4.47 2018 Yılı Aylık NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri.....	99
Şekil 4.48 2018 Yılı Yaz-Kış Saatlik NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri	99
Şekil 4.49 2019 Yılı Aylık NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri.....	101
Şekil 4.50 . 2019 Yılı Yaz-Kış Saatlik NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri	102
Şekil 4.51 2020 Yılı Aylık NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri	103
Şekil 4.52 2020 Yılı Yaz-Kış Saatlik NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri	104
Şekil 4.53 2021 Yılı Aylık NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri	105
Şekil 4.54 2021 Yılı Yaz-Kış Saatlik NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri	106
Şekil 4.55 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri	107
Şekil 4.56 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik NO, NO ₂ ve NO _x	109
Şekil 4.57 2018 Yılı Aylık CO Değişimleri	111
Şekil 4.58 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değişimleri	111
Şekil 4.59 2019 Yılı Aylık CO Değişimleri	112
Şekil 4.60 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değişimleri	113
Şekil 4.61 2020 Yılı Aylık CO Değişimleri	114
Şekil 4.62 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değişimleri	114
Şekil 4.63 2021 Yılı Aylık CO Değişimleri	115
Şekil 4.64 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değişimleri	116
Şekil 4.65 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık CO Değişimleri.....	117
Şekil 4.66 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz - Kış Saatlik CO Değişimleri.....	118
Şekil 4.67 2018-2019-2020-2021 Yılları Motorlu Kara Taşıt Sayıları Değişimi	119
Şekil 4.68 2018-2019-2020-2021 Yılları Yapı Ruhsatı Sayıları Değişimi	120
Şekil 4.69 2018-2019-2020-2021 Yılları Yapı Kullanma İzin Belgesi Sayıları Değişimi.....	121
Şekil 4.70 2018-2019-2020-2021 Yılları Bağımsız Bölüm Sayıları Değişimi.....	122
Şekil 4.71 2018-2019-2020-2021 Yılları Doğalgaz Abone Sayıları Değişimi	123
Şekil 4.72 2018-2019-2020-2021 Yılları Toplam Doğalgaz Abone Sayıları Değişimi	124
Şekil 4.73 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Toplam Doğalgaz Tüketim Miktarları Değişimi.....	124
Şekil 4.74 2018 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri Değişimi	126
Şekil 4.75 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri Değişimi	126
Şekil 4.76 2019 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri Değişimi	127
Şekil 4.77 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri Değişimi	127
Şekil 4.78 2020 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri Değişimi	128
Şekil 4.79 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri Değişimi	128
Şekil 4.80 2021 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri Değişimi	129
Şekil 4.81 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri Değişimi	129
Şekil 4.82 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Sıcaklık Değerleri Değişimi	130
Şekil 4.83 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri Değişimi	131
Şekil 4.84 2018 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları Değişimi	132
Şekil 4.85 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları Değişimi	132
Şekil 4.86 2019 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları Değişimi	133
Şekil 4.87 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları Değişimi	134

Şekil 4.88 2020 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları Değişimi	134
Şekil 4.89 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları Değişimi	135
Şekil 4.90 2021 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları Değişimi	136
Şekil 4.91 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları Değişimi	136
Şekil 4.92 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Toplam Yağış Miktarları Değişimi	137
Şekil 4.93 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları Değişimi	138
Şekil 4.94 2018 Yılı Aylık Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	139
Şekil 4.95 2018 Yılı Kış Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	140
Şekil 4.96 2018 Yılı Yaz Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	141
Şekil 4.97 2019 Yılı Aylık Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	142
Şekil 4.98 2019 Yılı Kış Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	143
Şekil 4.99 2019 Yılı Yaz Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	145
Şekil 4.100 2020 Yılı Aylık Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	146
Şekil 4.101 2020 Yılı Kış Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	147
Şekil 4.102 2020 Yılı Yaz Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	148
Şekil 4.103 2021 Yılı Aylık Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	149
Şekil 4.104 2021 Yılı Kış Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	150
Şekil 4.105 2021 Yılı Yaz Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri.....	151
Şekil 5.106 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları İle PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri.....	153
Şekil 5.107 2018 Yılı Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri.....	154
Şekil 5.108 2019 Yılı Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri.....	154
Şekil 5.109 2020 Yılı Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri.....	154
Şekil 5.110 2021 Yılı Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri.....	155
Şekil 5.111 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile CO Değişimleri	155
Şekil 5.112 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Bağımsız Bölüm, Doğalgaz Abone Sayıları ve Doğalgaz Tüketim Miktarları ile PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri	156
Şekil 5.113 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Doğalgaz Tüketim Miktarları İle SO ₂ Değişimleri.....	157
Şekil 5.114 2018-2019-2020-2021 Yılları Isınmanın PM ₁₀ ve SO ₂ Değerlerine Etkisi	158
Şekil 5.115 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Doğalgaz Tüketim Miktarları ile NO, NO ₂ ve NO _x Değişimleri.....	158
Şekil 5.116 2019 Yılı Isınmanın NO, NO ₂ ve NO _x Değerlerine Etkisi	159
Şekil 5.117 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Doğalgaz Tüketim Miktarları ile CO Değişimleri	160
Şekil 5.118 2018-2019-2020-2021 Yılları Isınmanın CO Değerlerine Etkisi	160
Şekil 5.119 2018-2019-202-2021 Yılları Dağıtımı Yapılan Yerli Kömür Miktarları ile PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değerleri Değişimleri	161
Şekil 5.120 2018-2019-2020-2021 Yılları Dağıtımı Yapılan Yerli Kömür Miktarları ile SO ₂ ve CO Değerlerine Değişimleri	161

Şekil 5.121	2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değişimleri	162
Şekil 5.122	2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile SO ₂ ve CO Değişimleri	164
Şekil 5.123	2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri.....	166
Şekil 5.124	2018-2019-2020-2021 Yılları Kış Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile PM ₁₀ , PM _{2,5} ve SO ₂ Değişimleri.....	168
Şekil 5.125	2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile PM ₁₀ , PM _{2,5} ve SO ₂ Değişimleri.....	170
Şekil 5.126	2018-2019-2020-2021 Yılları Kış Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri.....	174
Şekil 5.127	2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değişimleri.....	176
Şekil 5.128	2018-2019-2020-2021 Yılları Kış Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile CO Değişimi	178
Şekil 5.129	2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile CO Değişimi	180
Şekil 5.130	Tesisin Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri.....	182
Şekil 5.131	Tesisin Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri	183
Şekil 5.132	Tesisin 1 Temmuz–15 Ağustos 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri.....	184
Şekil 5.133	Tesisin 1 Temmuz–15 Ağustos 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri	185
Şekil 5.134	Tesisin 10 Mayıs–10 Haziran 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri.....	186
Şekil 5.135	Tesisin 10 Mayıs–10 Haziran 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri	187
Şekil 5.136	Tesisin 03 Ağustos–22 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri	188
Şekil 5.137	Tesisin 03 Ağustos–22 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri	189
Şekil 5.138	Tesisin 17 Haziran–08 Ağustos 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri.....	190
Şekil 5.139	Tesisin 17 Haziran–08 Ağustos 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri	191
Şekil 5.140	Tesisin 24 Kasım – 19 Aralık 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri.....	192
Şekil 5.141	Tesisin 24 Kasım – 19 Aralık 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri	193

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Temiz Havanın İçeriği.	9
Tablo 2.2 DSÖ Küresel Hava Kalitesi Kılavuzuna göre hava kirleticileri	16
Tablo 2.3 Kaba, ince ve ultra ince partiküllerin özellikleri.....	19
Tablo 2.4 Azot Oksitler (NO _x).	29
Tablo 2.5 Hava Kalitesi Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması.	51
Tablo 2.6 İnsan Sağlığı ve Ekosistemin Korunması İçin Hava Kalitesi Sınır Değerler.....	58
Tablo 2.7 Hava Kalitesi İndeks (HKİ) kategorileri ve sağlığa etkileri.	61
Tablo 2.8 2015-2019 Yıllar Arası Aylara Göre Ortalama Sıcaklık.	65
Tablo 2.9 2015-2019 Yıllar Arası Aylara Göre Ortalama Güneşlenme Süresi.	65
Tablo 2.10 2015-2019 Yıllar Arası Aylara Göre Yağış Ortalama Miktarı.	65
Tablo 2.11 2015-2019 Yıllar Arası Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Hızı.....	67
Tablo 2.12 Kastamonu Şehri'nin Ortalama Rüzgâr Esme Sayılarının Mevsimlere Göre Dağılımı (1975-2005).	67
Tablo 4.13 2018 Yılı Aylık PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değerleri (µg/m ³).....	77
Tablo 4.14 2018 Yılı Yaz - Kış Saatlik PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değerleri (µg/m ³).	78
Tablo 4.15 2019 Yılı Aylık PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değerleri (µg/m ³).....	79
Tablo 4.16 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değerleri (µg/m ³).....	80
Tablo 4.17 2020 Yılı Aylık PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değerleri (µg/m ³).....	81
Tablo 4.18 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değerleri (µg/m ³).....	82
Tablo 4.19 2021 Yılı Aylık PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değerleri (µg/m ³).....	84
Tablo 4.20 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM ₁₀ ve PM _{2,5} Değerleri (µg/m ³).....	84
Tablo 4.21 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık PM ₁₀ Değerleri (µg/m ³).	86
Tablo 4.22 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık PM _{2,5} Değerleri (µg/m ³).	86
Tablo 4.23 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik PM ₁₀ Değerleri.	88
Tablo 4.24 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik PM _{2,5} Değerleri.	89
Tablo 4.25 2018 Yılı Aylık SO ₂ Değerleri (µg/m ³).	90
Tablo 4.26 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO ₂ Değerleri (µg/m ³).	91
Tablo 4.27 2019 Yılı Aylık SO ₂ Değerleri (µg/m ³)	92
Tablo 4.28 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO ₂ Değerleri (µg/m ³).	92
Tablo 4.29 2020 Yılı Aylık SO ₂ Değerleri (µg/m ³).	94
Tablo 4.30 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO ₂ Değerleri (µg/m ³).	94
Tablo 4.31 2020 Yılı Aylık SO ₂ Değerleri (µg/m ³).	95
Tablo 4.32 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO ₂ Değerleri (µg/m ³).	96
Tablo 4.33 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık SO ₂ Değerleri (µg/m ³).	97
Tablo 4.34 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz–Kış Saatlik SO ₂ Değerleri(µg/m ³). ...	97
Tablo 4.35 2018 Yılı Aylık NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değerleri (µg/m ³).	98
Tablo 4.36 2018 Yılı Yaz–Kış Saatlik NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değerleri (µg/m ³).	99
Tablo 4.37 2019 Yılı Aylık NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değerleri (µg/m ³).	100
Tablo 4.38 2019 Yılı Yaz–Kış Saatlik NO, NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değerleri (µg/m ³).	101
Tablo 4.39 2020 Yılı Aylık NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değerleri (µg/m ³).	103
Tablo 4.40 2020 Yılı Yaz–Kış Saatlik NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değerleri (µg/m ³).	103
Tablo 4.41 2021 Yılı Aylık NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değerleri (µg/m ³).	105

Tablo 4.42 2021 Yılı Yaz-Kış Saatlik NO ₂ , NO _x ve O ₃ Değerleri (µg/m ³).....	105
Tablo 4.43 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık NO, NO ₂ ve NO _x Değerleri (µg/m ³).	107
Tablo 4.44 2018-2019-202-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik NO, NO ₂ ve NO _x Değerleri (µg/m ³).	108
Tablo 4.45 2018 Yılı Aylık CO Değerleri (µg/m ³).	110
Tablo 4.46 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değerleri (µg/m ³).	111
Tablo 4.47 2019 Yılı Aylık CO Değerleri (µg/m ³).	112
Tablo 4.48 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değerleri (µg/m ³).	112
Tablo 4.49 2020 Yılı Aylık CO Değerleri (µg/m ³).	113
Tablo 4.50 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değerleri (µg/m ³).	114
Tablo 4.51 2021 Yılı Aylık CO Değerleri (µg/m ³).	115
Tablo 4.52 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değerleri (µg/m ³).	115
Tablo 4.53 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık CO Değerleri (µg/m ³).	116
Tablo 4.54 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik CO Değerleri.	117
Tablo 4.55 2018-2019 Yılları Motorlu Kara Taşıt Sayıları.	119
Tablo 4.56 2018-2019-2020-2021 Yılları Yapı Ruhsatı Sayıları.....	120
Tablo 4.57 2018-2019-2020-2021 Yılları Yapı Kullanma İzin Belgesi Sayıları.....	121
Tablo 4.58 2018-2019-2020-2021 Yılları Bağımsız Bölüm Sayıları.	121
Tablo 4.59 2018-2019-2020-2021 Yılları Doğalgaz Abone Sayıları.....	123
Tablo 4.60 2018-2019-2020-2021 Yılları Toplam Doğalgaz Abone Sayıları.	123
Tablo 4.61 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Toplam Doğalgaz Tüketim Miktarları.	124
Tablo 4.62 2018 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri (°C).	125
Tablo 4.63 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri (°C).	126
Tablo 4.64 2019 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri (°C).	126
Tablo 4.65 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri (°C).	127
Tablo 4.66 2020 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri (°C).	128
Tablo 4.67 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri (°C).	128
Tablo 4.68 2021 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri (°C).	129
Tablo 4.69 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri (°C).	129
Tablo 4.70 2018-2019-202-2021 Yılları Aylık Sıcaklık Değerleri (°C).....	130
Tablo 4.71 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri (°C).....	130
Tablo 4.72 2018 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm-kg/m ²).	132
Tablo 4.73 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları (mm-kg/m ²).	132
Tablo 4.74 2019 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm-kg/m ²).	133
Tablo 4.75 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları (mm-kg/m ²).	133
Tablo 4.76 2020 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm-kg/m ²).	134
Tablo 4.77 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları (mm-kg/m ²).	135
Tablo 4.78 2021 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm-kg/m ²).	135
Tablo 4.79 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları (mm-kg/m ²).	136
Tablo 4.80 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Toplam Yağış Miktarları.....	137
Tablo 4.81 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları.	137
Tablo 4.82 2018 Yılı Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn).....	138
Tablo 4.83 2018 Yılı Rüzgâr Esme Sayılarının Aylara Göre Dağılımı.	139
Tablo 4.84 2018 Yılı Kış Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı.	139
Tablo 4.85 2018 Yılı Yaz Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre	

Dağılımı.	140
Tablo 4.86 2019 Yılı Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn).....	141
Tablo 4.87 2019 Yılı Rüzgâr Esme Sayılarının Aylara Göre Dağılımı.	142
Tablo 4.88 2019 Yılı Kış Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı.	143
Tablo 4.89 2019 Yılı Yaz Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı.	144
Tablo 4.90 2020 Yılı Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn).....	145
Tablo 4.91 2020 Yılı Rüzgâr Esme Sayılarının Aylara Göre Dağılımı.	145
Tablo 4.92 2020 Yılı Kış Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı.	146
Tablo 4.93 2020 Yılı Yaz Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı.	147
Tablo 4.94 2021 Yılı Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn).....	148
Tablo 4.95 2021 Yılı Rüzgâr Esme Sayılarının Aylara Göre Dağılımı.	149
Tablo 4.96 2021 Yılı Kış Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı.	149
Tablo 4.97 2021 Yılı Yaz Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı.	151
Tablo 5.98 Şehrin Kuzey Yönündeki Tesisin Çalışmadığı Gün Aralıkları.	182
Tablo 5.99 Tesisin 01-16 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri.	183
Tablo 5.100 Tesisin 17-31 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri.	183
Tablo 5.101 Tesisin 01 Temmuz – 31 Temmuz 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hakim Rüzgâr Yönleri.	184
Tablo 5.102 Tesisin 01 Ağustos – 15 Ağustos 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hakim Rüzgâr Yönleri.	185
Tablo 5.103 Tesisin 10 Mayıs – 25 Haziran 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hakim Rüzgâr Yönleri.	186
Tablo 5.104 Tesisin 26 Mayıs – 10 Haziran 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hakim Rüzgâr Yönleri.	186
Tablo 5.104 Şehrin Güney Yönündeki Tesisin Çalışmadığı Gün Aralıkları.	187
Tablo 5.105 Tesisin 01 Ağustos – 16 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hakim Rüzgâr Yönleri.	188
Tablo 5.106 Tesisin 17 Ağustos – 31 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hakim Rüzgâr Yönleri.	188
Tablo 5.107 Tesisin 17 Haziran – 08 Ağustos 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri.	190
Tablo 5.108 Tesisin 24 Kasım – 19 Aralık 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri.	192

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: mikrogram/metreküp

Kısaltmalar

AB/EU	: Avrupa Birliği- European Union
ABD/USA	: Amerika Birleşik Devletleri- United States of America
AÇA/EEA	: Avrupa Çevre Ajansı- European Environmental Agency
ALA	: Amerikan Akciğer Derneği- American Lung Association
CO	: Karbon monoksit
ÇEP	: Çevre Eylem Planı
DB/WB	: Dünya Bankası-The World Bank
DSÖ/WHO	: Dünya Sağlık Örgütü- World Health Organization
EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı-United States Environmental Protection Agency
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü- The Food and Agriculture Organization
HKDYY	: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
IHME	: Washington Üniversitesi Tıp Fakültesi Sağlık Ölçümleri ve Değerlendirme Enstitüsü- Washington University School of Medicine, Institute of Health Measurement and Evaluation
KOAH	: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
NO₂	: Azot dioksit
NO	: Azot monoksit
NO_x	: Azot oksit
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü-Organisation for Economic Co-operation and Development
PM₁₀	: EN 12341 ile tanımlanan 10 μm aerodinamik çaplı geçirgen bir girişten %50 verimle geçen partiküler madde
PM_{2,5}	: EN 12341 ile tanımlanan 2.5 μm aerodinamik çaplı geçirgen bir girişten %50 verimle geçen partiküler madde PSI Kirlilik Standartları Endeksi
SO₂	: Kükürt dioksit
THM	: Temiz Hava Merkezi
TSP	: Toplam Asılı Partiküller
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
O₃	: Ozon
UÇES	: AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı- United Nations Environment Programme

1. GİRİŞ

Dünyamızı çevreleyen atmosfer, hava, su ve toprakla ilişkili, canlıların hayatlarını sürdürmesini sağlamak ve destek olmak için gerekli devamlı değişen stabil olmayan kendiliğinden oluşan doğal bir sistemdir (Han, 2012). Bir insan nefes almadan ancak 4 dakikaya kadar yaşamını sürdürebildiğinden bahisle, insan ve canlıların yaşamını sürdürebilmesi için hava olmazsa olmazlardandır (Onal vd. 2017).

Atmosferi oluşturan, insanların yaşam kaynağı olan temiz havanın içeriğinde yaklaşık %78 Azot, %21 Oksijen, %0,9 Argon, %0,9 Karbondioksit ve az konsantrasyonlarda da Neon, Helyum, Metan, Kripton, Hidrojen vb. gazlar ile su buharı bulunmaktadır (Onal vd. 2017).

Yukarıda içeriği verilen temiz hava ise insanların yaşam kalitesinin artması ve sağlığı için en vazgeçilmezdir (Alkan, 2018; Duman-Yüksel, 2015). Fakat temiz havanın içeriğinde bulunmayan gazlar ve diğer maddeler kirletici olarak adlandırılır (Aydın vd. 2008). Temiz hava içeriğinde bulunan gazlar ile bulunmayan kirleticilerin miktarlarının şehirlerde yaşayan nüfusun artmasıyla şehirleşmenin hız kazanması ve endüstrileşmenin olumsuz etkileri ile atmosferdeki konsantrasyonlarında sınır değerlerin üzerinde artması nedeniyle insan ve çevre sağlığı için faydalı olan hava tam aksine zararlı bir hal alarak hava kirliliğini oluşturmaktadır (Garipağaoğlu, 2006; Türk vd. 2008; Işınkaralar, 2022a).

Hava kirliliği, gelişmekte olan ülkelerde sanayileşmenin etkisi ile endüstriyel kaynakların sınır değerleri aşan uygunsuz emisyonlarının havaya salınması ile ortaya çıkmıştır (Azam vd. 2016; Isınkaralar, 2022a). Bu yüzden hava kirliliği ibaresi, Dünya da sanayi devrimi sonucu literatürde yerini almıştır (Omak vd. 2019). Hava kirliliğinin en önemli nedenleri arasında, sanayileşmenin etkisiyle endüstriyel tesislerin çoğalması, hızlı endüstrileşmenin etkisiyle şehirlerdeki nüfus yoğunluğu ve buna bağlı olarak ısınma için kullanılan fosil yakıtlar, nüfus artışına paralel motorlu araç sayısı ile ilişkili olarak karayolu trafik yoğunluğunun artması, endüstriyel tesislerin artmasıyla yeşil alanların azalması, meteorolojik koşullar ve orman yangınları sayılabilmektedir (Alkan, 2018; Elbir vd. 2010; Hoek vd. 2013; Kosan,

2018; Mayer, 1999; Omak vd. 2019; Ozden vd. 2005; Isinkaralar, 2022b). Ayrıca hava kirliliğinin oluşmasında insan faaliyetleri sonucu oluşan olumsuz etkilerin yanında meteorolojik koşullarında etkisi olduğu araştırmalarda ortaya konulmaktadır (Omak vd. 2019; Türkyılmaz ve Işınkaralar, 2020).

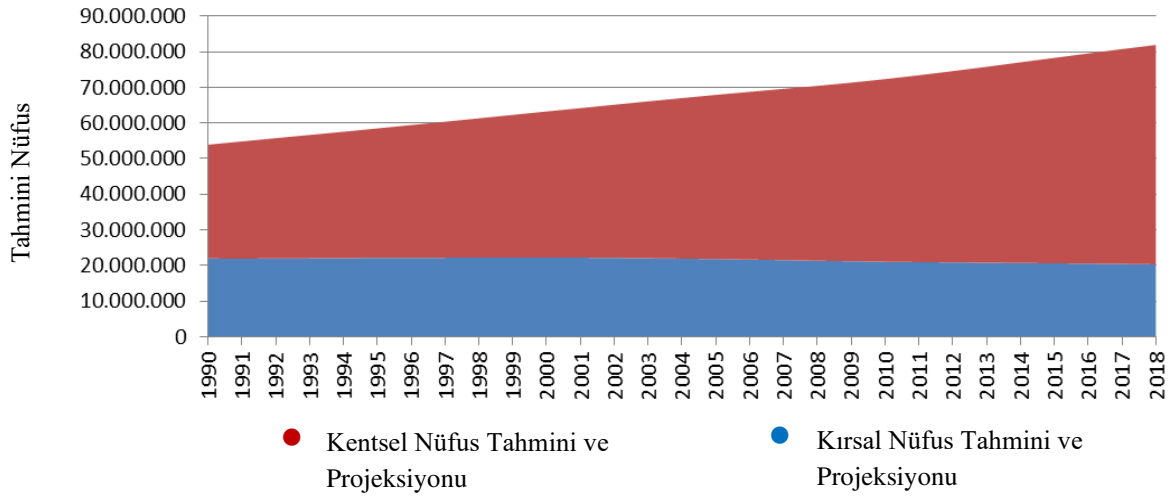
Dünyadaki özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki şehirlerde hava kalitesinin sürekli olumsuz yönde seyretmesi ile çevre politikalarına gerekli desteklerin sağlanmamasından dolayı sosyal ve ekonomik etkileri ülkelere pahalıya mal olmaktadır. Ancak bu olumsuz emisyon kaynaklarının etkileri artık yerel olmaktan çıkarak bölgesel ve küresel etkilere yol açtığı, mikro ölçekten makro ölçeğe ulaşmakta olan bu olumsuz etkilerin sonucunda ozon tabakasının incilmesi, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi küresel sorunların artmasına sebep olmaktadır (Elbir vd. 2010; Türkyılmaz, 2018; Isinkaralar, 2022c).

Yukarıdaki bilgilerden hava Kirliliğinden sadece şehirlerde yaşayanların etkilendiği, şehirlerde yaşamayanların etkilenmediği tezi aklımıza gelse de maalesef durum böyle değildir. Çünkü şehirlerden uzakta insan yoğunluğunun az olduğu bölgeler ise kentsel alanların ve diğer kirliletiçi vasfı yüksek endüstriyel tesislerin emisyonlarının taşınımı sonucu oluşabilecek hava kirliliğine maruz kalabilmektedirler (Yılmaz ve Işınkaralar, 2021a, Öztürk vd. 2021). Örneğin, ABD'nin Arizona eyaletinde bulunan Büyük Kanyon Ulusal Parkı'ndaki görüş açısının yaklaşık 400 km. uzaklıkta kuzey Arizona'da bulunan yakıt olarak kömür kullanan bir santralin emisyonlarının azalttığı gözlemlenmiştir (Ashoor, 2019).

Dünya'da olduğu gibi Türkiye'de hava kirliliğinin en başta gelen nedenlerinin şehirlere göç ile şehirleşmenin artması ve kentleşmenin etkisiyle endüstrinin gelişmesi gösterilmektedir (İbret ve Aydınözü, 2009; Işınkaralar, 2022b). Cumhuriyetimizin ilk yıllarında ülkemiz nüfusunun büyük bir kısmı kırsal kesimde ikamet ederken, sonrasında 1950 yılından itibaren başlayan kalkınma ile şehirlerde yaşayanların sayısı artmaya başlamış ve 1980'li yıllarda kırsal kesimde yaşayanların nüfusunu geçmiştir. AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES) Raporunda, 1990 yılı rakamlarına göre %51,2 olan kentleşme oranının 2000 yılında %61,3'e ulaştığı, kentleşme hızı aynı şekilde devam ederse 2015 yılında Türkiye kentli nüfus oranı

Avrupa Birliği ülkeleri ortalamasına yaklaşmış olacağı öngörülmüş ve bu öngörü gerçekleşmiştir (ÇOB, 2006).

Gıda ve Tarım Örgütünün (FAO) ülkemiz için yaptığı kırsal ve kentsel nüfus tahmin ve projeksiyonunda Şekil 1.1’de görüldüğü üzere 2015 yılı itibari ile kentsel nüfusun %73,6’ya, 2018 yılı için ise %75,14’e ulaşacağını tahmin edildiği ve Türkiye İstatistik Kurumunun verilerine göre 2015 yılı nüfusu 78 milyon 741 bin 53 kişi, 2018 nüfusu ise 82 milyon 3 bin 882 kişiye ulaşmıştır (URL-12, 2019; URL-15, 2019).

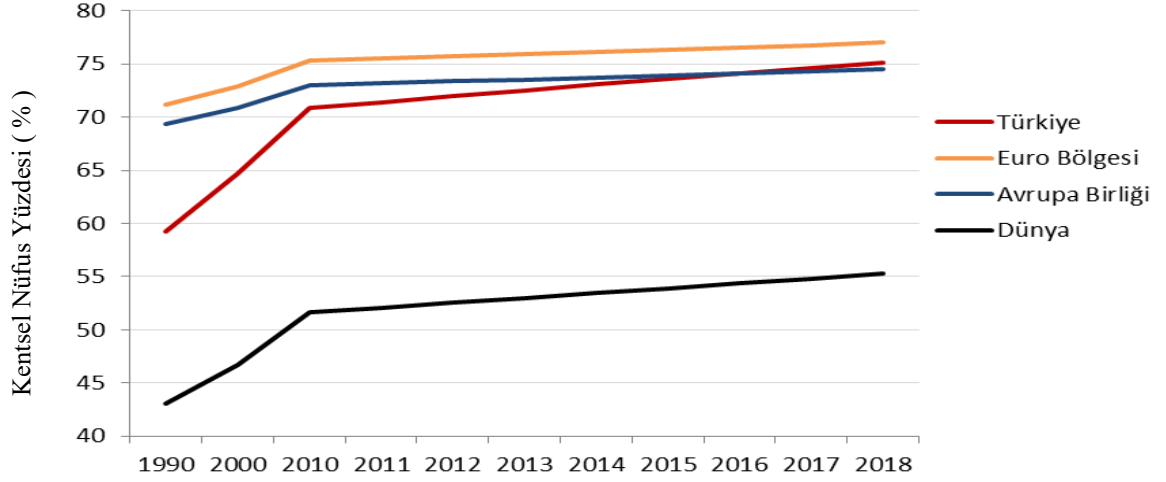


Şekil 1.1 Türkiye’nin tahmini kırsal ve kentsel nüfus projeksiyonu (URL-12, 2019)

Türkiye İstatistik Kurumunun verilerine göre 2015 yılında kentsel nüfus oranı %92; 2018 yılı %92,3; 2019 yılı ise %92,8 olarak görülmektedir. Ancak TÜİK, 12.11.2012 tarihinde kabul edilen 6360 sayılı yasaya göre nüfusu 750.000’in üzerinde olan illerde mevcut il merkezi belediyesi büyükşehir belediyesine dönüştürülerek, büyükşehirlerde yaşayan kırsal nüfus ilgili yasanın yürürlüğe girdiği 2013 yılından itibaren %0 olarak yayınlanmaya başlamıştır (URL-15, 2019).

Dünya Bankasının (WB) Dünya Kalkınma Göstergelerine göre ülkemizdeki 2015 yılında kentsel nüfus oranı %73,6; 2018 yılı %75,14; Avrupa Birliği Ülkelerinde 2015 yılı %73,9; 2018 yılı %74,5 ve Dünya ortalaması ise 2015 yılı %53,9; 2018 yılı ise %55,3 olarak görülmekte olup, ülkemizin kentsel nüfus oranının 2018 yılı itibari ile Avrupa ve Dünya ortalamalarının üstünde olduğu Şekil 1.2’de görülmektedir

(URL-11, 2019). Halbuki 1800'lü yıllarda Dünya'daki kentsel nüfus oranı sadece %3 iken günümüzde bu oranın %50 seviyesini aştığı göz önünde bulundurulduğunda, 200 yılda Dünya'daki şehirleşmenin geldiği nokta manidardır (İncecik ve İm, 2013).

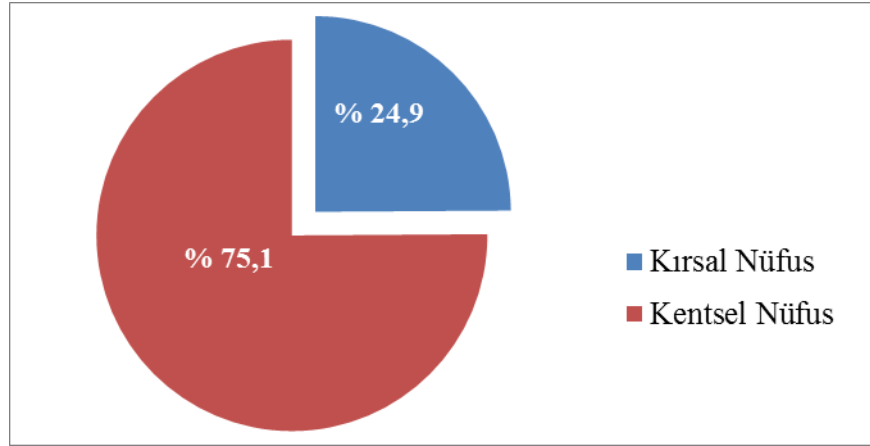


Şekil 1.2 Yıllar itibari kentsel nüfus oranları (URL-11, 2019)

Ülkemizde 1950 yılında başlayarak 1960 yıllarda hız kazanan kalkınma özellikle şehirlerin nüfus artışlarına neden olarak mevcut topoğrafik ve meteorolojik özelliklere göre şehirlerin plansız büyümesine ve düzensiz bir biçimde gelişigüzel endüstriyel tesislerin konumlanmasına yol açmıştır. Bu şekilde şehirlerin ve endüstrinin plansız gelişmesi ülkemizdeki çoğu şehirde ve buna bağlı olarak coğrafi bölgelerde hava kalitesinin olumsuz etkilenmesine yol açmıştır. Ülkemizdeki coğrafi bölgelerdeki hava kirliliği nedenlerinin, topoğrafyanın ve iklimik şartların birbirinden farklı olması, her bölge de hava kalitesinin değişik seyir almasına sebep olmaktadır (Garipağaoğlu 2006; Işınkaralar, 2022c). Bir şehrin topoğrafik ve iklimik şartlarının hava kirliliğinin olumsuz bir seyir almasına etkisinin olduğu, Ankara ilimizde önceki yıllarda yaşanmış olan hava kirliliği problemine sıcaklık terslemesinin etkisinin büyük olduğu coğrafi araştırmalarda ortaya çıkmıştır (İbret ve Aydınözü, 2009). Ayrıca sanayileşmenin ve şehirlerdeki hızlı nüfus artışının bir sonucu olarak enerji gereksinimin artması ve bu talebin fosil yakıtlardan karşılanmaya çalışılması ülkemizde hava kirliliğinin önemli çevresel problemlerin arasına girmesine yol açmıştır (Köse ve Özgür, 2006). Örneğin ülkemizde şehir bazlı emisyonların fosil yakıt kullanımı baz alınarak yapılan değerlendirilmesinde, örneğin İstanbul ülkedeki toplam emisyonun yaklaşık % 20-25'inden, İstanbul, Ankara ve

İzmir illerinin ise sabit emisyonların üçte birine motorlu taşıtlardan kaynaklı emisyonların ise yarısından fazlasından sorumlu olduğu bulunmuştur (Elbir vd. 2000).

Ülkemizde hava kirliliğinin yol açtığı olumsuz sonuçlardan Dünya'nın çoğu bölgesinde olduğu genellikle kentsel alanlarda yaşayanlar etkilenmektedir. Şekil 1.3'te görüleceği üzere WB ve FAO verilerine göre 2018 yılı için ülkemizde kentlerde yaşayan nüfus oranı %75,14 dikkate alındığında, TÜİK 2018 nüfus sayılarına göre yaklaşık 60 milyon insanımızın hava kirliliği sorunu ile karşı karşıya olduğu kanısına varılmaktadır (URL-11, 2019; URL-12, 2019; URL-15, 2019).



Şekil 1.3 Türkiye 2018 yılı kırsal ve kentsel nüfus oranları (URL-11, 2019; URL-12, 2019)

Ülkemizdeki hava kirliliğinin genel olarak, evsel ısınmada kalite düşük fosil yakıt olarak genellikle içeriğinde kül ve kükürt oranı yüksek yerel enerji kaynağı olan linyit kömürlerinin kullanılması, yakma sistemlerinin eski olması ve buna bağlı olarak tam yanma işleminin gerçekleşmemesi, endüstriyel tesislerin konumlarının hatalı yapılması ve bu tesislerden kaynaklı oluşan atık yanma gazlarının baca gazı arıtım teknolojileri ile sürekli ölçüm sistemlerine tabi tutulmadan ve standartlara uygun baca yüksekliğine sahip olmadan atmosfere salınması en büyük sebepleri arasında gösterilebilir (Garipağaoğlu, 2006; Köse ve Özgür, 2006; Türk vd. 2008; Isinkaralar, 2022d). Özellikle kış aylarında kül ve kükürt oranı tam olarak bilinemeyen yakıtların kullanılması havadaki Kükürt Oksit ve Partikül Madde emisyonlarının yükselmesinde en büyük paya sahiptir (Menteşe ve Yarıntepe, 2012). Bu yüzden kalitesi düşük yerel fosil yakıtların kullanımının fazla olması

nedeniyle ülkemizdeki çoğu şehirde ve endüstride hava kalitesinin yönetilmesi hususunda zorluklar oluşturmaktadır (Müezzinoğlu vd. 1998; (Yılmaz ve Işınkaralar, 2021b). Buna rağmen ülkemizde büyük bir kısmı yurt dışından ithal olmasına rağmen ısınmada ve sanayi tesislerinde kalitesi düşük katı ve sıvı yakıtların yerini doğal gaz kullanımının alması büyük şehirlerde hava kalitesinin olumlu yönde seyretmesine katkı sağlamaktadır (Müezzinoğlu vd. 1998; Isınkaralar, 2022e). Yine de kullanılan yakıt türündeki değişime rağmen son yıllarda ülkemizdeki bazı şehirlerde hava kalitesinin kaygıları artırıcı seviyelere ulaştığı gözlemlenmektedir (Alkan, 2018).

DSÖ verilerine göre hazırlanan raporda 2012 yılında yaklaşık 4,3 milyon insanın hava kirliliği nedeniyle öldüğü ve Dünya nüfusunun % 92'sinin DSÖ Hava Kalitesi Yönergelerindeki sınır değerlerin aşıldığı havaya maruz kaldığı modelleme sonuçlarına dayandırılmaktadır (DSÖ, 2016a). Sağlık Ölçümleri ve Değerlendirme Enstitüsü'nün (IHME) Hava Kirliliğine ve Hastalık Yüküne Küresel Maruz Kalma konusundaki 2019 yılı raporunda, hava kirliliği 2016 yılında 2,6 milyon erken ölümün sebebi olarak 84 risk faktörü arasında 8. sıradayken, 2017 yılında 5 milyon ölüme ve 147 milyon sağlıklı insanın ise hastalık sebebi olarak 5. sırada yer almaktadır (URL-24, 2020). Hava kirliliğinin insanlarda solunum yolu hastalıkları (astım, bronşit vb), akciğer kanseri ve sinir sistemi bozuklukları gibi hastalıkların artmasında büyük bir etkisi olduğunu DSÖ ve IHME'nin yaptığı araştırmalar sonucu hazırlanmış olan raporlarda ortaya çıkmaktadır (Duman-Yüksel, 2015).

Birleşmiş Milletler Örgütü'nün de önemli küresel sorunların başında gösterdiği ve kamuoyunun büyük bir ilgisi olan hava kirliliğinin, insanların sağlığına ve yaşamlarına etkileri sonucunda oluşturduğu Dünya'da yaklaşık bir milyar insanın etkilendiği düşünüldüğünde, biyolojik ve ekonomik etkileri ülkeler için büyük maliyet yükü oluşturmaktadır. Örneğin, ABD'nin her yıl hava kirliliğini önlemek, kontrol etmek ve etkilerini gidermek için milyarlarca dolar harcadığı, aynı paralelde Dünya'daki diğer gelişmiş ülkelerinde aynı maliyetleri karşıladığı düşünüldüğünde hava kirliliğinin ülkelere ekonomik maliyetleri muazzam bir seviyededir (Turkyılmaz vd. 2018; Ashoor, 2019).

Hava kirliliğinin insan sağlığına ve ülke ekonomilerine olumsuz etkilerinden dolayı Dünya’da önemli bir konu olarak üst sıralarda yer bulması nedeniyle, bu sorunun çözümlerini ve izlenecek yolları bulmak için bilim insanları ve ilgili kurumlar çalışmalarını öncelikle atmosferdeki kirleticiler parametrelerinin konsantrasyonlarındaki değişimleri izleme üzerine yoğunlaştırmışlardır (Kyrkilis vd. 2007; Turkyilmaz vd. 2020; Işınkaralar ve Erdem, 2021). Sonuç olarak, çalışmalarda gözlemlenen ve ortaya çıkan sağlığı olumsuz etkileyenin tek bir hava kirleticisi değil kısmen de diğer kirleticilerinde etkisinin olduğudur. Ortamdaki kirli hava karmaşık yapıda ve farklı konsantrasyonlardaki bir karışımdan ibaret olduğu düşüncesinden yola çıkılarak Dünya’da yapılan çalışmalarda, araştırılan ve etkisi olan kirleticiler parametrelerinin, partikül madde (PM₁₀ ve PM_{2,5}), ozon (O₃), azot dioksit (NO₂), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂), karbon monoksit (CO), ağır metaller vb. ortaya çıkmıştır (DSÖ, 2016b).

Daha sonraları Dünya’da günlük havadaki kirleticiler parametrelerinin seviyeleri karakterize edebilmek için Kirlilik Standartları Endeksi (PSI) yaklaşımını ortaya koyarak partikül madde (PM₁₀), ozon (O₃), azot dioksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂) ve karbon monoksit (CO), olmak üzere beş kirleticiyi dayanan endeksi geliştirmişlerdir. Sonrasında ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) Haziran 2000’de PSI’yi geliştirerek Hava Kalitesi İndeksi (AQI-HKI) olarak yeniden adlandırmıştır (Kyrkilis vd. 2007).

Ülkemizde hava kalitesinin iyileştirilmesi için hava kirliliğinin doğru bir şekilde ölçülmesi amacıyla, Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 2005-2007 yılları arasında 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Daha sonrasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın kurulması ile birlikte Hava Kalitesi İzleme Ağı’nın etkili ve aktif yönetimi için ülke genelinde İstanbul, Ankara, İzmir, Samsun, Erzurum, Konya, Adana ve Diyarbakır olmak üzere 8 adet Temiz Hava Merkezi kurulmuştur (URL-14, 2019).

Hava kalitesine ait veriler Hava Kalitesi İzleme Ağı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın Web Sitesi’nden (<http://www.havaizleme.gov.tr>, www.sim.csb.gov.tr) online olarak anlık paylaşılmaktadır. Hava kirliliğinin insan sağlığına etkilerinin

gözlenmesi, önlenmesi ve azaltılması ile ilgili hızlı bir biçimde karar verilip çalışma yapılmasına anlık ölçümlerin online olarak tüm kullanıcılara paylaşılması katkı sağlamaktadır.

Kastamonu ilinin hava kalitesi de özellikle kış sezonunda ölçülen hava kirletici düzeylerinin bazı gün ve saatlerde sınır değerlerin aştığı iller arasında yer almaya başlaması göz önünde bulundurularak mevcut duruma ilişkin bir değerlendirme yapılması hasıl olmuştur. Bu çalışmada 01 Nisan 2018 – 30 Haziran 2021 yılları arasında Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı aracılığı ile temin edilen hava kirleticisi olarak tanımlanan partikül madde (PM_{10} ve $PM_{2,5}$), azot dioksit (NO_2), azot oksitler (NO), kükürt dioksit (SO_2), karbon monoksit (CO) parametrelerinin değerlerindeki değişimin saatlik, günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık olarak incelenmesi ve Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ndeki (HKDYY) sınır değerlere göre değerlendirilmesi ile Kastamonu şehir merkezinin hava kalitesi ortaya konulması amaçlanmıştır. Ayrıca değerlendirilmesi yapılan kirletici parametrelere meteorolojik koşulların, şehir merkezindeki motorlu taşıt sayısındaki ve konut sayısındaki değişimin etkilerinin değerlendirilmesi yapılarak Kastamonu ilinin hangi noktada olduğu konusunda tespitlere ve gelecekte neler yapılması gerektiğine dair önerilerde bulunulmaya çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Hava Kirliliği ve Etkileri

Dünyamızı çevreleyen atmosferin içeriğini genel olarak hava denilen çeşitli gazlar oluşturmaktadır. Atmosfer ise, Dünya'daki canlıların hayatlarını sürdürmelerini sağlayan değişken yapıdaki doğal bir sistemdir (1). Tablo 2.1’de görüldüğü üzere temiz hava yaklaşık %78 azot, %21 oksijen ve %1 argondan oluşmaktadır. Havanın doğal yapısında karbondioksit, metan, helyum, amonyak gibi eser miktar da bulunan diğer gazları da içeriğinde barındırmaktadır (Onal vd. 2017).

Tablo 2.1 Temiz Havanın İçeriği (Han, 2012; Onal vd. 2017).

Gaz	Formülü	Hacim (ppm)	Hacim (%)
Azot	N ₂	780,840 ppm _v	78,1
Oksijen	O ₂	209,460 ppm _v	20,9
Argon	Ar	9,340 ppm _v	0,93
Karbondioksit	CO ₂	394,45 ppm _v	0,04
Neon	Ne	18,18 ppm _v	0,002
Helyum	He	5,24 ppm _v	0,0005
Metan	CH ₄	1,79 ppm _v	0,0002
Kripton	Kr	1,14 ppm _v	0,0001
Hidrojen	H ₂	0,55 ppm _v	0,00006
Azot oksit	N ₂ O	0,3 ppm _v	0,00003
Karbon monoksit	CO	0,1 ppm _v	0,00001
Ksenon	Xe	0,09 ppm _v	0,00001
Ozon	O ₃	0,0 – 0,07 ppm _v	0,000007
Azot dioksit	NO ₂	0,02 ppm _v	0,000002
İyot	I ₂	0,01 ppm _v	0,000001
Amonyak	NH ₃	eser	

Yaşamamız için aldığımız her nefes ile akciğerlerimiz, çoğunluğu azot ve oksijenden oluşan hava ile dolmakta, ancak her zaman soluduğumuz hava bu kadar saf ve temiz olmadığından bazıları kirlenici olan partikül ve gazlar da değişik oranlarda akciğerlerimize girebilmektedir (Ghoma vd. 2022)

Hava kirliliği, ortamların doğal yapısının herhangi bir kimyasal, fiziksel veya biyolojik etkenlerle özelliğinin değişmesi olarak tanımlanabilir (Riordan ve Adeeb, 2004; Isinkaralar vd. 2022a). İnsan metabolizmasında gerçekleşen çok sayıdaki metabolik olaylarda ihtiyacı olduğundan olan oksijeni alabilmek için hava solumak zorundadır. Soluduğu bu havanın içeriğinde oksijen haricinde diğer gazları da nefes yoluyla vücuduna almaktadır. Bu yüzden hava sağlıklı yaşam için önemli bir etmen olarak öngörüldüğünden, kirli havanın insan popülasyonunun sağlığına fazla olumsuz etkisi olduğuna dair çok sayıdaki epidemiyolojik çalışma ile kanıtlanmıştır (URL-28, 2020; Isinkaralar ve Erdem, 2022).

19. yy'dan itibaren sanayileşmenin hız kazanması, Dünya nüfusunun çoğalması gibi etmenlere bağlı olarak enerjiye talebin artması ile çeşitli çevresel sorunlar, çeşitli kirlilikler ortaya çıkmış, hava ve su kirliliği ise bu çevresel sorunların en fazla öneme sahip olanlarından (Türk vd. 2008). Hızlı endüstrileşmenin bir sonucu olarak kontrolsüz biçimde şehirlere göçün olması, şehirde yaşayan nüfus artışına müteakip enerji ihtiyacındaki gereksinimin artmasıyla fosil yakıtların kullanımının çoğalması, mevcut topoğrafik ve meteorolojik özelliklere göre şehrin yanlış konumlandırılması ve plansız şehirleşmenin atmosferik koşulların değişimine neden olmasıyla hava kirliliği sorunu ortaya çıkmaya başlamıştır. Çevresel bir sorun olan hava kirliliği, sanayileşmenin bir sonucu olması münasebetiyle sadece gelişmekte olan ülkelerin sorunlarının başında geldiği düşünülse de, özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısında fosil yakıtların kullanımının artmasıyla tüm Dünya'yı etkisi altına almaya başlamış ve günümüzde ise küresel bir boyut kazanarak en önemli çevre sorunlarından biri haline almıştır (Alkan, 2018; Erdun vd. 2015).

Havanın, insan ve canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için vazgeçilmez temel gereksinim olmasından dolayı, hava kirliliğinin etkileri Dünya'da belirli bir kesimin aksine kitlelerin etkilenmesi sonucunu doğurmaktadır (Alkan, 2018). Son 50 yılda insanların şehir yaşamını hızlı bir biçimde tercih etmesi, sonuçları yeni yeni ortaya çıkan hava kirliliği gibi çok miktarda sorunun oluşmasına yol açmıştır. Dünya hızlı bir şekilde şehirleşerek 50 yıl öncesine göre şehirlerde yaşayanlar iki kat artış göstermiş olup, gelişmiş ülkelerdeki nüfusun % 75'i şehirlerde yaşarken, gelişmekte

olan ülkeler ise halen kırsal bir yapıya sahip olup, şehirlerde yaşayanların oranı ise %35'dir (Baldasano vd. 2003).

Kentleşmenin getirisi olan hava kirliliği, yerel ve bölgesel olmaktan ziyade küresel olarak ta etkili olup, insanların sağlığı ve yaşam düzeyi üzerinde de büyük etkiye sahiptir (Kyrkilis vd. 2007; Işınkaralar ve Varol, 2021). Hava kirliliğinin artmasıyla çevremiz olumsuz etkilenmekte, bu olumsuz etkilenmenin sonucunda ise insan sağlığı için büyük bir tehdit oluşturarak, ekosistemleri etkileyerek iklim değişikliğine, biyoçeşitliliğin azalmasına, fotosentezin ve toprakların pH dengesinin bozulmasına yol açarak tarımsal üretimin düşmesine neden olmaktadır (Karolina vd. 2015; Isınkaralar vd. 2022b).

Düşük ve orta gelire sahip ülkelerdeki hava kirliliği seviyesi Dünya'da diğer hızlı gelişmekte olan bölgelerin bazılarında daha yüksek olduğu, insanların daha fazla para kazanmanın bedeli olarak hava kalitesinin bozulmasını göz yumduğu veya kabullendiği bu ülkelerde, kirlenen havanın etkisinin ileriki zamanlarda endişe verici sonuçlar ortaya çıkarabilecektir (Jun ve Min, 2019).

Hava Kirliliğinin etkilerine Dünya'da tarihsel örneklere bakıldığında, Londra'da 1952 kış mevsiminde sisle birlikte hava kirliliğinin, şehir havasının sirkülasyon yapamaması nedeniyle kirlilik seviyesindeki artış iki haftada 4000 kişinin ölümüne yola açtığı, yine ABD'nin Pensilvanya eyaletinde bulunan Donara kasabasında 1948 yılındaki hava kirliliğinde kasabada yaşayanların yaklaşık yarısını hastalandığı ve New York'ta 1963 yılında yaşanan hava kirliliği 300 kişinin ölmesinin sebebi gösterilmektedir (Sezen ve Yılmaz, 2006).

Dünya nüfusunun 2017 yılında %92'sinin Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği limit değerlerinin aşıldığı, %54'ünün ise en asgari olması gereken sınır değerleri aştığı bölgelerde yaşadığı gerçeği, hava kalitesi standartları sağlanamadığından dolayı gelecekte insanlığa olumsuz sağlık etkilerinin olacağı kaçınılmazdır (IHME, 2019). Avrupa Bölgesindeki nüfusun ise yaklaşık %80'inden fazlasının partikül madde seviyelerinin Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği limit değerlerinin aşıldığı şehirlerde yaşamını sürdürdüğü ve partikül madde kirliliğinin bu bölgedeki insanların

ömürlerini yaklaşık 9 ay kısalmasına yol açan hastalık yükü oluşturduğu DSÖ raporlarında ortaya konulmaktadır (DSÖ, 2013).

Dünya Sağlık Örgütü'nün 2016 tarihli raporunda, hava kirliliğinin sağlıklı yaşamın önemli etkenlerinden birisi olduğu ve nüfusun genelinin sağlığına olan olumsuz etkilerinin aşağıdaki Şekil 2.4'de gösterildiği gibi belirti göstermeyen (ince) etkilerinden erken ölüme kadar geniş bir aralıkta bağıntısının olduğu yapılan çalışmalarda ortaya çıkmıştır (DSÖ, 2016b).



Şekil 2.4 Hava Kirliliği Piramidi (DSÖ, 2016b)

Hava kirliliğinin insan sağlığına olan olumsuz etkilerinin direk olarak tespiti biraz zor olup, çünkü kişiler aynı zamanda, sigara, diyet, olumsuz iç hava kalitesi ve benzeri diğer olumsuz koşullara da maruz kaldığından bu olumsuz öğelerden insanların izolasyonunu sağlamak biraz zordur (Baldasano vd. 2003). Bu zorluklara rağmen yapılan çalışmalarda 2017 yılında dış ortamdaki hava kirliliğinin sebep olduğu hastalıkların %2'sinin kronik bulaşıcı olmayan hastalıklar olduğu ve küresel olarak ölümlere neden olduğu ortaya konulmaktadır. Bu ölümlerden Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığına (KOAH) bağlı ölümlerin %42'si; tip 2 diyabetten ölümlerin %20'si; akciğer kanserine bağlı ölümlerin %19'u; istemik kalp hastalığı ölümlerinin %16'sı; ve inmeye bağlı ölümlerin %11'inin nedeni olduğu, yine 2017

yılındaki evsel kaynaklı hava kirliliğinin 1,6 milyon ölümün (tüm ölümlerin %2,9'unu oluşturmaktadır) ve 59 milyon iş gücü kaybının (DALY)(tüm işgücü kayıplarının %2,4'üne denk gelmektedir) nedeni olduğuna işaret etmektedir (IHME, 2019).

Dünya Bankası IHME'nin hazırladığı Hava Kirliliğinin Maliyeti raporunda 2013 yılında Dünya çapındaki 5,5 milyon ölümün veya ölümlerin %10'unun hava kirliliği kaynaklı olduğundan bahisle, bu ölümlerin ekonomideki işgücü kaybının 225 milyar dolar olduğu ortaya konulmaktadır (IHME, 2016). Dünya Sağlık Örgütü'nün Avrupa Bölgesi ülkelerinde hava kirliliği sağlık üzerine yaptığı ekonomik maliyetine ilişkin yapılan çalışmada, 2010 yılı itibarıyla; hava kirliliği kaynaklı erken ölümlerin yıllık maliyetinin 1.431 trilyon dolar, erken ölüm maliyetlerine hastalık etkilerinin de maliyetleri dâhil edildiğinde toplam yıllık ekonomik maliyeti 1.575 trilyon dolar olarak gerçekleştiği tahmin edilmektedir (DSÖ, 2016a).

OECD'nin 2050 yılına kadar Dünya nüfusunun 9 milyarın üzerine çıkması ve buna mukabil enerji ve doğal kaynaklara talebin dört katına çıkacağı tahmininden bahisle Dünya ekonomisinin 2050 yılında enerji talebinin %80 artacağı tahmin edilmektedir. Yine bu raporda, özellikle Asya'da hava kirliliği konsantrasyonlarının DSÖ'nün sınır değerlerinin aştığı bu zamanda, 2050 yılına kadar hava kalitesindeki değerlerde olumlu bir gelişme olmadığı bir durumda Dünya'da 3,6 milyon insanın erken ölümüne yol açacağı ve bu ölümlerin büyük bir kısmının da Çin ve Hindistan'da olacağını açıklamaktadır (ALA, 2020). Amerikan Lung Association (ALA) tarafından yayınlanan Air 2020 raporuna göre ABD tarihi boyunca hava kalitesinde önemli iyileşmeler sağlayan ve dönüm noktası olduğu ifade edilen Temiz Hava Yasası'nın 50. Yıldönümü olan 2020 yılında her on kişiden yaklaşık beşi, 150 milyon insanın veya nüfusun yaklaşık yüzde 45,8'inin sağlıklı havası soluduğu, bu rapordaki değerlerin, 2019 raporunda (2015-2017'yi kapsayan) 141,1 milyondan, 2018 raporunda (2014-2016'yı kapsayan) 133,9 milyon ve 2017 raporunda (2013-2015'i kapsayan) 125 milyondan daha yüksek olduğu ve son üç rapordaki verilere göre artış olduğunu göstermektedir. Bu verilere göre hava kalitesinin kötüleşmesinin, ABD'de daha fazla insanın sağlığını tehdit eder bir hal aldığını göstermektedir (OECD, 2012).

Hava kirliliğinin etkisinin azaltılması genellikle bireylerin ötesinde ulusal, bölgesel ve uluslararası düzeylerde çalışma yapılmasını gerektirir. Çünkü ulaşım, konut, enerji üretimi ve sanayi gibi ilgili diğer sektörlerde sağlığa olan riskleri azaltan ve tavizsiz bir biçimde uygulanması gerekli uzun vadeli politikaların geliştirilmesine ihtiyaç duymaktadır (DSÖ, 2013). Örneğin Avrupa'da 2013 yılı “hava yılı” seçilmiş ve akabinde Avrupa Komisyonu 2030 yılına kadar trafik, enerji santralleri ve tarımdan kaynaklanan zararlı emisyonların konsantrasyonlarını düşürmek için gerekli tedbirleri öngören bir paket uygulamaya almıştır. Bu paket kapsamında kirliliğin azaltılmasının maliyeti olan yıllık 3.4 milyar €, aslında hastalık ve sağlık bakım harcamalarının azalması ve çalışma verimliliğinin artmasıyla yıllık 40 milyar € tasarruf sağlayacağı ve bu sağlanacak tasarrufunda harcanacak bedelden yaklaşık 12 kat fazla olacağı Avrupa Komisyonu tarafından ifade edilmektedir (Newby vd. 2014).

Ülkemizde de özellikle son yıllarda hava kalitesinin bozulduğunu resmi ölçüm sonuçları bunu teyit etmektedir. Hatta Türkiye’deki bazı ölçüm değerleri, AB ve DSÖ’nün standart sınır değerlerini aştığı da zaman zaman gözlemlenmektedir. Türkiye’de görülmekte olan hava kirliliğinin nedenleri arasında, genelde ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlar, motorlu taşıtlar ve bunlara ilaveten sanayi kaynaklı emisyonlarda yer almaktadır (Alkan, 2018; Isinkaralar vd. 2022c). Hava kirliliği, diğer ülkeler gibi ülkemiz içinde önemli toplum sağlığı problemlerinin başında gelmekte olup, ülkemizde trafik canavarı’ nedeniyle günde 10 kişi hayatını kaybederken, hava kirliliği kaynaklı ise günlük 75 vatandaşımız ölmektedir. Evlerde ısınma amacıyla kullanılan kalitesiz yakıtların sebep olduğu konut içi hava kirliliğinin Dünya’da yıllık olarak yaklaşık 4,5 milyon kişinin ölümüne neden olduğu dikkate alındığında, ülkemizde de evlerin yüzde 57’sinde ısınma için soba kullanılmaktadır. Bu oran göz önünde alındığında ülkemizde çocuklar, hamileler, 65 yaş üstü yetişkinler, yatalak olan kalp ve solunum sistemi hastalığı olanların fazla etkileneceği, ayrıca ev ortamında daha çok vakit geçiren kadın ve çocukların ise özel olarak daha fazla ev içi hava kirliliğine maruz kalabileceği anlaşılmaktadır (URL-10, 2018).

2.2. Hava Kirleticileri

Havada insanların sağlığını ve çevreyi olumsuz etkileyebilecek her türlü etkenler kirletici olarak nitelendirilmektedir (Azam vd. 2016). Kirleticiler doğal (orman yangını, volkanik patlama vb) veya insan faaliyetleri sonucu oluşabildiği gibi, katı, sıvı veya gaz formunda da bulunabilmektedirler (Han, 2012). Doğal veya antropojenik (insan faaliyetleri) aktiviteler sonucu bu kirleticilerin konsantrasyonlarındaki artışın sınır değerleri geçmesi ve meteorolojik olayların etkisiyle oluşan olumsuzluk hava kirliliği olarak belirtilmekte ve Dünya’da sanayi devrimi ile birlikte insanlık literatürüne girmeye başlamıştır (Omak vd. 2019; Işınkaralar, 2021).

Kirleticiler atmosferin dört tabakasından biri olan, doğal ve insan faaliyetlerinin gerçekleştiği troposferde görülür (Taş, 2006). Troposfer içerisindeki kirliliğin yeryüzüne yakın olması nedeniyle kirleticilerin seviyelerinin yüksek olduğu durumlarda kaygı verici bir durum ortaya çıkmaktadır. Bu kirletici konsantrasyonlarına toplam kirliliğin miktarı ve yayılmasına etki eden meteorolojik olaylarda etki etmektedir. Doğal olaylar ve insan faaliyetleri sonucu meydana gelen emisyonlar, kirleticilerin konsantrasyonlarının artmasına, fiziksel ve kimyasal yapılarında değişime de yol açmaktadır (Ashoor, 2019). Ayrıca asıl kirliliğin oluştuğu troposfer tabakasından stratosfer tabakasına sızan kirleticiler direk olarak canlıları etkilemese de bu tabakada bulunan ozon tabakasının incelmesine veya delinmesine neden olarak dolaylı olarak etkiler (Taş, 2006).

Hava Kirleticileri değişik özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Kütle miktarlarına ek olarak kökenlerine yani kaynaktan çıkışlarına, kaynaklarına, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre kategorilendirilebilirler (Brook vd. 2010; RSHM, 2009). Fiziksel ve kimyasal yapılarına göre gaz (organik ve inorganik) kirleticiler ve partiküler madde olarak ayrılabilirler (Akyürek, 2012). Kaynaklarına göre doğal ve yapay kirleticiler olarak kategorilere ayrılırlar (RSHM, 2009). Kirleticiler bir başka bakış açısıyla ise gaz kirleticiler, kalıcı organik kirleticiler, ağır metaller ve partiküler maddeler olarak da sınıflandırılabilirler (Kampa ve Castanas, 2008).

Fiziksel ve kimyasal yapılarına göre incelendiğinde organik gazlar, aldehitler, ketonlar ve diğer organikler (Benzen vb.), inorganik gazlar, azot oksitler, kükürt oksitler, karbon oksitler, florür, klorür, amonyak, vb, partiküler maddeler olarak katı partiküller toz, duman, kül, karbon, kurşun, asbest vb., sıvı partiküller ise sis, duman, yağ ve asitler sayılabilir (Kırmacı, 2019).

Kaynaklarına göre ise doğal kaynaklar sonucu oluşan kirleticiler, metan (CH₄) ve kükürtlü bileşikler (H₂S), volkanik faaliyetleri veya orman yangınları sonucu oluşan azot dioksit, kükürt dioksit, hidrojen klorür, hidrojen florür, karbon oksitler, diğer mineral partikül madde ve gazlar, denizlerdeki doğal faaliyetlerden kaynaklı sodyum klorür, yapay kaynaklardan oluşan kirleticiler ise fosil yakıt kaynaklı partikül madde, kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO ve NO₂), karbon oksitleri, kurşun, hidrokarbonlar sayılabilir (Ashoor, 2019; Kırmacı, 2019).

Ayrıca DSÖ hava kirleticilerini, aşağıdaki Tablo 2.2’de gösterildiği üzere 29 Eylül - 1 Ekim 2015 tarihleri arasında yaptığı toplantı sonucu yayınlanmış olan raporuna göre Küresel Hava Kalitesi Kılavuzunda üç grupta incelemiştir (DSÖ, 2016c).

Tablo 2.2 DSÖ Küresel Hava Kalitesi Kılavuzuna göre hava kirleticileri (DSÖ, 2016c)

Organik Kirleticiler	İnorganik Kirleticiler	Klasik Kirleticiler
Akrilonitril	Arsenik	Azot dioksit
Benzen	Asbest	Ozon
Bütadien	Kadmiyum	Partikül Madde
Karbon disülfid	Krom	Kükürt dioksit
Karbon monoksit	Florür	Karbon
1,2-Dikloroetan	Hidrojen sülfür	
Diklormetan	Çinko	
Formaldehit	Manganez	
PAH _s	Cıva	
PCB _s	Nikel	
PCDD _s /PCDF _s	Platin	
Stiren	Vanadyum	
Tetrakloroetilen		
Toluen		
Trikloroetilen		
Vinil Klorür		

Kaynaktan çıkışlarına göre birincil (primer) kirleticiler, ikincil (sekonder) kirleticiler ve diğer kirleticiler olarak üç sınıfta değerlendirilebilirler (Kırmacı, 2019,

İbrahimova, 2013). Hatta EPA bu sınıflandırmayı daha geniş bir bakış açısıyla, kirleticileri birincil ve ikincil kirleticiler olarak değerlendirmektedir (URL-25, 2020). Birincil kirleticiler atmosfere kaynaktan doğrudan salınan, İkincil kirleticiler ise atmosferin yapısındaki bileşenlerin birincil kirleticiler ile atmosferik şartların etkisinde oluşan kimyasal reaksiyonların çıktısı olan kirleticilerdir (Kırmacı, 2019, İbrahimova, 2013). Genel olarak **birincil kirleticiler**, partikül madde, kükürt dioksit (SO_2), azot oksitler (NO ve NO_2), karbon monoksit (CO), Hidrokarbonlar (HC 'ler), Hidrojen Sülfür (H_2S), vb., **ikincil kirleticiler** ise ozon, kükürt trioksit (SO_3), Sülfürik asit (H_2SO_4), aldehytler, ketonlar vb., **diğer kirleticiler** olarak değerlendirdiğimiz ve diğer sınıflarda yer almayan karbon dioksit, kloroflorokarbonlar (CFC'ler), amonyak (NH_3), peroksiasetil nitrat (PAN), kalıcı organik kirleticiler (KOK), kurşun, kadmiyum ve bakır gibi sağlık için tehlikeli metaller sayılabilir (Ashoor, 2019; Kırmacı, 2019).

2.2.1. Birincil Kirleticiler

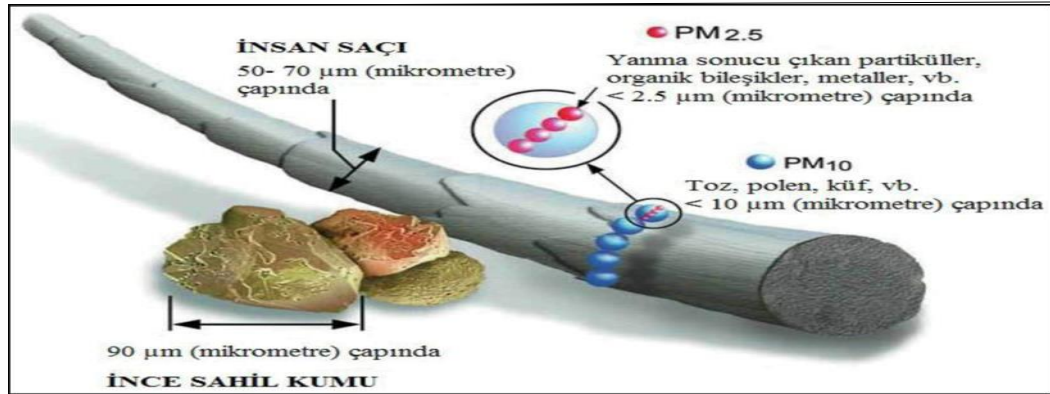
Atmosfere kaynağından doğrudan deşarj edilen birincil kirleticiler genel olarak partikül maddeler (PM_{10} ve $\text{PM}_{2,5}$), kükürt dioksit (SO_2), azot oksitler (NO_x), azot dioksit (NO_2), azot monoksit (NO), karbon monoksit (CO), Ozon (O_3) ve hidrokarbonlar (HC) olarak yer almaktadır.

2.2.1.1. Partikül madde

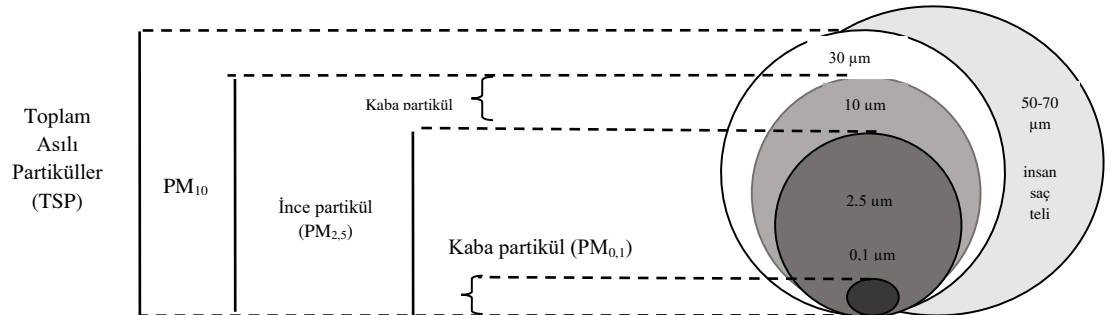
Hava kirleticiler içerisindeki en önemli kirleticilerden birisi olan partikül madde, havada askıda bulunan katı ve sıvı damlacıklarının bir karışımı için kullanılan genel bir ifadedir (URL-25, 2020). Partikül maddelerin boyutları çok farklı çaplarda olup, genel olarak çıplak gözle görülebilecek kadar rengi koyu ve büyük çaplı olan toz, kir, kurum veya duman gibi parçacıklar ile yalnız elektron mikroskobu kullanılarak görülebilen bazıları zehirli olabilen küçük zerrelere (Güllü ve Karakaş, 2013). Partikül maddeleri oluşturan parçacıkları doğal veya antropojenik (insan faaliyetleri) kaynaklar oluşturabilmektedirler (Han, 2012). Boyutları ve içerikleri birbirinin aynısı olmayan değişik kaynakların oluşturduğu parçacıklardan oluşmaktadırlar (Newby vd. 2014).

Partikül maddelerin çapları yaklaşık 0,00001 μ m ile 100 μ m arasında değişmektedir (İbrahimova, 2013). Partikül maddeler aerodinamik çaplarına göre ise, bazı kaynaklara göre üç bazılarına göre dört sınıfa ayrılmıştır. Aerodinamik çapı 0,1 μ m'den küçük partiküller çok (ultra) ince, 0,1 μ m ile 2,5 μ m (2,5 μ m dahil) arasındaki partiküller ince partiküller, 2,5 μ m ile 10 μ m arasındaki partiküller kaba (course) ve 10 μ m'den büyük partiküller ise çok kaba partiküller olarak sınıflandırılabilir (Güllü ve Karakaş, 2013). Havada asılı bileşiklerin (asitler, organik kimyasallar, metaller, topraklar vb.) çapı 10 mm veya daha az olan tüm parçacıklar PM₁₀ ve 2,5 mm veya daha az olan parçacıklar ise PM_{2,5} sınıfına girmektedirler (Han, 2012).

Aşağıdaki Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da temsili olarak partikül maddelerin boyutlarına ilişkin insan saç teli ile karşılaştırması ve şematik gösterimleri verilmektedir.



Şekil 2.5 Partikül Madde Boyutlarının İnsan Saç Teli ile Karşılaştırılması (URL-25, 2020)



Şekil 2.6 Partikül Madde Boyutlarının Şematik Olarak Karşılaştırılması (Hime vd. 2018)

Yukarıdaki Şekil 2.6'da toplam asılı partiküller (TSP) tüm çaplardaki parçacıkları kapsamakta olup, ancak 30 μ m'den daha büyük çapa sahip partiküller küçük çaplılara

göre çökmeden daha az havada asılı kalabildiğinden, aslında 30 µm çapa kadar olan partikülleri ifade etmektedir (Hime vd. 2018). Aerodinamik çaplarına göre kaba (PM_{10-2,5}), ince (PM_{2,5}) ve ultra ince partikül (PM_{0,1}) olarak ifade edilen parçacıkların özellikleri ise aşağıdaki Tablo 2.3’de özetlenmiştir.

Tablo 2.3 Kaba, ince ve ultra ince partiküllerin özellikleri (Hime vd. 2018)

	Kaba partikül (PM _{10-2,5})	İnce partikül (PM _{2,5})	Ultra ince partikül (PM _{0,1})
Tip	Kaba	Birikim	Nükleasyon(Çekirdekleşme)
Oluşumu ve Kaynakları	Katıların ve damlacıkların parçalanması Toprak erozyonu Toz süspansiyonu Yol atıklarının yeniden süspansiyon haline getirilmesi (lastik / fren aşınması) Okyanus esintileri Kontrolsüz yanmadan kül (duman) İnşaat ve yıkım Yüzey bozulması (tarım, madencilik, taş ocakçılığı, asfalt yollar) Biyojenik emisyonlar (polen, mantar sporları)	Atmosferik gazların yoğunlaşması Çok ince parçacıkların koagülasyonu Parçacıkların bileşimindeki gazlarının reaksiyonları Çözünmüş gazları içeren su damlacıklarının buharlaştırılması Fosil yakıtlar ve biyokütle yakıtlarının yakılması Endüstriyel süreçler (döküm işlemleri, rafineriler, çelik fabrikaları, madencilik)	Atmosferik gazların nükleasyonu ve yoğunlaştırılması Yüksek sıcaklıkta yanma (araç egzozları dâhil)
Bileşimi	Organik ve elemental karbon Sülfatlar Nitratlar Klorürler Yer küre öğelerinin oksitleri Deniz tuzu Bitki ve hayvan enkazı Bakteriler	Organik ve elemental karbon Sülfatlar Nitratlar Amonyum Madenler Organik bileşikler Su Bakterileri Virüsler	Organik ve elemental karbon Sülfatlar Madenler Organik bileşikler
Türünün fiziksel özelliği	Büyük kütle	Geniş yüzey alanı	Yüksek partikül sayısı
Mekânsal / zamansal değişiklik	Yüksek	Düşük	Çok yüksek
Atmosferdeki ömrü	Dakika-gün arası	Gün-hafta arası	Dakika-saat arası
Taşınma mesafesi	Çoğunlukla <10’s kms	100’s-1000’s kms	Çoğunlukla <1’s kms
Uzaklaştırma süreçleri	Yerçekimi Yağmur yağması	Yerçekimi Bulut damlacıklarının oluşumu ve yağmurun yağması	Koagülasyon, adsorpsiyon, yoğunlaşma, yağmur damlaları difüzyon
Fizyolojik birikimin kapsamı	Üst hava yolları (primer bronş)	Alt hava yolları (terminal bronşiyoller ve alveoller)	Akciğer harici organlar

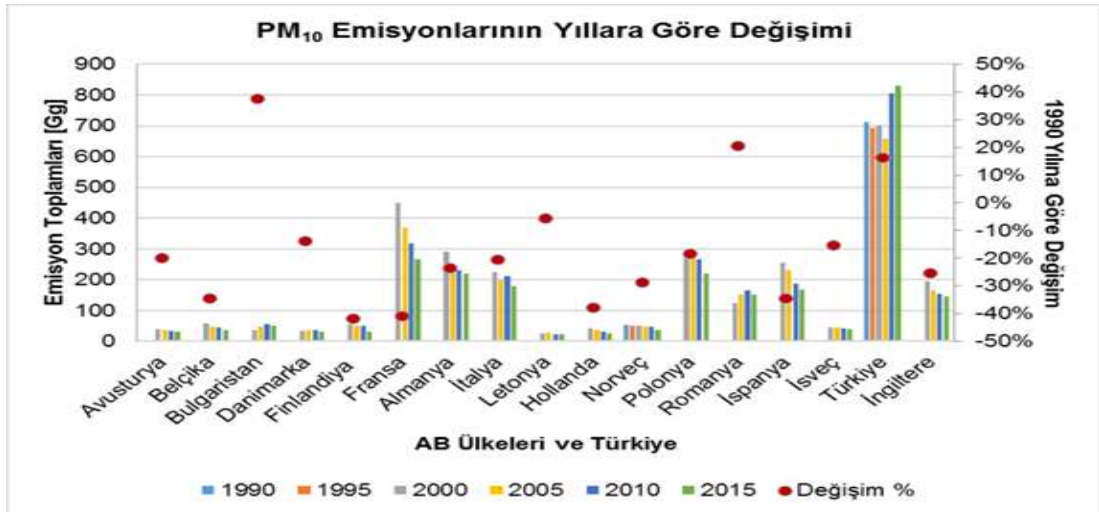
Partikül maddelerin kaynakları doğal veya antropojenik (insan faaliyetleri) olmak üzere iki grupta yer almakta olup, doğal olaylara yanardağlar, toz fırtınaları, orman

yangınları, polenler, mikroorganizmalar (yosun, küf ve bakteri vb.) gibi biyolojik etmenler, insan kaynaklı aktivitelere ise motorlu taşıtlardan kaynaklı egzoz gazları, inşaat çalışmaları, yollar, sanayi faaliyetleri, zirai emisyonlar, enerji santrallerinde ve çeşitli endüstriyel alanlarda fosil yakıt kullanımı sayılabilir (Han, 2012, İncecik ve İm, 2013, Kampa ve Castanas, 2008). Partikül maddelerin ana kaynakları AÇA'ya göre en %53 ile evsel ısınma, %17'si endüstriyel faaliyetler ve %12'si ulaşım kaynaklı olarak gösterilmiştir (URL-6, 2013). Genel olarak PM₁₀ oluşturan kaynaklar toz ve duman biçiminde salınan sanayi tesislerinin emisyonlarından, tarımsal kaynaklı emisyonlar, yollar ve polenler, PM_{2,5} oluşturan kaynaklar ise orman yangınları, trafik, ağır metaller ve uçucu organik bileşikler (VOC) ile ilişkilidir (İncecik ve İm, 2013).

Yukarıda Tablo 2.3'te de belirtildiği üzere genellikle, kaba parçacıklara (PM_{10-2,5}) örnek olarak, trafik, tarım ve yüzey madenciliği faaliyetleri, rüzgâr erozyonu, polenler, mantar sporları, biyolojik birikintiler ve deniz tuzu verilebilmekte ve çaplarının büyük olması sebebiyle bu partiküller yerçekimi ile çökmeden önce atmosferde birkaç saat veya gün boyunca bulunabilmektedirler. İnce partiküllerin (PM_{2,5}) bileşenleri, sülfatlar, nitratlar ve gaz halinde organik moleküller, su damlacıklarındaki reaksiyonlar ve daha küçük ultra ince pıhtılaşma parçacıklar, ağır metaller, amonyum, elemental ve organik karbon, bakteri ve virüsler oluşturur. İnce parçacıklar günler veya haftalar boyunca havada asılı kalıp yüzlerce veya binlerce kilometre taşınabilmektedir. Sonuç olarak, ince parçacıklar daha fazla kaba veya ultra ince partiküllere göre bölgesel ölçeklerde homojen olarak dağılmıştır. Atmosferde biriken ince partiküller bulut damlacıklarının oluşumu ve yağmurun yağması ile uzaklaşmaktadırlar. Ultra ince parçacıkların (PM_{0,1}) bileşenleri ise, organik ve elemental karbon, eser metaller, sülfatlar, sülfürik asit buharı ve su buharıdır. Ultra ince parçacıklar atmosfer yüzeyinden difüzyon veya pıhtılaşma, adsorpsiyon ve ince parçacıklar halinde yoğunlaşarak hızla (dakika ila saat) giderilirler (Hime vd. 2018). Yapılan araştırmalarda partikül madde konsantrasyonlarının artmasında meteorolojik koşullarının etkisinin olduğunu, meteorolojik koşulların seyreltme ve difüzyonla beraber hava kirleticilerin konsantrasyonlarının artmasına ve havada asılı kalmasını etkileyebilmektedir. Havadaki nem oranının yüksek ve rüzgâr hızının düşük olduğu durumlarda PM_{2,5}

konsantrasyonunun artmasına katkı sağladığı yapılan araştırmalarda gözlemlenmiştir (Xu vd. 2018).

Hava Kalitesi göstergeleri arasında partikül madde, fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı önemli bir parametredir (Erdun vd. 2018). Partikül çaplarının, bileşimlerinin ve karakteristik özelliklerinin farklı olabilmesi, emisyon kaynakları ile ilişkilendirilebilmelerinin daha fazla olması partikül maddeleri hava kirliliği tespitinde diğer hava kirletici parametrelere göre çok daha uygun bir parametre olarak öne çıkarmaktadır (DSÖ, 2016b). Genellikle mevzuatlarda ve hava izleme sistemlerinde partiküller PM_{10} ve $PM_{2,5}$ kütle konsantrasyonları ile gösterilmektedirler. PM_{10} kaba ve ince partikülleri kapsamakta ve PM_{10} kütlesinin yaklaşık %50-70'ini ise $PM_{2,5}$ kütlesi oluşturmaktadır. Ultra ince partiküller ise hem PM_{10} hem de $PM_{2,5}$ içerisinde bulunmaktadır (Newby vd. 2014). PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonları genellikle hava hacim başına kütle cinsinden ($\mu g/m^3$) ölçülmekte olup, ancak ultra ince partiküller ise santimetre küp başına düşen sayısı ile ölçülmektedirler (Brook vd. 2010). DSÖ partikül maddelerin insan sağlığına etkilerinin minimum olduğu seviyenin sınır değer olması gerektiği ve sağlığa olan etkilerin daha doğru tespit edilebilmesi için $PM_{2,5}$ parametresinin de ölçülmesi gerektiğini belirtmiş, 2016 öncesi verilere göre bazı ülkelerin %75 ve üzeri ölçüm oranına sahip olmadıkları veya henüz bu parametre bazında raporlama yapmadıkları belirtilmektedir (Tosun, 2017). Örneğin AB ülkeleri ve Türkiye'nin 1990 – 2015 yılları arasındaki PM_{10} emisyonlarındaki değişimi veren aşağıdaki Şekil 2.7'ye bakıldığında AB ülkelerindeki emisyonlarda bir azalma olduğu, ülkemizde ise artış olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 2.7 PM₁₀ Emisyonlarının Yıllara Göre Değişimi (Köksal, 2019)

Yapılan araştırmalara göre dünya nüfusunun yaklaşık %92'sinin DSÖ kılavuz değeri 10µg/m³'ü aşan konsantrasyonlara maruz kaldığı ortaya çıkmaktadır (Omak vd. 2019). Ülkemizde de partikül madde hava kirleticileri arasında birinci sırada gelmektedir. Özellikle ısınma ve sanayide fosil yakıt kullanımının yoğun olduğu şehirlerde hava kalitesi düşük seviyede olup, PM₁₀ konsantrasyonları da sınır değerleri aşmaktadır. Mevsimsel olarak ta PM₁₀ konsantrasyonları değişiklik göstermekte olup, yaz aylarında düşük, sonbahar ve kış aylarında (genellikle Ekim - Nisan ayları arası) ısınmada kalitesiz yakıt kullanımından dolayı yüksektir (Erdun vd. 2018). Türkiye'de bölgesel olarak ise, 2010 - 2018 yılları arasında PM₁₀'un en yüksek değere ulaştığı bölge Akdeniz Bölgesi en düşük olduğu bölge ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğu tespit edilmiş, ancak bu yıllar arasında doğal gaz kullanımının artması fosil yakıt kullanımının azalış göstermesiyle PM₁₀ değerlerinde iyileşme olduğu gözlemlenmiştir (Omak vd. 2019). TÜİK'in hava kirliliği istatistiklerine göre ülkemizdeki 2001 yılı Aralık ayındaki PM seviyesinin en yüksek olduğu iller arasına Malatya, Diyarbakır, Zonguldak'tan sonra Kastamonu il merkezi geldiği tespit edilmiştir (İbret ve Aydınöz, 2009). Partikül madde konsantrasyonlarının yüksek olması insan sağlığı ile ekosisteme olan olumsuz etkileri ve havanın puslu görünmesine kadar çeşitli olumsuz etkilere sahiptir. PM₁₀ ve PM_{2.5} konsantrasyonlarının atmosferdeki seviyelerinin artması meteorolojik koşulların istikrarını etkileyerek yağışların azalmasına ve iklim değişikliğinde önemli rol oynamaktadır (Carvalho vd. 2010). Çapı büyük olan partiküller havada toz veya

duman biçiminde görünürler ve hemen çökerler. Ancak küçük partiküller ise havada uzun süre asılı kalarak meteorolojik koşulların etkisiyle atmosferde uzun mesafelere taşınabilmesinden ötürü sağlık için (solunum sistemine etkileri ve kardiyovasküler ölüm) daha zararlıdır (Erdun vd. 2018; Kampa ve Castanas, 2008; Işınkaralar ve Erdem, 2021b). PM_{10} parçacıklarının akciğerlere girerek iltihaplanma vb. olumsuz sonuçlara yol açma ihtimali insan sağlığı için tehlikeli bir kirletici olabilmektedir (Omak vd. 2019). Ayrıca $PM_{2,5}$ insan sağlığına olan etkisi PM_{10} 'a göre daha tehlikeli olmakta, çünkü partikül çapı küçüldükçe kapalı ortamlara ulaşması kolaylaşarak etkileri artmakta, hatta akciğerlere girmesi kolaylaşmaktadır (İncecik ve İm, 2013). Çapı büyük partiküller ise üst solunum yollarına girerek burun tıkanıklığına ve boğaz kaşıntısı gibi solunum sisteminde sorunlara yol açmaktadırlar (Han, 2012). Yapılan çalışmalarda $PM_{2,5}$ 'e uzun süreli maruz kalmanın solunum yolu hastalıklarından çok kardiyovasküler hastalıktan ölüme etkisinin daha fazla olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır (Hoek vd. 2013). Avrupa'da yapılan bir diğer çalışmada ise PM_{10} ve $PM_{2,5}$ akciğer kanserinin gelişiminde etkilerinin olduğunu, hatta akciğer kanseri riskini artırmada $PM_{2,5}$ 'in PM_{10} 'dan daha fazla etkisinin olduğu gözlemlenmiştir (Raaschou-Nielsen vd. 2016).

Partikül maddeye bağlı hava kirliliğine birkaç saat ile bir hafta boyunca maruz kalma kardiyovasküler hastalıklara bağlı ölümleri ve diğer ölümle sonuçlanmayan etkilerin riskini artırmaktadır. Hatta uzun süreli olarak yüksek konsantrasyonlara maruz kalınması halinde yaşam beklentisini birkaç aydan birkaç yıla kadar azaltabileceği sonucuna varılmıştır (Brook vd. 2010). Yaşam beklentisindeki azalmanın sebebi kardiyopulmoner ve akciğer kanseri mortalitesinde artış olabilmektedir. Yine çocuklarda ve yetişkinlerde akciğer fonksiyonlarının azalması, astımlı bronşit ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) da yaşam kalitesinin düşmesine ve yaşam beklentisinin düşmesine sebep olmaktadır. Partikül kirleticilerin seviyesi ve etkilenme süresine bağlı olarak kalp ve/veya akciğer hastalığı olan kişilerde ölüm, kalp ritmi bozukluğu, ölümcül olmayan kalp krizi, astım ve akciğer çalışma fonksiyonlarının azalması, hışırtı, öksürük ve ağız kuruluğu gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Azam vd. 2016). Kısacası 1970'lerden sonra endüstrideki ve teknolojiye gelişmeler hayatımızı daha kolaylaştırdı, fakat bu kez de insan ve çevre sağlığını olumsuz etkilemiştir (Erdun vd. 2015).

2.2.1.2. Kükürt dioksit (SO₂)

Kükürt oksitleri (SO_x) genellikle, kükürt dioksit (SO₂) ve kükürt trioksit (SO₃) oluşturmakta ve hava kirletici gazlardandır. Kükürt dioksiti oluşturan kaynaklardan çoğunlukla kükürt trioksit de oluşmakta olup, ancak kükürt trioksit konsantrasyonu kükürt dioksitin %1-2'si kadar bir orana sahiptir. Kükürt trioksit suda çözünen ve nem çekme özelliği yüksek olduğundan hemen nem ile birleşerek sülfürik asite (H₂SO₄) dönüştüğünden atmosferde sülfürik asit halinde bulunarak hemen yer yüzüne çökmektedir (Taş, 2006). Kükürt dioksit (SO₂), keskin kokulu, yanıcı olmayan, renksiz, boğucu ve asidik özellikli birincil kirletici gazdır (Riordan ve Adeeb, 2004). Su ile birleşebilen, asidik özellikli hatta havada bulunan su damlacıkları ile okside olabilmektedir (Subramani vd. 2014). Ayrıca havada bulunan diğer kimyasallarla reaksiyona girerek küçük sülfat parçacıkları oluşturarak, havada PM_{2,5} seviyesinin artmasına olumsuz etki yapabilmektedir (Gül, 2018). Sanayinin hammaddelerinden olan alüminyum, bakır ve demir cevherleri gibi birçok madde sülfür içerir ve ekstraksiyonları SO₂ oluşturabilir (Han, 2012). Tahriş edici özelliği ve toksik etkisi olan kükürt dioksit (SO₂), kimya endüstrisinde bir ürün olarak üretilmesinin yanında, petrol ve kömür gibi kükürt içeriği yüksek fosil yakıtların yakılması ve diğer endüstriyel işlemler sonucu oluşmakta olup, ayrıca atmosferde oluşan SO₂'nin yaklaşık yarısı doğal emisyonlardan kaynaklanmaktadır (UNEP, 2017). Kükürt dioksit jeotermal faaliyetler sonucu da doğal olarak oluşabildiği gibi, ancak atmosferdeki konsantrasyonunun %99'u yapay olarak oluşmaktadır (Riordan ve Adeeb, 2004). Antropojenik kaynaklar arasında fosil yakıtların (kömür ve petrol) yakılması ve rafinesi, demir dışı eritme tesisleri, demir cevheri izabe, kağıt hamuru ve kağıt fabrikaları, çelik fabrikaları ve ulaşım kaynakları sayılabilir (Çapraz, 2013; Riordan ve Adeeb, 2004; Özdemir, 2008). Hatta en büyük SO₂ kaynağı olarak fosil yakıtların yakan enerji santralleri ve çeşitli endüstriyel tesisler gösterilebilir. İçindeki kükürt oranı yüksek olan yakıtları yakan gemiler, lokomotifler ve diğer araçlarda atmosferdeki SO₂ seviyesine küçük oranda da olsa katkı sağlamaktadır (Menteşe ve Yarıntepe, 2012). Dünya'da ortaya çıkan SO_x emisyonunun % 5 ila %8'inin gemilerden kaynaklandığı yapılan araştırmalara göre tahmin edilmektedir (Menteşe ve Yarıntepe, 2012). Antropojenik kaynaklı SO₂'nin yaklaşık olarak %70'i fosil yakıtlardan olan kömür kaynaklıdır (Tosun, 2017). Kömürün içeriğinde genellikle

%0,2-7 arasındaki oranda kükürt bulunmakta olup, hatta kalitesi düşük kömürlerde bu oran daha yüksektir (Taş, 2006). Atmosferdeki SO₂ seviyesi evsel ısınmada yoğun olarak kömür kullanılan şehirlerde çok yüksektir (Akyürek, 2012). Örneğin İstanbul'da kış mevsiminde konutlarda ısınmada kalitesi düşük kükürt içeriği yüksek linyit kullanılması SO₂ seviyesinin artmasına neden olduğu yapılan araştırmalarda ortaya çıkmıştır (Elbir vd. 2010).

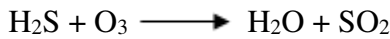
Kirletici konsantrasyonu düşük yakıtların ve yenilenebilir enerji alternatif kaynaklarının kullanılması ve teknolojik gelişmeler ile SO₂ konsantrasyonlarında bir iyileşme sağlamak mümkün olabilmektedir. Kükürt içeriği yüksek kalitesi düşük olan kömürler yerine, kükürt oranı düşük doğalgazın ısınmada, ulaşımda ve sanayide kullanılması ile SO₂ konsantrasyonlarında olumlu yönde bir azalmaya yol açabilecektir (Tosun, 2017). Örneğin Avrupa Çevre Ajansı (AÇA), Avrupa'nın Hava Kalitesi 2019 Raporu'nda Avrupa ülkelerinde yüksek seviyedeki kükürt dioksit (SO₂) maruziyetin on yıllık sürecin son birkaç yılında azalmaya başladığı ve 2007 yılından itibaren ise AB günlük sınır değerlerin üzerindeki konsantrasyonlara maruz kalanların %0,5'in altında olduğunu, hatta 2015-2017 yılları arasında DSÖ sınır değerlerini aşan SO₂ seviyelerine maruz kalan şehir nüfusunun en yüksek değerlerin ölçüldüğü 2017 yılında %85'ten %31'e düştüğünü belirtmektedir. 2017 yılında 1400'de fazla ölçüm istasyonunun bulunduğu 32 Avrupa ülkesinin sadece ikisindeki 21 istasyonda AB günlük limit değerlerin (125µg/m³), 19 istasyonda ise saatlik sınır değerlerin (350µg/m³) aşıldığı raporlanmıştır. Fakat ölçümelerini raporlayan 28 ülkedeki tüm SO₂ ölçen istasyonların %43'ü DSÖ sınır değerlerinin (20µg/m³) aşıldığını ölçmüştür. DSÖ sınır değerleri (20µg/m³) AB limit değerlerinden (125µg/m³) daha düşük olup, 2017 yılında ölçülen bu değer Avrupa'daki 28 ülkedeki kentsel nüfusun %31'inin DSÖ sınır değerlerini aşan SO₂ seviyelerine maruz kaldığı Avrupa'nın Hava Kalitesi 2019 Raporu'nda görülmektedir (AÇA, 2019).

Ülkemizde de yapılan bir çalışmada, 1985-1991 yılları arasında İstanbul'da SO₂ konsantrasyonlarının arttığını, fakat doğal gaz ve kalitesi yüksek kömür kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte hava kalitesinde iyileşme olduğunu, 2007 yılına gelindiğinde SO₂ konsantrasyonunu en çok artıran kaynakların endüstri ve konutlarda ısınma olduğunu hatta kış mevsiminde şehrin tamamında SO₂ seviyesinde artış

olduğu belirtilmektedir (Elbir vd. 2010). Hatta 1993 yılının kışın bazı aylarında Fatih ilçesinde kükürt dioksit değerinin birkaç günlük ortalamasının 2.000 mg/Nm³ olduğu tespit edilmiş olup, bu değer insan sağlığı açısından çok yüksek seviyedir (URL-5, 2011). Ankara için ise, SO₂'nin en büyük kaynağının ısınma olduğunu ve bunun da ısınmada kalitesi düşük kömür kullanımından kaynaklandığı belirlenmiştir (Duman-Yüksel, 2015). Özellikle 1970 ve 1980'li yıllarda hava kirliliğinin ciddi boyutlara ulaştığı gözlemlenmiştir (URL-5, 2011). İzmir'de ise, SO₂ emisyonun kaynakları ise yaklaşık olarak %93 oranında şehir merkezi çevresinde kurulu bulunan endüstriyel tesisler olduğu gözlemlenmiştir (Elbir ve Müezzinoğlu, 2004).

Ulaşımdan kaynaklanan SO₂ konsantrasyonu, diğer antropojenik kaynaklardan kaynaklı kükürt oksitlerin ancak yüzde bir kaçını teşkil etmektedir. Ulaşımdan kaynaklanan diğer kirleticilerin seviyelerinin yüksek olmasına rağmen SO₂ konsantrasyonunun düşük olmasının nedeni ise, yakıt olarak kullanılan petrol ve doğal gazın içeriğindeki kükürt oranının, kömüre göre daha düşük olmasıdır. Çünkü petrol ürünlerindeki kükürt oranı %0,04 - %0,08 arasında olup, bu kükürt oranının düşük olmasının nedeni ise ham petrolün içeriğindeki kükürdün rafine edilirken büyük bir kısmının uçarak ayrılmasıdır. Doğal gazda ise bu oran petrolden daha da azdır (Taş, 2006).

Atmosferde oluşan SO₂ konsantrasyonunun kaynağı olarak yaklaşık %35-65 arasında bir orana sahip olan doğal kaynakları ise, yanardağlar, orman yangınları ve okyanuslardan çıkan sülfat partikülleri oluşturmaktadır (Han, 2012, Azam vd. 2016, GÜL, 2018, Çapraz, 2013). Doğal kaynakların oluşturduğu kükürt oksitler antropojenik kaynakların aksine atmosfere doğrudan kükürt oksitler olarak karışmayıp hidrojen sülfür (H₂S) olarak oluşup, daha sonrasında atmosferdeki ozonla (O₃) yükseltgenerek kükürt oksitleri oluşturmaktadır. Bu reaksiyon ise;



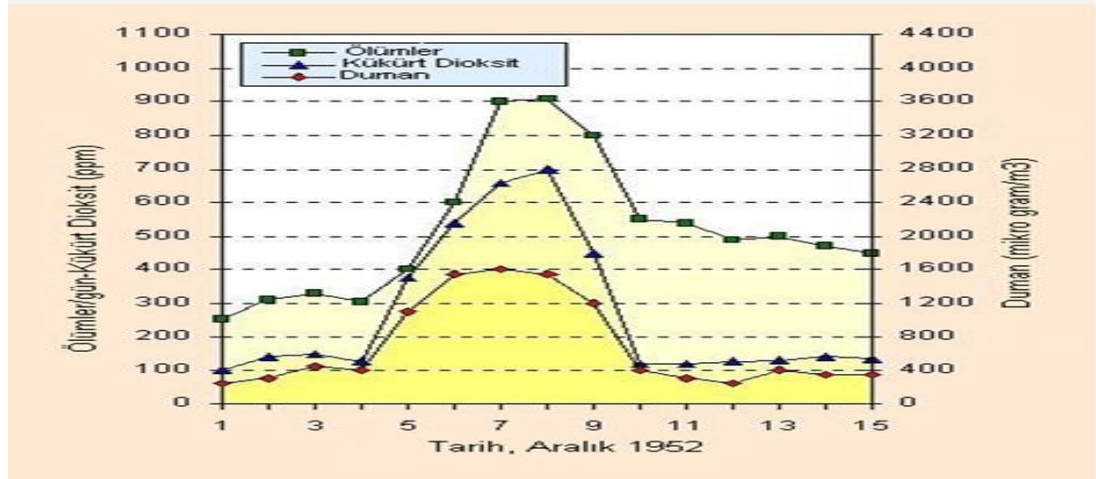
olarak 1960'lı yıllardan sonra kabul edilmeye başlanmıştır (Taş, 2006).

SO₂ basınç altındayken sıvı fazda bulunur ve suda çok kolay çözünebilen bir kirleticidir (GÜL, 2018). Bu özelliğinden dolayı SO₂ havadaki su ile reaksiyona girerek asidik hale gelerek yani sülfirik aside dönüşür ve asit yağmurlarının oluşmasına yol açar (UNICEF, 2016). Asit yağmurları insan ve hayvan sağlığına, bitki örtüsüne, akarsu ve göllerin asitliliğinin artmasına, yapıların ve anıtların korozyonlarının hızlanması gibi olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir (Han, 2012; Kırmacı, 2019; Ozden vd. 2005; URL-9, 2017).

SO₂'nin olumsuz etkilerine karşı en duyarlı olan gruplar, astım ve kalp hastalığı veya kronik akciğer hastalığı (bronşit veya amfizem gibi) olanlar ile çocuklar ve yaşlılardır (URL-9, 2017).Yüksek SO₂ konsantrasyonlarına maruz kalınması halinde insanlarda, solunum yollarının tahriş olmasına, solunumun durması ve tıkanıklığı, solunum yolu hastalıkları, kalp-damar hastalığı ve mevcut kardiyovasküler hastalıkların şiddetlenmesi veya ölüme yol açabilmektedir (UNEP, 2017). Özellikle kalp ve akciğer hastalıkları olanlar arasında ölüm oranlarını artırdığını yapılan bazı çalışmalar göstermiştir (UNICEF, 2016). SO₂'nin suda kolay çözünebilir olması kan dolaşımına kolayca girmesine, hatta kronik etkisinden çok akut etkisiyle sülfirik asit gibi etkilere yol açarak tahriş etmekte ve ince tozların yüzeyine absorbe olmasıyla da akciğerlerin derinliklerine kadar inerek olumsuz sağlık problemlerine neden olabilmektedir (Akyürek, 2012; URL-26, 2020). Orta seviyedeki konsantrasyonlara maruz kalındığında ise astımlı olanların akciğer fonksiyonlarında azalmalara yol açabilmektedir (Subramani vd. 2014). Endüstriyel bölgelerde düşük seviyelerdeki konsantrasyonlara maruziyette bile ileri düzeyde bronşite, burun yerine ağızdan solunum yapmaya, hızlı ve derin nefes alıp vermede artışa neden olarak bol miktarda nefes alıp vermesinden dolayı fazla tahrişe yol açabilmektedir (Azam vd. 2016). Özellikle çocuklarda akut solunum yolu enfeksiyonu riskini artırdığı, kardiyorespiratuar hastalığa yakalanma ve ölüm oranlarında artışa yol açtığı çalışmalarda ortaya konmuştur (Türk vd. 2008).

Kükürt dioksitin (SO₂) insanlara olan etkilerine İngiltere'de yaşanmış elim bir olay nedenli tehlikeli olabileceğini göstermektedir. 1952 yılında Londra'da yaşanan Şekil 2.8'de görüldüğü gibi bacalardan atılan kirleticilerin ölümcül etkisi, hem atmosferdeki inversiyon olayının hem de bacalardan kirleticilerin salınımının devam

etmesi sonucu kirletici konsantrasyonlarının sınır değerlerin çok çok üzerine çıkarak 5.000 kişinin ölmesine ve 12.000 kişi solunum sistemi hastalığına yakalanması neden olmuştur. Bu olay İngiltere için bir milat olmuş ve sonucunda mevzuatlarda, ısınmada kullanılan yakıtların özelliklerinde ve yakma sistemlerinde düzenlemelere gidilmiştir (URL-5, 2011).



Şekil 2.8 1952 Yılında Londra Yaşanan Hava Kirliliğinin Etkileri (URL-5, 2011)

2.2.1.3. Azot oksitler (NO, NO₂ ve NO_x)

Yedi adet bileşiğin genel olarak adına azot oksitler (NO_x) denilmektedir. Bu yedi adet bileşikler ve özellikleri ise aşağıda Tablo 2.4’de verilmiştir (EPA, 1999). Genellikle azot oksitler, yüksek sıcaklıkta yakıtların yanması sonucu havada doğal olarak bulunan azotun oksijen gazıyla reaksiyonu ile meydana gelmektedirler (Çapraz, 2013). Azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO₂) atmosferde bulunan en önemli azot oksit bileşikleridir (Özdemir, 2008, URL-6, 2013). Azot oksitler (NO_x) uçucu organik bileşiklerle reaksiyona girerek yeryüzüne yakın seviyelerde ozon (O₃) oluşumuna yol açarak sis meydana getirmektedirler (GÜL, 2018). Şehirlerde kahverengi pus şeklinde görünmektedirler (URL-6, 2013). Azot oksitler atmosferde bir gün gibi kısa sürede nitrik aside dönüşerek asit yağmuru oluşumundan sorumludur (Çapraz, 2013).

Tablo 2.4 Azot Oksitler (NO_x)(EPA, 1999)

Formülü	Adı	Özellikleri
NO	Azot monoksit	Renksiz bir gaz
NO ₂	Azot dioksit	Kırmızı-kahverenkli bir gaz
N ₂ O	Diazot oksit	Renksiz ve suda çözünür
N ₂ O ₂	Diazot dioksit	Suda biraz çözünür
N ₂ O ₃	Diazot trioksit	Siyah renkli ve katıdır. Suda çözünür, suda ayrışır.
N ₂ O ₄	Diazot tetroksit	Suda çözünür, suda ayrışır.
N ₂ O ₅	Diazot pentoksit	Beyaz renkli ve katıdır. Çok suda çözünür, suda ayrışır.

Tablo 2.4'te görüldüğü üzere azot monoksit (NO), suda çözünürlüğü düşük olan renksiz ve kokusuz gazdır (Gül, 2018). Azot oksitler atmosferde azot dioksiti (NO₂) oluşturan ve ozon veya diğer radikallerle reaksiyona giren azot monoksit (NO) formunda bulunmaktadır (Kampa ve Castanas, 2008). Azot dioksit (NO₂) yanıcı özelliği olmayan, kırmızı-kahverengimsi renkli, keskin kokulu ve toksik bir gaz olup, azot monoksitin oksidasyonu sonucu meydana gelmektedir (Han, 2012; UNEP, 2017). Azot dioksit (NO₂) yalnız önemli bir hava kirleticisi olmakla beraber, atmosferde ozon (O₃) ile reaksiyona girerek asit yağmurları oluşturabilmektedir (EPA, 1999). Azot dioksit (NO₂) diğer azot oksitler ile beraber hava ortamında bulunan kimyasallarla reaksiyona girerek, hem partikül maddeleri hem de ozonu oluşturmaktadırlar (Gül, 2018). Azot dioksit (NO₂) insan sağlığını en fazla olumsuz etkileyen azot oksit ailesine mensup kirleticilerden birisidir (Tosun, 2017). Kırmızı-kahverenginden dolayı azot dioksit seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde havanın rengi değiştirmekte ve görüş mesafesi düşmektedir (Gül, 2018). Havanın nemli olduğu durumlarda su buharı ile reaksiyona girerek asit yağmurlarının bileşenlerinden korozyon özelliği olan nitrit aside dönüşmektedirler (Çapraz, 2013). Ozonun oluşumundan da sorumlu olan azot dioksit (NO₂) konsantrasyonu, havadaki azot oksitlerin konsantrasyonunu temsil etmede yeterli bir çevresel gösterge olarak kabul edilmektedir (EPA, 1999).

Azot oksitler antropojenik ve doğal kaynaklar olmak üzere iki kaynaktan üretilmektedirler. Antropeojenik ve doğal kaynaklar atmosfere eşit miktarda azot oksit atmaktadır (İbrahimova, 2013). Bu azot oksit kaynaklarından doğal kaynaklar

dünya üzerinde yaklaşık olarak eşit olarak dağılmasına mukabil, antropojenik kaynaklar ise nüfus yoğunluğuna göre değişim göstermektedir (Özdemir, 2008). Doğal veya biyogenik kaynaklar orman ve anız yangınları, ağaçlar, çalılar, çimenler, topraktaki organik çürümeler ve mikrobiyolojik işlemler ve yıldırım sayılabilir. Antropojenik kaynakların yaklaşık olarak %50'sini mobil kaynaklar, %20'sini elektrik santralleri ve %30'unu ise diğer tüm kaynaklar oluşturmaktadır (Gül, 2018; EPA, 1999). Genel olarak antropojenik kaynaklar ise, motorlu taşıtlar, ulaşım, elektrik santralleri, konutlarda ve endüstride kullanılan fosil yakıtlar, pistonlu kıvılcım ateşleme ve sabit kaynaklardaki dizel motorlar, endüstriyel kazanlar, demir ve çelik fabrikaları, çimento üretimi, cam üretimi, petrol rafinerileri, yakma fırınları, gaz türbinleri ve nitrik asit üretimi sayılabilir (EPA, 1999; Newby vd. 2014; UNICEF, 2016; URL-6, 2013). Sabit kaynaklardan atmosfere atılan NO_x emisyonlarının yaklaşık %40'ını elektrik santralleri üretmektedirler (EPA, 1999). 2017 yılındaki verilere göre AB-28 ülkelerinde ise azot oksit kaynakları, karayolu taşımacılığı %39, endüstride enerji üretimi ve dağıtımı %16, ticari, kurumsal ve konutlar %14, Endüstride enerji kullanımı %12, Tarımsal %8, Karayolu dışı taşımacılık %8, Endüstriyel prosesler ve ürün kullanımı %3 olarak tespit edilmiştir (AÇA, 2019). Ayrıca Dünya genelinde yayılan NO_x emisyonlarının %15'inin gemi trafiğinden kaynaklandığı da tahmin edilmektedir. Gemilerdeki motorların tipi, kullanılan yakıtın türü ve tüketim miktarı ile seyahat süresi azot oksit emisyonlarının oluşmasında etkilidir (Menteşe ve Yarımtepe, 2012). Karayolu taşımacılık sektörünün yoğun olduğu şehirlerde, nüfus yoğunluğunun fazla olması ve karayolu emisyonlarının yeryüzüne yakın olması sebebiyle ortamdaki azot dioksit (NO₂) konsantrasyonu yüksek olmaktadır (AÇA, 2019). Bu yüzden trafiğin yoğun olduğu şehirlerde ve karayolu yakınlarında azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO₂) konsantrasyonları fazla olmaktadır (Subramani vd. 2014). Ayrıca karayolu taşımacılığı yanında azot dioksit (NO₂) emisyonlarını oluşturan diğer kaynaklar enerji üretimi, endüstriyel kaynaklar ve konutlardaki ısınmadır (Newby vd. 2014). Bunun yanında azot monoksit (NO) topraklardan, yıldırımlardan ve doğal yangınlar gibi doğal kaynaklara hariç büyük ölçekte antropojenik kaynaklı olup, hatta oluşan toplam azot monoksit (NO) miktarının %90'ından fazlası antropojenik kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir (EPA, 1999). Yapılan araştırmalarda şehir merkezlerindeki ozon (O₃) seviyesinin kırsal bölgelere düşük olduğu gözlemlenmiş

ve bununda trafik yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde trafik kaynaklı azot monoksit (NO) konsantrasyonunun yüksek olması ve bu azot monoksitin (NO) ozon (O₃) ile reaksiyona girerek azot dioksit (NO₂) oluşturması, kırsal bölgelerde ise ortamda bulunan ozonla (O₃) reaksiyona girecek kirletici kaynakların olmaması kanısına varılmıştır (Dumanoğlu ve Bayram, 2013). İzmir ile ilgili yapılan bir araştırmada şehir merkezi etrafındaki endüstriyel kaynakların toplam azot oksit (NO_x) emisyonunun % 80'nini oluşturduğu ortaya çıkmıştır (Elbir ve Müezzinoğlu, 2004).

Ayrıca azot dioksiti (NO₂) oluşturan kaynaklar (çoğunlukla trafikten kaynaklı azot monoksit (NO) olduğu düşünüldüğünde) göz önünde bulundurulduğunda meteorolojik şartların doğrudan bir etkisi zordur. Ancak güneşlenme ve sıcaklık ile arasında ters orantı olduğu, rüzgâr hızının ise oluşması ve bozunma reaksiyonlarına değilde seyrelmelerine etkisi olduğu tespit edilmiştir (Dumanoğlu ve Bayram, 2013). Avrupa Birliği üye ülkelerin tarafından ölçülen azot dioksit (NO₂) konsantrasyonlarına, değişik sektörler ve kaynaklardan salınan kirleticinin miktarının yanında emisyonun oluşum koşulları, meteorolojik koşullar ve alıcı ortamlara uzaklığına bağlı olduğu raporlanmıştır (AÇA, 2019).

Asya, Avrupa ve Amerika'daki şehirlerde azot dioksit (NO₂) konsantrasyonlarının yüksek tespit edilmesinin nedeninin, Dünya şehirlerinde bu kirleticinin ana kaynağı olan trafikteki araç sayısının fazla olması olduğu kanısına varılmıştır (Baldasano vd. 2003). Avrupa Birliği üye ülkelerinin on altısında ve ölçtükleri değerleri raporlayan diğer dört devlette ölçülen azot dioksit (NO₂) konsantrasyonunun DSÖ sınır değerlerini aştığı, hatta ölçüm yapılan tüm istasyonların %10'unda sınır değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir (AÇA, 2019).

Azot oksitler (NO_x) insanlarda karaciğer, akciğerler, dalak ve kanı olumsuz etkileri olup, solunum yolu hastalıklarına yolaçaralar (Han, 2012, UNICEF, 2016, URL-6, 2013). Özellikle azot dioksitin (NO₂) çocuklar, yaşlılar ile astımlı kişilerin akciğerlerinde akut ve kronik etileri olmaktadır (Subramani vd. 2014, Dumanoğlu ve Bayram, 2013). Asit yağmurlarına sebep olmasından ötürü asit birikimine yol açarak toprak, orman, göl ve nehirlerin ekosistemlerine olumsuz etkiler. Bu kirletici

ortamdaki azot miktarını artırdığından toprak ve suda bulunan bitki ve alglerin büyüme dengesini bozmakta, suda oksijen azalmasına yol açarak balık ve diğer canlıların ölümünde kadar sebep olabilmektedir. Asidifikasyona sebep olmasından dolayı topraklardaki organik maddelerin parçalanmasına ve bitki besin maddelerinin azalmasına yol açarak toprağın verimliliğini düşürmektedir (URL-6, 2013). Azot oksitler oksitleyici özelliğinin yüksek olmasından dolayı binalarda korozyona sebep olarak aşındırılar (Gül, 2018).

Azot oksitlerden olan azot monoksit (NO) karbon monoksit ile insanlarda oksijenin kana geçişini engellemektedir. Ayrıca suda az çözünürlüğünden dolayı bebekler ve risk grubundaki kişiler haricinde insanlar için çok tehlikeli değildir (EPA, 1999). Azot monoksitin (NO) yüksek konsantrasyonlarda özellikle kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) hastalarında olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir (DSÖ, 2016c). Azot dioksitin (NO₂) azot monoksite (NO) göre insan sağlığına ve ekosistemlere olumsuz etkileri daha fazla olup, yüksek konsantrasyonları toksiktir (Akyürek, 2012). Azot dioksit (NO₂) kentsel ve endüstriyel alanlarda bulunmasından ötürü reaktif özellikte ve sağlık için tehlikeli bir kirleticidir (UNEP, 2017). Azot dioksite (NO₂) uzun süreli maruz kalındığında solunum sistemine zara vererek bronşit ve astım semptomlarının artmasına, akciğer kanseri ve akciğerlerin fonksiyonlarının bozulmasına ve kalp yetmezliğine yol açmaktadır. Çocuklarda ise akciğer hastalıkları, solunum, kardiyovasküler vb. nedenlerden dolayı ölüme kadar sebep olabilmektedir (Newby vd. 2014, DSÖ, 2016c, UNEP, 2017). Azot dioksite (NO₂) kısa süreli maruziyette ise, solunum yollarına olumsuz etkileri saptanmış, ancak kardiyovasküler hastalık ve ölümlere kadar sebep olması uzmanlarda düşündürücü bir etkisi olmuştur (DSÖ, 2016c). Azot dioksit (NO₂) genellikle insanlarda, öksürük, hırıltılı solunum, göz, burun v boğazda tahriş, baş ağrısı, nefes darlığı, göğüs ağrısı, terleme ve ateş gibi olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Azam vd. 2016).

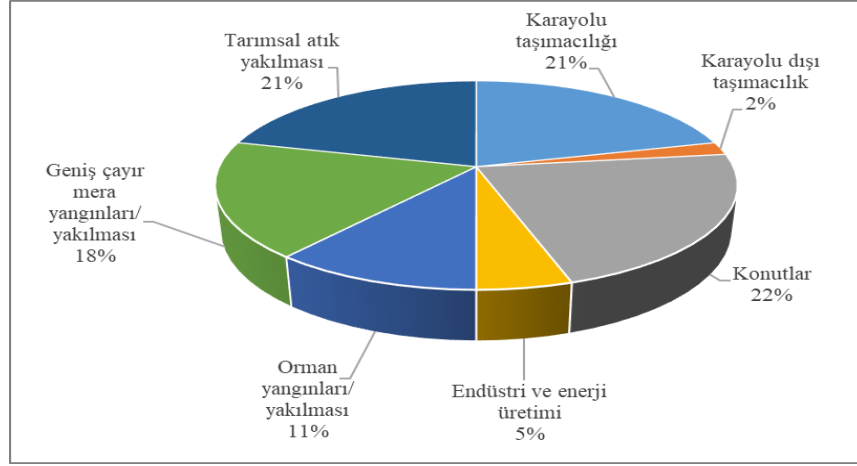
2.2.1.4. Karbon monoksit (CO)

Karbon monoksit (CO) renksiz, kokusuz, tatsız, tahriş edici özelliği olmayan, toksik ve çok yanıcı bir gazdır (Han, 2012; UNEP, 2017; URL-2,1999). Karbon monoksit

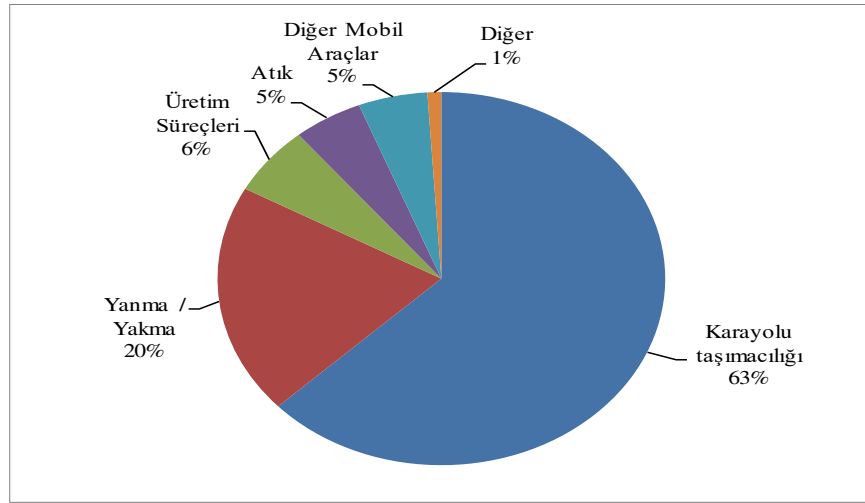
genellikle yakıtların eksik yanmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Akyürek, 2012; Kırmacı, 2019; Tosun, 2017; URL-2,1999). Atmosferde hava kirleticilerinden en yaygın ve zararlı olanlarından birisidir (Taş, 2006, Subramani vd. 2014, URL-2,1999). Özellikle kapalı ortamlarda belirli bir seviyenin üzerinde birikim sağladığında canlılar için zehirli olabilmektedir (Akyürek, 2012). Konsantrasyonunu mg/m^3 olarak ölçülmekte olup, diğer kirletici parametreler ise daha küçük birim cinsinde $\mu\text{g/m}^3$ olarak ölçülmektedir (URL-2,1999).

Karbon monoksit atmosfere direk olarak karbon monoksit gazı olarak salınabilir veya metan gibi diğer kirleticilerin kimyasal reaksiyonları sonucu oluşabilmektedir (URL-2,1999). Birincil kirleticilerden olan karbon monoksit (CO) genellikle oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı, kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi çeşitli faktörlerden birinin eksikliğinde yanmanın tam olmaması sonucunda karbon dioksit (CO_2) yerine eksik yanma ürünü olarak ortaya çıkmakta, antropojenik ve doğal olmak üzere iki kaynağı bulunmaktadır (Kırmacı, 2019; Tosun, 2017). Karbon monoksit (CO) oluşumu ile karbon dioksit (CO_2) oluşumu bir biri ile ters orantılıdır. Tam yanma olmadığında Karbon monoksit (CO) miktarı artarken karbon dioksit (CO_2) miktarı azalır (Akyürek, 2012). Karbon monoksit (CO) atmosferde yaklaşık olarak üç ay bekleme süresine sahip olmasından dolayı, organik kirleticilerden kaynaklanan karbon monoksit (CO) oluşması atmosferin tüm noktalarında mevcuttur (URL-2,1999). Antropojenik kaynaklar, ulaşım sektörü (otomobiller, kamyonlar, gemi, lokomotif ve diğer araçlar), fosil yakıtları kullanan kazanlar, evlerde kullanılan soba, fırın ve gazlı ısıtıcılar, metalurji ve kağıt yapımı endüstrisi ve formaldehit üreten tesisler bazılarıdır (UNEP, 2017; UNICEF, 2016; URL-23, 2020). Avrupa Çevre Ajansı'nın (AÇA) raporlarına göre, Dünya genelinde karbon monoksiti oluşturan kaynakların aşağıdaki Şekil 2.9'da görüleceği üzere yarısını orman, büyük çayır ve mera yangınları ile tarımsal atıkların yakılması olduğu anlaşılmaktadır. AB üye ülkelerinde ise, Şekil 2.10'dan anlaşılabacağı üzere yaklaşık olarak üçte ikisini karayolu taşımacılığı oluşturmaktadır. İki Şekil (Şekil 2.9 ve Şekil 2.10) karşılaştırıldığında ise, AB ülkelerinde karayolu taşımacılığı, yanma ve üretim süreçlerinden kaynaklanan karbon monoksit emisyonu Dünyada oluşandan daha fazla olduğu, küresel ölçekte ise konut emisyonları, orman, büyük çayır ve mera

yangınları ile tarımsal atıkların yakılmasının AB ülkelerinden daha fazla emisyonu sahip olduğu görülmektedir (URL-2,1999).



Şekil 2.9 Dünya'daki Karbon Monoksit Kaynaklarının Oranları (1990)(URL-2,1999)



Şekil 2.10 Avrupa'daki Sektörlere Göre Karbon Monoksit Kaynaklarının Oranları (1994)(URL-2,1999)

Antropojenik kaynaklardan karbon monoksitin en önemli ve ana kaynağı karayolu taşımacılığı yani motorlu taşıtların egzozlarıdır (Han, 2012). Avrupa Çevre Ajansı'nın 2006 yılı verilerine göre trafiğin yoğun olduğu şehirlerde oluşan karbon monoksit konsantrasyonlarının yaklaşık %43,9'unun motorlu taşıtların egzoz gazlarından kaynaklandığı belirlenmiştir (Alkan, 2018). Şehirlerdeki karbon monoksitin seviyesi yola yakın noktalarda yüksek olup, yoldan uzaklaştıkça azalmaktadır (Özdemir, 2008). ABD'de oluşan tüm karbon monoksit emisyonlarının

üçte ikisinin, şehirlerde oluşan toplam karbon monoksit emisyonlarının ise %95'inin motorlu taşıtların egzoz gazlarından kaynaklandığı hesaplanmaktadır (URL-9, 2017). Hatta karbon monoksit sigara dumanındaki gaz fazındaki en zararlı maddelerden olup, sigaranın içindeki tütünün tam yanmamasından kaynaklanmaktadır (Güllü ve Karakaş, 2013; Çetin vd. 2021). Karbon monoksitin uzun yıllardır kaynağının antropojenik kaynaklar olduğu, hatta 1972 yılına kadar doğal kaynaklardan kaynaklı karbon monoksitin ihmal edilebilecek kadar az olduğu sanılmaktaydı. Daha sonra yapılan araştırmalar sonucunda bu tezin aksine doğal kaynakların büyük miktarlarda karbon monoksit oluşturduğu ortaya çıkmıştır (Taş, 2006). AÇA'ya göre oluşan karbon monoksitin yaklaşık üçte birinin doğal kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir (URL-2,1999). Doğal kaynaklar ise biyolojik aktivitelerdir (Tosun, 2017).

Avrupa Hava Kalitesi 2016 Raporuna göre, Avrupa'daki 746 istasyondaki verilere göre şehirlerde trafiğin yoğun olduğu saatlerde ve büyük sanayi bölgelerinde karbon monoksit seviyelerinin yüksek olduğu belirlenmiş, yapılan yasal düzenlemeler ve denetimler sonucunda ise 2000 – 2014 yılları arasında %45 oranında azalma olduğu ortaya çıkmıştır (Tosun, 2017). Avrupa Hava Kalitesi 2019 Raporuna göre ise, karbon monoksit konsantrasyonlarının 2016 Raporundaki gibi aynı paralelde tespitler yapılmış ve 2017 yılında yalnız dört istasyonda sınır değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir (AÇA, 2019).

Karbon monoksitin doğrudan bitkilere olumsuz etkisi olduğu tespit edilmemiş, ancak karbon dioksit (CO_2) ve ozon (O_3) oluşumundan sorumlu olduğundan dolayı olarak küresel ısınmaya ve ozonun bitki örtüsüne ve malzemelere olan olumsuz etkilerine dolayı olarak katkıda bulunmuş olmaktadır (URL-2,1999).

Karbon monoksit renksiz ve kokusuz bir gaz olduğundan ev ortamında görmek, tatmak veya koklamak imkânsız olduğundan farkına varmadan bizler için zararlı olmaktadır. Karbon monoksitin olumsuz etkileri maruz kalmanın süresine ve miktarına, insanların yaşına ve sağlık durumuna göre değişebilmektedir (URL-23, 2020). Karbon monoksit kana kolayca emilebildiğinden kan dolaşımına girerek vücutta doku ve organlara oksijen gitmesini engellemektedir (Han, 2012; Subramani vd. 2014; URL-23, 2020). Çünkü karbon monoksitin hemoglobine bağlanması

oksijene göre 250 kat daha fazladır (Azam vd. 2016). Karbon monoksit düşük konsantrasyonlarda maruz kalınması halinde, genel olarak baş ağrısı, baş dönmesi, mide bulantısı, halsizlik, zihinsel karışıklık, bilinç kaybı, kalp ritimsizliği olanlarda göğüs ağrısına yol açabilmekte, hatta uzun süreli veya sürekli maruz kalındığında ise sinir ve kardiyovasküler sistemi etkileyebilmektedir (UNEP, 2017; URL-23, 2020). Orta seviyelerde görme bozukluğu, göğüs ağrısı ve beyin fonksiyonlarının yavaşlamasına sebep olmaktadır (URL-23, 2020). Yüksek konsantrasyonlarda, baş ağrısı, baş dönmesi, görme bozukluğu, mide bulantısı, bilişsel işlevsellik ve kabiliyetin azalmasına neden olabilmektedir (UNICEF, 2016). Hatta yüksek seviyelerde yetersiz ısıtma ve havalandırmasız iç mekânlarda boğulmalara bile neden olabilmektedir (Ashoor, 2019). Çok yüksek konsantrasyonlarda ise bilinç kaybı veya ölümcül olabilmektedir (UNICEF, 2016; URL-23, 2020). Karbon monoksit en çok kardiyovasküler hastalıklı bireylerin sağlığı için tehdit oluşturmakta olup, sağlıklı kişiler için ise yüksek konsantrasyonlara maruz kalınması halinde etkilemektedir (URL-9, 2017). Her yıl çok sayıda kişi dış ortamlara göre daha yüksek karbon monoksit konsantrasyonuna sahip iç ortamlarda maruz kalarak ölmektedir. Örneğin Flanders'da 1987–1988 yılları arasında genellikle bilmeden maruz kalan 100 kişinin öldüğü, 1997 tarihli bir çalışmaya göre ise Londra'da kalp krizlerine yol açtığı tahmin edilmektedir (URL-2,1999).

2.2.1.5. Hidrokarbonlar (HC)

Atmosferde bulunan ana kirleticilerden birisi olan hidrokarbonlar (HC) gaz ve uçucu sıvı şeklinde bulunabilmektedirler (Akyürek, 2012; Subramani vd. 2014). Genellikle hidrojen ve karbondan oluşmaktadırlar (Taş, 2006). Hidrokarbonlara örnek olarak benzen, propan, benzin bileşenleri verilebilir (Han, 2012). Hidrokarbonlar kimyasal yapısına göre doymuş veya doymamış, bağ yapılarına göre ise dallanmış veya düz zincir veya halka şeklinde olabilmektedirler (Subramani vd. 2014). Alifatik ve aromatik hidrokarbonlar olarak iki grupta incelenmektedirler. Alifatik hidrokarbonlar karbonların birleşmesi sonucu düz zincirli ve doymuş hidrokarbonlar biçiminde olup, alkanlar, alkenler ve alkinler bu grupta yer almaktadır. Parafin, metan, etan, propan ve butan örnek olarak verilebilir. Aromatik hidrokarbonlar ise doymamış ve halkalı bileşiklerden oluşup, benzen, antrasen ve naftalin bunlardan bazılarıdır (Akyürek,

2012; Tozsın, 2003). Atmosferdeki kalma süreleri tam olarak bilinemesi de, örneğin HC'lerin çoğunluğunu oluşturan metanın ömrü yaklaşık 0,94 yıl olduğu tahmin edilmektedir (Taş, 2006).

Atmosferdeki hidrokarbonlar (HC) hem doğal hem de antropojenik kaynaklı olup, çoğunluğunun kaynağı ise doğaldır. Doğal kaynaklardan mikrobiyal bozunmaların sonucu meydana gelen biyolojik reaksiyonlar en önemlileridir. Hidrokarbonların (HC) diğer kaynakları ise jeotermal alanlar, kömür yatakları, petrol tesislerindeki doğal gazlar ve doğal yangınlardır. Bitki ve ağaçlar tarafından doğal olarak üretilen hidrokarbonlar, hatta ormanların üzerinde zaman zaman pus biçiminde aerosollerin oluşması sonucu "mavi pus" olarak bilinen hava kirliliğine yol açabilmektedirler (Taş, 2006). Hidrokarbonlar genel itibarıyla, kömür, petrol, doğal gaz vb. fosil yakıtların yanması ve endüstriyel solventlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadırlar (Kırmacı, 2019). Hidrokarbonların ana kaynağı önce belirtildiği gibi esas olarak petrol kökenli olup, petrolün özelliği ve üretim havzasına göre hidrokarbon türleri de değişebilmektedir (Tozsın, 2003). Alifatik hidrokarbonlar, petrol, doğal gaz, doğal kauçuk ve metal karbürlerinden, aromatik hidrokarbonlar ise maden kömürünün damıtılması sonucu oluşan katrandan elde edilmektedir (Tozsın, 2003). Örneğin Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) karbon içeriği yüksek olan odun, büyükötle, kömür, petrol, gaz ve çöp gibi yakıtların yanması sonucu oluşur ve özellikle kış aylarında insan sağlığı açısından endişe verici boyutlara ulaşabilmektedir (Azam vd. 2016; DSÖ, 2016c; UNICEF, 2016; URL-9, 2017). Antropojenik hidrokarbon kaynaklarına örnek olarak, motorlu araç egzozları, akaryakıt istasyonlarındaki akaryakıtın dolumu ve boşaltımı, boyama işlemleri ve kuru temizlemede kullanılan kimyasallar ile petrol rafinerilerindeki oluşumlar verilebilir (Taş, 2006). Avrupa Çevre Ajansı'na göre Avrupa'da oluşan hidrokarbon emisyonlarının %26,2'sinin, Dünya'daki HC emisyonlarının ise %53'ünün kaynağının motorlu araçlar olduğu tahmin edilmektedir (Alkan, 2018, Atımtay, 2003). Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD) yapılan araştırmalarda antropojenik kaynaklı oluşan hidrokarbonların %55'inin ulaşım, %27'sinin katı atıklar, %15'inin endüstriyel faaliyetler ile %3'ünün konutlardaki yakmalardan oluştuğu ortaya çıkmıştır (Taş, 2006).

HC'ler tek başlarına atmosferde zararlı etkileri olmayıp, diğer maddelerle kimyasal reaksiyonlara girerek zararlı maddelerin oluşumuna yol açarlar (Subramani vd. 2014). Hidrokarbonlar (HC) atmosferde fotokimyasal reaksiyonlar sonucunda duman (smog) olayının meydana gelmesine yol açarak kirletici ve zehirli maddelere dönüşebilmektedirler (Atımtay, 2003). HC'ler atmosferde bulunan diğer maddelerle reaksiyonları neticesinde meydana gelen hidrokarbonlar, reaksiyona girmeden önceki toksikliğinden daha çok zararlı etkiye sahip olabilmektedirler (Kırmacı, 2019). Hidrokarbonlar insanlara kontamine olmuş su veya yiyecekler ile bulaşmış maddelere doğrudan temas edilmesiyle alınabilmektedir (URL-9, 2017).

Duman, sis, sigara vb. hidrokarbonlara yüksek konsantrasyonlarda maruz kalanlar veya temas edenlerde kan kanseri, akciğer kanseri, göz bozuklukları, solunum sistemi hastalıkları, merkezi sinir sistemi tutulması, dikkat eksikliği, hiperaktivite bozukluğu ve öğrenme güçlüğüne yol açmaktadırlar (Atımtay, 2003; Azam vd. 2016; Raaschou-Nielsen vd. 2016; UNICEF, 2016). Hidrokarbonlardan doğrudan etkisi bilinen ve tek doğal kirletici olan etilenin atmosferdeki bazı konsantrasyonları bitkilerin büyümesine olumsuz etkileri olmaktadır (Tozsın, 2003). PAH içeren havaya maruz kalan gıda ve cilt ile doğrudan temas eden kemirgen hayvanlar da tümör oluşmasına ve doğum kusurlarına yol açtığı ortaya çıkmıştır (URL-9, 2017).

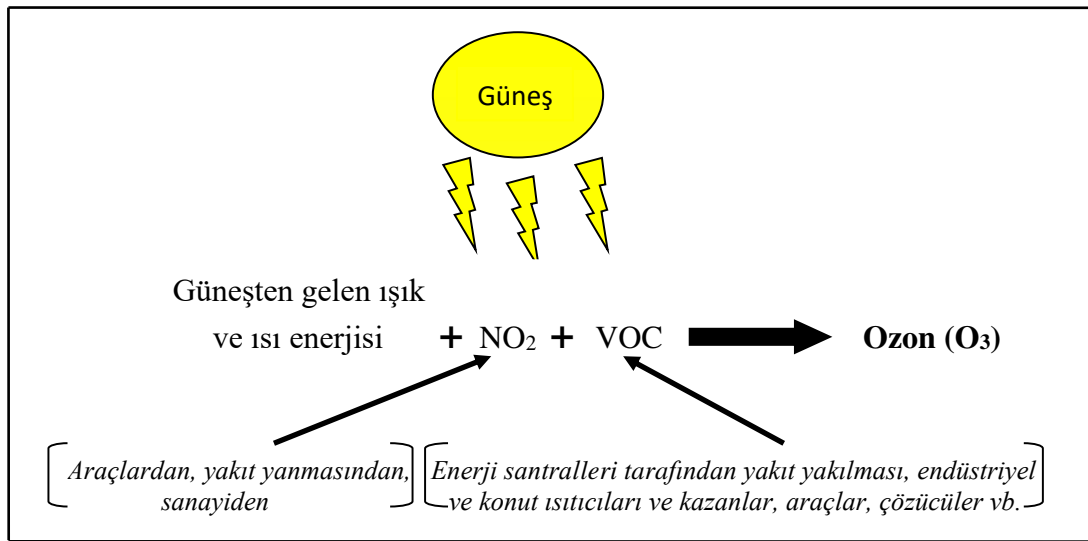
2.2.2. İkincil Kirleticiler

İkincil kirleticiler doğrudan yanma sonucu oluşan birincil kirleticilerin atmosferde kimyasal reaksiyonları sonucu oluşmaktadırlar. Bu reaksiyonların oluşmasına güneş ışınları, su buharı ve diğer bileşenler birincil kirleticilerin oksidasyonunda önemli bir yere sahiptirler (Brook vd. 2010). İkincil kirleticiler atmosferde çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşmakta ve doğrudan yayılmaktadırlar (Akyürek, 2012). Güneş ışığının varlığında gerçekleşen bu reaksiyonlar sonucunda fotokimyasal oluşumlar meydana gelmektedir (Aydın, 2006). Güneş ışığını fazla olan şehirlerde fotokimyasal smog daha fazla oluşmaktadır (Ashoor, 2019). İkincil hava kirleticileri en yaygın olan ozon (O_3), PBN (peroksibenzol nitrat), Kükürt Trioksit (SO_3), Sülfürik Asit (H_2SO_4), aldehytler (formaldehit vb.), ketonlar, asitler (nitrik asit,

formik ve asetik asit vb.), hidroksil radikali, Endüstriyel Duman, vb. oluşturmaktadırlar (Brook vd. 2010; Çapraz, 2013; Kırmacı, 2019).

2.2.2.1. Ozon (O₃)

Ozon (O₃), kokusunun keskin olmasından dolayı Yunanca “ozein” kelimesinden türetilmiştir (Wescler, 2000). Atmosferin ana bileşenlerinden olup, renksiz bir gazdır. Yer seviyesinde ve atmosferin üst kısımlarında bulunmaktadır (Azam vd. 2016). Ozon (O₃) bulunduğu yer göre çevre ve canlıların sağlığı için “iyi” veya “kötü” olabilmektedir. Atmosferin üst kısmında yerin yaklaşık 10-30 mil üzerinde stratosferde doğal olarak oluşan “iyi” ozon bulunup, burada bulunan doğal ozon canlıları güneşten kaynaklı zararlı ultraviyole ışınlarına karşı korumaktadır (URL-22, 2020). Troposferik veya yer seviyesindeki ozon olarak adlandırılan ozon, çevre ve canlılar için “kötü-zararlı” olup, çocuklar, yaşlılar ve akciğer hastalığı olan kişilerin sağlığını olumsuz etkilemektedir. Doğrudan havaya yayılmayıp antropojenik faaliyetler otomobiller, enerji santralleri, endüstriyel kazanlar, rafineriler, kimyasal tesisler vb. kaynaklardan meydana gelen azot oksitler (NO_x) ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) güneş ışığının etkisiyle kimyasal olarak reaksiyona girmeleri sonucu oluşurlar (URL-22, 2020).



Şekil 2.11 Troposferdeki (Yer Seviyesindeki) Ozonun Oluşumu (URL-9, 2017)

Şekil 2.11’de gösterildiği üzere ozonun oluşumunda güneş ışınlarının etkisi büyük olup, sıcak ve güneşli gün sayısı fazla olan şehirlerde sağlıklı seviyelere ulaşabilmektedir. Uzun mesafelere rüzgârın etkisiyle taşınabilmesinden dolayı kırsal bölgelere taşınarak bu bölgelerde ozon seviyelerinin yükselmesine yol açmaktadır (URL-24, 2020). Havanın sıcak, uzun güneşli gün ve genellikle öğleden sonraları yer seviyesindeki ozon seviyesinin yüksek olmaktadır (UNICEF, 2016; Ying vd. 2009). Topoğrafya ve topoğrafik özelliklere bağlı olarak havanın hareketsizliği de ozon seviyesinin yükselmesine yol açmaktadır (Omak vd. 2019; Ying vd. 2009). Ayrıca azot monoksit (NO) konsantrasyonunun fazla olduğu azot oksit (NO_x) emisyonu kaynağının olduğu yerlerde ozon temizlendiğinden şehir merkezlerindeki seviyesi kırsal alanlara göre düşük olmaktadır (DSÖ. 2003). Yani şehir merkezlerinde yoğun bir şekilde bulunan araçlardan kaynaklı azot monoksitin (NO) ozon ile reaksiyona girerek azot dioksit (NO₂) oluşturduğu tahmin edilmektedir. Genel olarak ozon oluşumuna yol açan fotokimyasal reaksiyonlara etkisi olan meteorolojik koşullar; güneşlenme şiddeti, sıcaklık, rüzgâr hızı ve yönü, nem ve yağış olup, en büyük pay ise güneşlenme şiddeti olup, nem ile ters orantılıdır (Dumanoğlu ve Bayram, 2013). Meteorolojik parametrelerden inversiyon, altında bulunan havayı hapsetmesinden dolayı ozon oluşumunun kaynağı kimyasalların ve ozonun seviyesinin yükselmesine sebep olmaktadır. İç ortamlarda ise fotokopi makineleri, lazer yazıcılar vb. ofis ekipmanları, elektrostatik hava filtreleri ve çöktürücüler ozon kaynaklarıdır (Wescler, 2000).

Ozon (O₃) atmosferde uzun mesafelere taşınabilmesinden bulunduğu bölgenin değil sınırları aşan bir etkiye sahip olmaktadır (DSÖ. 2003). Dünya genelindeki büyük şehirler de yapılan araştırmalarda saatlik olarak en düşük ozon konsantrasyonunun Avrupa şehirlerinde olduğu ortaya çıkmıştır (Baldasano vd. 2003). Doğu Akdeniz havzasındaki şehirlerde özellikle yaz aylarında ozon seviyelerinin yüksek olduğu, hatta Orta ve Kuzey Avrupa şehirlerinden farklı olarak kış aylarında bile aralıklı olarak fotokimyasal yükselmeler olduğu gözlemlenmiş ve bunun nedenin ise bu bölgenin bütün yıl güneş ışınlarına maruz kalarak fotokimyasal reaksiyonları desteklemesi olduğu yapılan araştırmalarda ortaya çıkmıştır (Kanakidou vd. 2011). Avrupa şehirleri ile ilgi yapılan araştırmalarda, Avrupa’da şehirlerde yaşayan nüfusun %97’sinin Dünya Sağlık Örgütü’nün 2011 sınır değerlerinin üzerinde,

%17'sinin ise Avrupa Birliği (AB) sınır değerlerini aşan ozon konsantrasyonlarına maruz kaldığı saptanmıştır (İncecik ve İm, 2013). Ülkemizde ise ozon seviyesi yaz aylarında kış aylarına oranla daha yüksek olduğu, bunun nedeninin ise güneş radyasyonuna maruziyetin mevsimsel oluşudur. Bölgesel olarak en yüksek ozon seviyelerinin sanayi, motorlu taşıt sayısı ve sıcaklıktan dolayı Marmara ve İç Anadolu Bölgelerinde olduğu, Akdeniz ve Karadeniz Bölgelerinde ise diğer bölgeler göre daha düşük ozon seviyeleri tespit edilmiştir (Omak vd. 2019). Ülkemizde Çanakkale özelinde yapılan bir araştırmaya göre ozon seviyelerinin Nisan ayından Eylül ayına kadar artış gösterdiği, hatta Ekim ayından Mart ayına kadar da yaz aylarına paralel bir artış eğiliminde gözlemlendiği ortaya çıkmış olup, bu benzerliğin nedenin ozonun yarılanma ömrünün (yaklaşık 200 gün) uzun olması ile alakalı olduğu tahmin edilmektedir (Menteşe ve Yarımtepe, 2012).

Ozon (O_3) insan sağlığı ve ekosistemler için zararlı etkilere sahip olup, genel itibariyle iklim değişikliğine ve tarımsal ürün rekoltesinin azalmasına sahip olmaktadır (Anastasia vd. 2008; İncecik ve İm, 2013; Kanakidou vd. 2011). Ozonun troposferik bir oksidan olması ve sera etkisine sebep olması da küresel bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Carvalho vd. 2010). Ozon insanlarda solunum yollarının tahriş olmasına, akciğer sistemlerine, solunum gücüne, ağır astım ve kalıcı karaciğer iltihabına, kardiyovasküler fonksiyon bozuklukları, göz tahrişi, merkezi sinir sistemi ve gelişimsel bozukluklara yol açabilmektedir (Azam vd. 2016; DSÖ, 2016c; Han, 2012; Kampa ve Castanas, 2008; Omak vd. 2019; Subramani vd. 2014). Yüksek seviyedeki ozona uzun süreli maruz kalındığında akciğer fonksiyonlarının azalmasına neden olduğu, fakat kısa süreli maruziyette solunum nedenlerinden dolayı ölüm riskini artırdığını yapılan çalışmalar daha da çok desteklemektedir (Anderson vd. 2007; URL-24, 2020; Yin vd. 2017). Çocuklarda ise özellikle astımı olanlarda solunum semptomlarının artışına, akciğer gelişimine ve fonksiyonlarının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır (Gent JF vd. 2003; URL-24, 2020; Zhang JJ vd. 2019). Yaşlılarda ise akciğer fonksiyonlarının azalmasına yol açmaktadır. (DSÖ. 2003; URL-22, 2020; URL-24, 2020). Yapılan epidemiyolojik çalışmalarda, Dünya'da ozonun etkisi sonucu 2010 yılında 143.000, 2010 yılında 152.000 kişinin öldüğü, 1990-2010 yılları arasında ozondan kaynaklı erken ölümlerde %6 'lık bir artış olduğu raporlanmıştır (UNICEF, 2016; Zhang JJ vd.

2019). Avrupa Birliği ÷lkelerinde ise 2010 yılında 19.200 kişinin solunum hastalıkları, 86.000 kişinin kardiyovask÷ler hastalıklar ve 109.000.000 kişiden fazla hareket kısıtlılığı yüz÷nden hastaneye başvurduğu tespit edilmiştir (Zhang JJ vd. 2019). AB-28 ÷lkelerinde 2013 yılında 192.000 erken ÷l÷mden 16.000 erken ÷l÷mün ozona bağlı olduğu, AB-28 ÷lkeleri arasında ise en fazla etkinin yıllık 3380 erken ÷l÷mle İtalya’da olduğu tespit edilmiştir (Nuvolone vd. 2018). Sonuçlara bakıldığında ozona bağlı etkilerin gelişmekte olan ÷lkelerde daha fazla olduğunu Kuzey Amerika ve Avrupa’daki nüfus istatistiklerinin desteklediği ortaya çıkmıştır (Yin vd. 2017).

Ozonun çevresel etkileri ise ormanları, hassas bitki örtüs÷n÷, biyolojik çeşitliliği ve ekosistemleri olumsuz etkilemektedir (Han, 2012; URL-24, 2020). Tür çeşitliliğinin (bitki, hayvan, böcek, balık vb.) azalması, tür, habitat kalitesi, su ve besin döngüs÷nde değişiklikleri de yol açabilmektedir (URL-24, 2020). İ ortamlardaki ozon ise aynı mekanda yaşayan insanların sağlığını, ortam kimyasının değişikliğine ve kültürel eserlerde deformasyona neden olabilmektedir (Wescler, 2000).

2.2.3. Diğer Kirleticiler

Yukarıda anlatılan kirleticilerin yanında her iki kategoride yer almayan radyoaktif kirleticiler, karbon dioksit, kloroflorokarbonlar (CFC’ler), amonyak (NH₃), peroksiasetil nitrat (PAN), kalıcı organik kirleticiler (KOK), uçucu organik bileşikler (VOC), kurşun, kadmiyum ve bakır gibi tehlikeli metaller bu grupta gösterilebilir (Ashoor, 2019; Kırmacı, 2019).

İnsan aktiviteleri ve endüstriyel prosesler sonucu oluşan bu kirleticilerin kanserojen etkilerinin olduğu tahmin edilmektedir (Azam vd. 2016). İçeriğinde flor÷r bulunduran flor÷rl÷ maddeler bitki ve hayvanlar üzerinde toksik etkileri olabilmektedir. Tehlikeli metallerden olan kurşun bir ağır metal olup, düşük dozlarda uzun süreli veya kısa sürede yüksek dozlarda maruz kalındığında insanda kronik zararlara yol açtığı bilinmektedir (İbrahimova, 2013).

2.3. Hava Kirliliği Kaynakları

Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) hava kirliliğine neden olan emisyonları sabit kaynaklar, mobil kaynaklar, yangınlar ve biyogenikler (doğal olarak oluşan emisyonlar) olarak 4 ana kaynak türüne ayırmakta ve Ulusal Emisyon Envanterinde (NEI) ise 60 sektöre ayırmaktadır (URL-25, 2020). Hava kirliliğine sebep olan kirleticilerin kaynakları temel özelliklerine ve insan faaliyetlerine göre doğal, antropojenik veya karışık kökenli olarak ayrılabilir (AÇA, 2019). Genelde ise hava kirliliğinin kaynakları kaynağın yapısına göre ise noktasal, çizgisel ve alansal kaynaklar olarak sınıflandırılabilir (Elbir ve Müezzinoğlu, 2004; Tozsın, 2003).

2.3.1. Alansal Kaynaklar

Alansal kaynaklar diğer kaynaklara göre tek başlarına hava kirliliğine daha az etki yapmakta olup, fakat kümülatif olarak ise etkileri önemli miktarlardadır (Subramani vd. 2014). Bu kaynaklardan oluşan emisyonları çok küçük konsantrasyonlarda olduğundan tek başlarına araştırılması zor olduğundan toplu olarak incelenmesi gerekmektedir (Elbir ve Müezzinoğlu, 2004).

Konutlarda ve işyerlerinde ısınma kaynaklı hava kirliliği bu grubun en önemli kaynağıdır. Özellikle kış aylarında ısınmada fosil yakıtların kullanılması sonucu atmosferde oluşturduğu emisyonlar ısınma kaynaklı hava kirliliğidir (Apaydın, 2014). Şehirlerdeki nüfus yoğunluğu, kullanılan yakıtın kalitesi, yakma teknolojisi, halkın satın alma gücü ve sosyo ekonomik yapısı alansal kaynaklı emisyonların miktarını etkilemektedir (Elbir ve Müezzinoğlu, 2004). Hatta şehrin yapılaşmasının topoğrafik yapı ve meteorolojik koşullara aykırı bir şekilde konuşlandırılması emisyonların artmasına önemli rol oynamaktadır (Apaydın, 2014).

Ülkemizde genellikle ısınmada kullanılan yakıtlar ise, doğal gaz, kalorisi yüksek, kükürt oranı düşük ithal kömür, fuel-oil ve odundur. Konutlarda ısınma da ise en fazla fosil yakıtlardan doğal gaz ve kömür kullanılmaktadır (Bıyık, 2010).

Özellikle şehirlerde oluşan toplam emisyonların içerisinde ısınmadan kaynaklı kirletici miktarı yüksek oranlar teşkil etmektedir. Yapılan araştırmalarda kömür

kullanımının yaygın olduğu kış aylarında evsel ısınma kaynaklı partikül madde emisyonlarının toplam emisyonların %82'sini oluşturduğu, ısınmada kömür kullanılmadığı takdirde ise partikül madde miktarında %55 azalma olduğu ortaya çıkmıştır (Akyürek, 2012).

2.3.2. Çizgisel Kaynaklar

Çizgisel kaynaklara literatürde hat kaynakları da denilmekte olup, mobil özellikte ve genellikle ulaşımda kullanılan kara, deniz ve hava taşıtları bu kapsamdadır. Uçak demiryolları, yolcu ve yük taşıyan kara taşıtları başlıcalarıdır (Apaydın, 2014; Subramani vd. 2014). Ayrıca çizgi halinde konuşlanmış körfez ve nehir etrafında belirli bir eksenle sıralanmış nokta kaynakları da kapsamaktadır (Özdemir, 2008).

Çizgisel kaynakları oluşturan taşıtlar genellikle yakıt olarak mazot, benzin ve gaz kullanan içten yanmalı motorlardan oluşmaktadır (Bıyık, 2010). Bu kapsamdaki kaynakların oluşturduğu toplam emisyonları belirleyebilmek için araçların kullandığı yakıt cinsleri ile benzin ve dizel yakıt tüketimi verileri önemlidir (Apaydın, 2014; Elbir ve Müezzinoğlu, 2004). Hatta aracın yaşı ve motor devir sayısı ile çalışma ve ortam sıcaklığı da önemli parametrelerdendir (Akyürek, 2012).

Teknolojinin gelişmesi ve ulaşım imkanlarının artmasıyla günlük hayatımızın bir parçası haline gelen ulaşım araçları hava kirliliğine önemli bir oranda katkı sağlamakta, hatta trafiğin yoğun olduğu cadde, kavşak ve karayollarının kenarlarında yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir (Apaydın, 2014; Akyürek, 2012). Çizgisel kaynaklardan karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), kükürt oksitler (SO_x), hidrokarbonlar (HC) ve partiküller madde (PM) ortama kirletici parametre olarak salınmaktadır (İbrahimova, 2013). Örneğin, motorlu taşıtlar karbon monoksit (CO) kaynakları arasında %66 ile ilk sırada, en yüksek miktarda %12 ile hidrokarbon emisyonuna ve %6 ile de azot oksit emisyonuna sebep olmaktadır (Taş, 2006).

Araçlardan kaynaklı egzoz gazlarından salınan partikül madde içeriğindeki kurşun insan sağlığını ve doğayı olumsuz etkilemektedir. Özellikle çocuk ve yaşlılarda

ciddi boyutlara ulaşan hastalıklarla, doğal çevrede ise uzun vadede kendini tolere edemeyen olumsuz etkilere yol açmaktadır (Akyürek, 2012).

2.3.3. Noktasal Kaynaklar

Bu grupta endüstriyel kaynaklar yer almaktadır (Subramani vd. 2014). Endüstriyel kaynaklar ise, fabrikalar, sanayi ve enerji santralleridir. Endüstriyel tesisler üretimlerinde ihtiyacı olan enerjiyi sağlamak için yakıt kullanmakta ve sonucunda atmosfere kirletici emisyon salmaktadırlar (Taş, 2006). Ayrıca katı atıkların fırınlarda ve açık alanda yakılması, benzin ve organik maddelerin (boya maddeleri vb.) buharlaşmasından da noktasal bazlı kirlilik oluşmaktadır (Bıyık, 2010).

Endüstriyel tesislerden kaynaklı hava kirliliğinin genel nedenleri ise genellikle yer seçiminin yanlış yapılması ve oluşan atık hava emisyonlarının arıtılmadan hava salınmasıdır (Taş, 2006). Hatta tesislerin proseslerinde ucuz ve eski teknolojik yöntemleri kullanması da bu kirliliği etkilemektedir. Gelişmekte ve geri kalmış ülkelerdeki endüstriyel tesislerin daha ekonomik olması nedeniyle gelişmiş ülkelerin çevresel etkileri nedeniyle terk ettiği teknolojileri kullanması da hava kirliliğine katkı sağlamaktadır (Akyürek, 2012). Tesislerde kullanılan yakıtın kalitesi, miktarı ve baca yükseklikleri gibi teknik özellikler de kirlilikte etkili olmaktadır (Taş, 2006). Endüstriyel tesisler de çoğunlukla yakıt olarak kömür (linyit), fuel-oil, LPG ve odun kullanılmasından dolayı atmosfere salınan emisyon miktarları fazla olmaktadır (Apaydın, 2014).

Hava kirliliğini oluşturan kirlilik kaynakları arasında yer alan endüstrinin payı ülkeden ülkeye ve kullanılan teknolojiye göre değişiklik göstermektedir. Hava kirliliğine neden olan başlıca endüstriyel tesisler ise, demir çelik ve metal, maden, kimya, petrol, kağıt, tekstil ve çimento tesisleridir (İbrahimova, 2013). Ülkemiz de ise bu tesislere ilaveten termik santraller ve şeker sanayiye eklenebilir (Taş, 2006).

2.4. Hava Kalitesi Ölçüm Yöntemleri

Hava kirliliği insan sağlığına ve çevreye olan etkilerinden dolayı yaşamı da olumsuz etkilemektedir (Onal vd. 2017). Özellikle kış aylarında kalitesiz yakıt ve uygun

olmayan yakma sistemlerinin kullanılmasından kaynaklı insanlar hastalanmakta yada ölmektedirler. Ayrıca hava kirliliği işyerlerinde iş verimliliğinin ve okullarda eğitim verimliliğinin düşmesine yol açmaktadır (Bıyık, 2010). Bu yüzden bilim insanları ve yetkili otoriteler, hava kirliliğinin etkilerini ve emisyon miktarını azaltmaya yönelik stratejileri planlayabilmek için atmosferdeki kirletici seviyelerinin ölçülmesi üzerine odaklanmışlar ve atmosferde bulunan kirlilik konsantrasyonlarını belirleyebilmek için uygun bir aracın geliştirilmesinin önemini farketmişlerdir. Tabi bu aracın ölçüm sonucu elde edilen verilerin halkın anlayabileceği biçimde olmalı, aynı zamanda karar verici otoriteler tarafından halk sağlığını korumaya yönelik tedbirlerin önceden alınabilmesine olanak sağlayan bir biçimde kullanılabilir olması gerektiği kanısına varılmıştır (Kyrkilis vd. 2007). Çünkü hava kalitesi meteorolojik veriler gibi saat saat veya gün gün değişime uğrayabilmektedir (Bıyık, 2010). Hava kalitesinin izlenmesi mevcut hava kalitesi verilerini vererek, bu veriler ışığında uygun stratejiler geliştirilmesine yardımcı olabilmektedir (Gulia vd. 2015). Bu yüzden hava kalitesinin izlenmesi kirlilik kaynaklarının ve oluşan kirliliğin dağılımının saptanması için uygun olan metodolojiler geliştirilmesinde ve bu metodolojilerin etkilerini görebilmek için büyük bir önem taşımaktadır (Ashoor, 2019).

Dünya da hava kirletici emisyonlarını ölçmek için beş yöntem kabul görmektedir. Bunlar doğrudan ölçüm (sabit veya mobil sensörler), kütle dengesi (bir sistemde kütlenin giriş ve çıkış arasındaki ölçülen farkı), süreç modellemesi (matematiksel olarak fiziksel ve kimyasal süreçlerin modellenmesi), emisyon faktörü modellemesi (emisyonun kirletici kaynak yoğunluğuna oranı) ve uzman yargısı (deneyim ve bilgiye dayalı öznel tahmin). Bu yöntemlerden doğrudan ölçüm yöntemi en güvenilir ve maliyeti yüksektir, en az maliyetli ve güvenilirliği en az olan ise uzman yargısı yöntemidir (Han, 2012).

Birinci yöntem olan doğrudan ölçüm yöntemi ise 4 farklı tipte olabilmektedir. Bunlar ise, pasif örnekleyiciler, aktif örnekleyiciler, otomatik on-line analizörler ve uzaktan algılayıcılar olarak sayılabilir (RSHM, 2001).

2.4.1. Pasif Örnekleyiciler

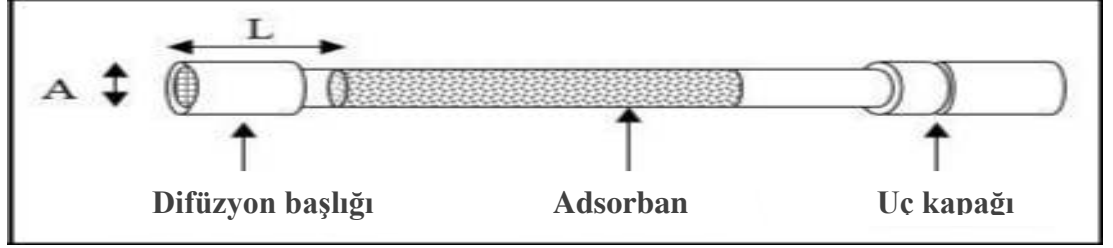
Pasif örnekleyiciler, uçucu organik bileşikler (VOC) ve yarı uçucu organik bileşiklerin (SVOC) konsantrasyonlarını ölçmek için son 20-30 yıldır kullanılmakta olup, ilk başlarda genellikle endüstride hijyeni izlemek için kullanılırken sonrasında düşük konsantrasyonlardaki uçucu organik bileşiklerin (VOC) insan sağlığı üzerine olan risklerini ölçmek için de kullanılmaya başlanmıştır (EPA, 2014).

Pasif örnekleyiciler genellikle silindirik veya disk (rozet) tüp biçimindedirler. Ölçülmek istenen kirletici parametre absorpsiyon yöntemi ile oluşturulan kimyasal ortamda toplanır (RSHM, 2001). Bu örnekleyiciler genellikle kirletici toplama oranını kontrol edebilmek için gözenekli bir bariyer veya gözeneksiz bir membran ile yapılandırılabilenekte olup, en yaygını ise havanın geçişine olanak sağlayan gözenekli olanıdır (EPA, 2014). Bu örnekleyicilerin içinden gaz ve buhar fazındaki kirleticilerin aktif bir şekilde geçmesi gerekmemektedir (Aydınlar vd. 2009).

Örnekleyici kirleticiye maruz kaldığı uygun örnekleme süresi sonunda genellikle birkaç gün veya bir ay sonunda laboratuvara getirilerek kirletici miktarı belirlenir. Pasif örneklem yönteminin kolay uygulanması ve başlangıç yatırımının düşük olması en önemli avantajlarıdır. Kirleticinin ortamda dağılımı konusunda değişik sayılarda örnekleyici ünitesi yerleştirilerek yararlı bilgilere ulaşılabilir. Fakat bu yöntemle ortalama kirletici miktarları saptanabilir. Diğer kirleticiler yani NO_2 , SO_2 , NH_3 , uçucu organik maddeler (VOC) ve ozon ölçümleri için değişik pasif örnekleyici teknikleri mevcuttur. Genelde alan taraması ve temel araştırmalar için faydalı olup, diğer örnekleyiciler olan otomatik analizörler veya aktif örnekleyiciler ile beraber kullanıldığında daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Pasif örnekleyiciler geniş alandaki hava kalitesi verilerini sağlarken, diğer otomatik cihazlar günlük değişimleri ve zaman içerisinde olabilecek konsantrasyonlardaki pik sonuçları verebilmektedir (RSHM, 2001). Pasif örnekleyicilerle yapılan ölçümlerin sonuçlarına meteorolojik koşullarında etkisi de fazladır (Aydınlar vd. 2009).

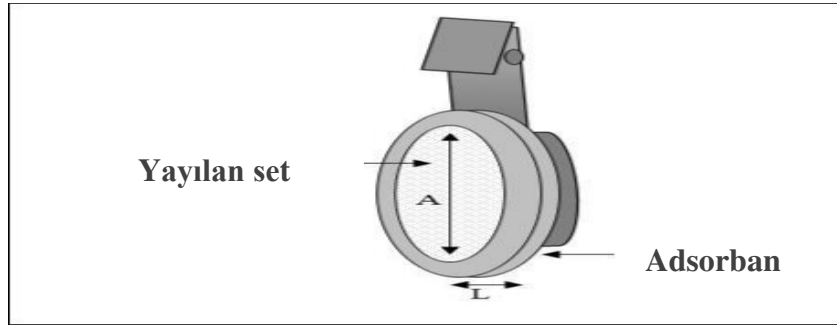
Pasif örnekleyiciler, tüp, disk (rozet) ve radyal stil olarak üç biçimde olup, tüp (Şekil 2.12) biçimindeki örnekleyici rozet (Şekil 2.13) biçimindeki örnekleyiciye göre enine

kesit yüzey alanının (A) küçük ve yayılma yolunun uzunluğundan (L) dolayı kirleticiyi alım oranı düşük olmaktadır (EPA, 2014).



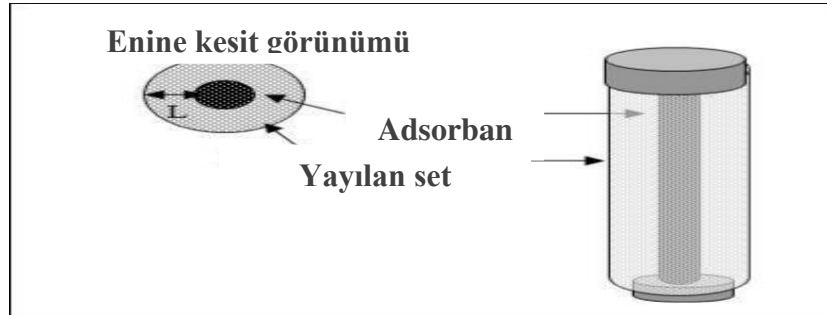
Şekil 2.12 Tüp Tarzı Örnekleyici (EPA, 2014)

Rozet tarzı pasif örnekleyicilerin (Şekil 2.13), daha büyük bir enine kesit yüzey alanı (A) büyük, ve daha kısa yayılma yolu uzunluğu (L) kısa olup kirleticiyi alım oranları daha yüksektir (EPA, 2014).



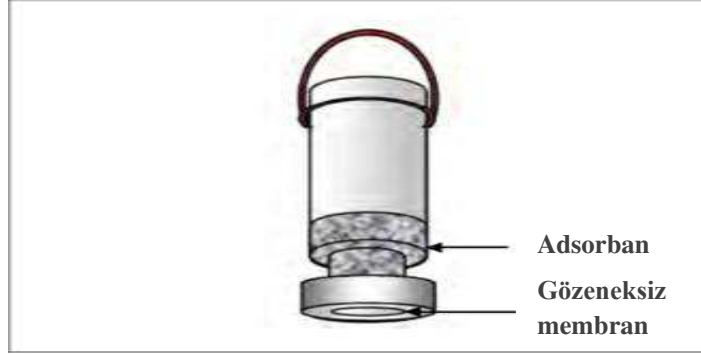
Şekil 2.13 Rozet (Disk) Tarzı Örnekleyici (EPA, 2014)

Radyal tarzdaki örnekleyicinin (Şekil 2.14), yüzey alanı çok geniş yayılma yolu kısa olup, tüp veya rozet tarzı örnekleyicilere göre genelde kirletici alım oranı daha yüksektir (EPA, 2014).



Şekil 2.14 Radyal Tarzı Örnekleyici (EPA, 2014)

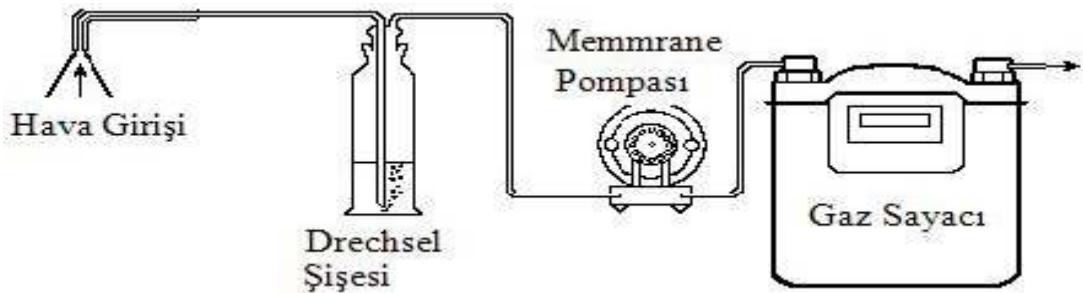
Gözeneksiz geçirgen pasif örnekleyiciler (Şekil 2.15) ise, tüp veya rozet tarzı örnekleyiciler arasında sayılabilir ve kirletici alım oranları genellikle gözeneksiz tüp ve rozet tarzı difüzyif örnekleyicilerle aynıdır (EPA, 2014).



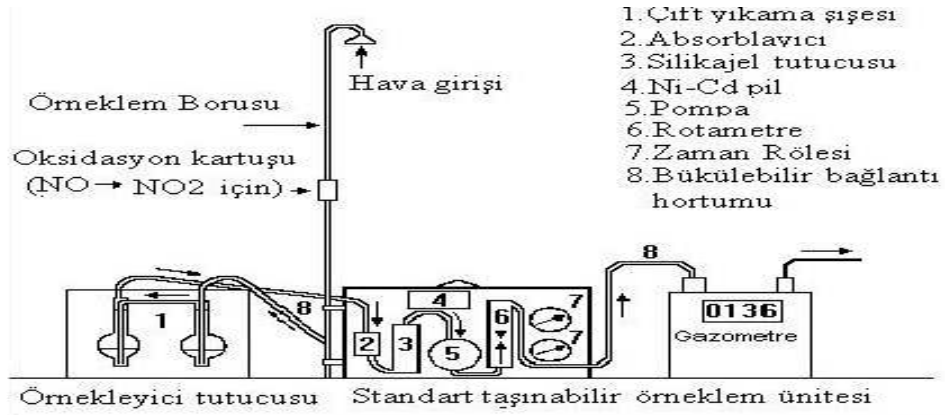
Şekil 2.15 Geçirgen (Tüp tarzı) Örnekleyici (EPA, 2014)

2.4.2. Aktif Örnekleyiciler

Aktif örnekleyiciler, ölçülecek olan hava numunesinin elektrik enerjisine gereksinim duyan bir pompa vasıtasıyla fiziksel veya kimyasal geçirilmesi prensibi ile çalışmaktadırlar. Pasif örnekleyicilerden en önemli farkı elektrik gereksinimidir. Örneklemeye yapılan hava miktarının fazla olmasından ötürü hassasiyet artar ve günlük ölçümler yapılabilir (Aydınlar vd. 2009). Aktif örnekleyici ünitesi elektrik enerjisi olan ve sıcaklık kontrolü yapılabilen bir bina veya korunaklı ortamda bulunan bir kabin içine konulabilmektedir (Şekil 2.16, Şekil 2.17)(Ashoor, 2019).



Şekil 2.16 Absorblama çözeltisi içinde SO₂ örnekleme için kullanılan ekipman (Akyürek, 2012)



Şekil 2.17 NO₂ veya NO tayini için taşınabilir örneklem ünitesi (Akyürek, 2012)

Aktif örneklem üniteleri gaz halindeki kirleticiler içinde kullanılabilmektedir. Günümüzde ise daha çok aktif örnekleyicilerin yerini otomatik analizörler almaktadır. Aktif örnekleyicilerin bazıları, pasif örnekleyicilere göre işletilmesinin kolaylığı ve ölçülen verilerin güvenilir olmasından dolayı karmaşık ve daha pahalı olmaları rağmen tercih edilmektedir (RSHM, 2001).

2.4.3. Otomatik Analizörler

Otomatik analizörler, analiz edilecek gazın fiziksel ve kimyasal özelliklerinden faydalanarak tayin edebilme kabiliyetine sahip cihazlardır. Örneklenen hava, ya gazın optik özelliğine göre doğrudan reaksiyon hücresine girer ya da kimyasal ışıma veya floresans ışığı üreterek kimyasal reaksiyon oluşur. Işık detektörü, ölçülecek kirleticinin konsantrasyonu ile orantılı olarak elektriksel bir sinyal oluşturur (Ashoor, 2019). Bu cihazların ilk yatırım maliyetleri ve işletme masrafları yüksek olup, diğer örnekleyicilere göre çok daha fazla teknik sorunlarla karşılaşılabilir. Alınan verilerin işlenebilmesi ve analizi için bilgisayarlı sistemlere ve deneyimli insan ihtiyacı vardır. İşletme aşamasındaki sorunlar ile yeterli altyapının ve kalifiye insanın bulunmadığı yerlerde kullanımı uygun görülmemektedir (RSHM, 2001).

2.4.4. Uzaktan Algılayıcılar

Bir noktada yalnız bir parametre ölçümü yapabilme kabiliyetine sahip otomatik analizörlerin aksine, uzaktan algılayıcılar ise belirli bir hat boyunca (yaklaşık olarak > 100 m.) daha çok bileşene sahip parametrelerin ölçülmesi yapabilmektedir. Bu

sistemler emisyon kaynağı yakınında yapılacak araştırmalar ve atmosfere yapılacak dikey ölçümler için kullanılabilir. Bu cihazların pahalı olması ve karmaşıklığı yanında deneyimli insan gücüne ve kalite kontrol sistemine ihtiyacı fazladır (RSHM, 2001).

Yukarıda açıklanan hava kalitesi ölçüm yöntemlerini avantaj, dezavantaj ve maliyetleri açısından aşağıdaki Tablo 2.5’te karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 2.5 Hava Kalitesi Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması (RSHM, 2001)

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Maliyet
Pasif Örnekleyiciler	Çok düşük maliyetli. Çok basit. Tarama ve ilk başlangıç çalışmaları için kullanışlı	Bazı kirleticiler için ispatlanmamıştır. Genel olarak sadece aylık ve haftalık ortalamaları sağlar	2-4 \$ / Numune
Aktif Örnekleyiciler	Düşük maliyetli. İşletmesi kolay. Güvenilir İşletme ve performans.	Günlük ortalamaları sağlar. Laboratuvarda analizi gerektirir	2-4 bin \$ / Birim
Otomatik Analizörler	İspatlanmış, yüksek performanslı, saatlik veri alınması. On-line bilgi temini	Karmaşıktır. Pahalıdır. Yüksek tecrübe gerektirir. Yüksek işletme maliyeti bulunur	10-20 bin \$ /Analizör
Uzaktan Algılayıcılar	Bir hat boyunca veri temini. Kaynakların yakın çevresi ve atmosferde dikey ölçümler için kullanışlı olması. Çok bileşenli ölçümlerin yapılmasına olanak tanınması	Çok karmaşık ve pahalıdır. Desteklemek, işletmek, kalibre etmek ve geçerliliğini onaylamak zordur. Geleneksel analizörler ile her zaman karşılaştırılabilir sonuçları vermez.	>200 bin \$ / Algılayıcı

2.5. Meteorolojik Özellikler ve Hava Kalitesine Etkileri

Hava kirlenmesi dediğimiz olay genellikle olayın yaşandığı topoğrafyanın özellikleri ile meteorolojik şartlara bağlı olarak atmosferde kirletici konsantrasyonlarının artmasıyla meydana gelmektedir Hava kirleticilerini meteorolojik parametreler olduğu kaynaklarından taşınmalarına ve seyrelmelerini sağlayabilmektedir. Bazen ise tam aksine durgun meteorolojik şartlarda kirleticiler taşınmaz ve konsantrasyonlarında da bir seyrelme olamamakta, hatta kimyasal yapılarında bile

değişikliğe yol açabilmektedir (Şahin, 2005). Meteorolojik şartlar da ortamda bulunan kirli havanın canlıların yaşam kalitesini ve sağlığı olumsuz yönde etkileme de önemli bir role sahip olup, örneğin yaz ve kış mevsiminde sık sık gözlemlenebilen smog, meteorolojik şartların etkisiyle sağlığı olumsuz yönde etkileyebilecek ani yükselişlere yol açabilmektedir. (Eğri, 1997).

Meteorolojik koşullardan biri olan inversiyon (sıcaklık terslenmesi) olayı sonucu oluşan inversiyon tabakasının alt katmanlarda bulunan hava hareketlerinin kısıtlamasından dolayı kirli havanın sağlığa olan olumsuz etkileri büyük boyutlara ulaşabilmektedir (Eğri, 1997). Örneğin Çin’de yapılan bir araştırmada meteorolojik şartların kirleticilerin konsantrasyonlarının seyrelmesinin yanında çoğalmasını veya ortamdan kaybolmasını etkilemekte, hatta PM_{2,5} konsantrasyonlarının yüksek nem ve stabil hava durumlarında arttığı gözlemlenmiştir (Xu vd. 2018). Ozon konsantrasyonlarının özellikle güneşlenmenin fazla olduğu yaz mevsiminde arttığı, fakat genelde trafik kaynaklı olan NO₂ konsantrasyonlarının ise meteorolojik olaylarla doğrudan bir ilişkisinin olmadığı gözlemlenmiştir (Dumanoğlu ve Bayram, 2013).

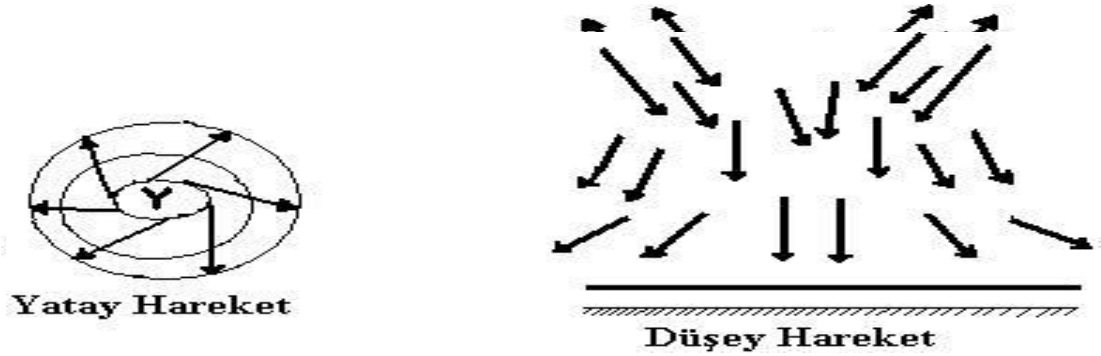
Ortalama hava kirliliğinin zamana bağlı olarak değişimini ve dağılımını daha çok hava koşulları ile bir miktarda kirletici kaynakların gücündeki değişiklikler de etkilemekte olup, önemli olan meteorolojik koşullar ise rüzgâr yönü, rüzgâr hızı ve atmosferik koşullar olarak sayılabilir (Newby vd. 2014).

2.5.1. Dikey Hareketler

Ortama salınımı yapılan kirleticilerin hareketi atmosferin kararlılığı ile ilişkili olup, bu kararlılıkta havanın dikey yönde karışımına veya hareket kabiliyetine bağlıdır (Özdemir, 2008). Atmosferde kirleticilerin dikey yönde hareket etmesinde meteorolojik hareketler etkili olup, bu meteorolojik olaylar alçak ve yüksek basınç, atmosferik durgunluk olarak sayılabilir (Akyürek, 2012).

2.5.1.1. Alçak basınç (Siklon hareketi)

Dünyamızın atmosferinin içeriğindeki gazların ağırlıklarının atmosfer ortamında ve altındaki cisimlere yaptığı etki basınç olarak adlandırılmakta olup, alçak ve yüksek basınç olarak iki şekilde tanımlanmaktadır (RSHM, 2009). Havadaki sıcaklığın artması nedeniyle genişlemesi sonucu altında bulunan cisimlere uyguladığı basıncın azalmasıyla oluşan basınca verilen addır (Özdemir, 2008). Diğer bir ifadeyle sıcak hava kütesinin soğuk hava kütesinin altına girmesi ile oluşur. Bu olay sonucu meydana gelen sıcaklık farkından dolayı alttaki sıcak hava yükselme eğilimine girer. Bu yükselen sıcak havanın yerini de yeryüzüne yakın noktalarda çevresindeki hava doldurarak içeri doğru bir hareket yapar ve bu hareket ise yakınsayan siklonik bir hareket olup, yukarı yönlü spiral şeklinde olduğu da aşağıda Şekil 2.18’de gösterilmektedir (Ashoor, 2019).



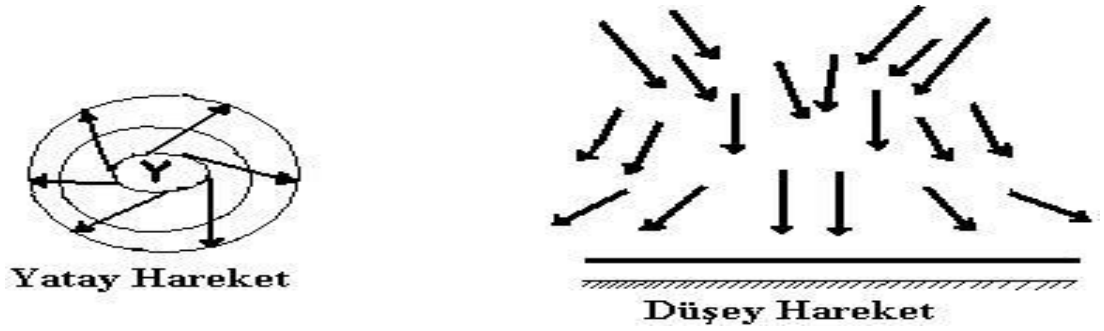
Şekil 2.18 Kuzey yarım küredeki yakınsayan rüzgârların spiralleri (Ashoor, 2019)

Yukarıdaki Şekil 2.14’de görüldüğü üzere spiralın yönü kuzey yarım kürede saat yönünün tersi, güney yarım kürede ise saat yönünde oluşmaktadır. Yine yukarıdaki şeklin sağ tarafında da havanın düşey yönünde yaptığı hareket gösterilmektedir (Ashoor, 2019).

Ayrıca alçak basınç kapalı gökyüzü, fırtına ve kararsız bir atmosfer ortamını temsil etmekte olup, bu sistemde aşağıdan yukarı hareket atmosfer ortamında bulunan kirleticileri yukarı doğru taşıması ve hava kirliliğini oluşturan parametreleri dağıtmasından dolayı kirlilik seviyelerini azalmaktadır (Şahin, 2005).

2.5.1.2. Yüksek basınç (Antisiklon hareketi)

Yüksek basınç alçak basıncın tersi durumunda olup, atmosferde sıcak havanın kütlelerinin üzerine soğuk hava kütlelerinin çıkması sonucu oluşmaktadır (Özdemir, 2008). Diğer bir ifadeyle havanın soğumasına müteakip yoğunlaşan hava yer çekiminin etkisi ile yeryüzüne çökerek altındaki cisimlere yaptığı basınçtır. Üstte kalan soğuk hava aşağı yönlü bir hareket etme kabiliyetinde olmasından dolayı, bu hareket sonucu boşalttığı yeri ise çevresinde bulunan hava doldurur. Antisiklon hareketi de denilen bu hareket Şekil 2.19'da gösterildiği üzere dışarı doğru spiral şeklindedir (Ashoor, 2019).



Şekil 2.19 Kuzey yarımküredeki yakınsayan rüzgârların spiralleri (Ashoor, 2019)

Yüksek basınç sistemleri hava kirliliği açısından istenmeyen bir sistem olup, kirleticilerin taşınmasını ve yayılmasını engelleyici bir özelliكتedir (Çoban, 2009). Atmosferde hava basıncındaki artış nedeniyle düşey yöndeki hava hareketleri azalmakta ve kirleticilerin aşağıdan yukarıya doğru yayılmasını, dolayısıyla atmosferin üst katmanlarına ulaşmasını ve karışmasını engellemektedir. Hava sıcaklığındaki düşüş ve bağıl nemdeki artış basıncın yükselmesini artırmakta olup, özellikle kış mevsiminde yüksek basınç kirliliklerin aşağıdan yukarı taşınmasını ve karışmasını engellemesinden dolayı kirliliği artırıcı etkisi olmaktadır (Eğri, 1997). Yüksek basınç sistemlerinin merkezine yaklaşıldıkça rüzgârın hafif olduğu ya da olmadığı durgun hava şartları gözlenmektedir (Çoban, 2009). Bu sistemler açık hava, aydınlık, rüzgârsız ve durgun bir atmosfer ortamını temsil etmektedir (Şahin, 2005). Bu özelliklerde oluşan kirleticilerin kaynağından uzaklaşmasını ve yayılmasını kısıtladığından kirletici konsantrasyonlarının artmasına yol açarak hava kalitesinin düşmesine neden olabilmektedir (Çoban, 2009; Şahin, 2005).

2.5.1.3. Atmosferik durgunluk (Kararlılık)

Bir hava kütlesinin dikey yönde yükselme mesafesine atmosferik kararlılığın etkisi büyüktür. Düşey yönde hava hareketlerini oluşumunu kararsız atmosfer desteklerken, kararlı atmosfer ise tersi yönde engelleyici bir özelliğe sahiptir. Kararlı atmosferde ortama verilen duman yatay olarak dağılmaktadır. Atmosferik kararlılık hava sıcaklığı ile bağlantılı olup, atmosferin üst katmanlarına doğru sıcaklık düşüyorsa atmosfer kararsız bir yapıda, şayet tersine yükseldikçe sıcaklık değeri yükseliyorsa atmosfer kararlı bir yapıda olduğu anlamına gelmektedir. Atmosferin kararsız yapıda olduğu durumlarda kirleticiler düşey olarak karışabilmektedir (Çapraz, 2013).

Örneğin Avrupa ve ABD'nin doğusundaki en ciddi hava kirliliğinin bir antisiklonun hareketini birkaç gün durdurmasıyla oluşan kısa süreli atmosferik durgunluk sonucu meydana gelmiştir. Bu şekilde atmosferik durgunluğa sebep olan antisiklon hareketine uygun topoğrafyaya sahip bölgeler hava kirliliği açısından risk taşımaktadır (Özdemir, 2008).

2.5.2. Yatay Yöndeki Hareketler (Rüzgârlar)

Atmosferdeki sıcaklık ve basınç farklarının eşit olmaması rüzgârların meydana gelmesine yol açmaktadır (Şahin, 2005). Yerleşimlerde rüzgârın esme yönleri genellikle belirli olup, bu hakim yönleri yükselti ve vadiler değiştirebilmektedir. Yeryüzündeki yükselti ve vadiler sürtünmeden kaynaklı olarak rüzgârın hızının ve yönünün değişmesine yol açmakta hatta türbülansını artırmaktadır (Aydın, 2006). Rüzgârın hızını topoğrafik yapının yanında, bölgedeki ağaçların yeri ve yoğunluğu, göller, nehirler ile binaların konuşlandığı noktalar ve boyutları etkileyen diğer faktörlerdir (Özdemir, 2008).

Hava kirleticilerini oluştukları kaynaklarından uzak noktalara taşınmasını sağlayan meteorolojik olaylardan biriside rüzgârdır (Şahin, 2005). Rüzgâr atmosferde yatay yönlü hareket meydana getirerek kirli havanın dispersiyonunu ve dilüsyonunu sağlar (Eğri, 1997). Rüzgârın kuvvetli olması havanın türbülansının artmasına yol açmakta,

bu türbülanslı hava da ortamdaki kirleticilerin etrafındaki temiz hava ile karışmasına sebep olan girdapları oluşturmaktadır (Çapraz, 2013).

2.6. Hava Kalitesi Yönetimi

2.6.1. Hava Kalitesinin İzlenmesi

Ülkemizde hava kalitesinin izlenmesi mevzuatlar gereği 1982 Anayasasının 56 maddesinde yer alan “Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir.” hükmü ve 2872 sayılı Çevre Kanunu’nun 3 ve 8 inci maddesinde yer alan çevrenin korunmasına, iyileştirilmesine ve kirliliğin önlenmesine ilişkin ilkeler ve her türlü atığın ilgili mevzuatlara belirtilen hususlara aykırı biçimde alıcı ortama doğrudan ve dolaylı atılmasının yasak hükümlülüğüne istinaden başlamıştır (URL-1,1982; URL-3, 2006).

Ülkemizde hava kirliliği izlenmesi çalışmaları 1961 yılında Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi (RSHM) eliyle Ankara’nın kükürt dioksit (SO₂) ve Partikül Madde (PM₁₀) konsantrasyonlarının günlük olarak ölçülmesi çalışmaları ile başlatılarak 1984 yılından sonra ise saatlik ortalamalara göre ölçülmeye devam edilmiştir. Ankara ilinde Sağlık Bakanlığı tarafından 2004 yılında kurulan online hava kalitesi izleme sistemi ile 8 adet cihazla otomatik ölçüm yöntemine geçiş yapılmıştır. Sağlık Bakanlığı tarafından Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı’nın kurulması sonucu bu izleme görevleri devredilmiş ve 2005 – 2007 yılları arasında Ülkemizdeki tüm illere ölçüm istasyonları kurularak yaygınlaştırılmıştır. 81 il genelindeki hava kalitesi izleme istasyonlarından toplanan veriler tek elden yürütülerek halkın erişimine açılması maksadıyla Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (UHKİA) oluşturulmuş, www.havaizleme.gov.tr (<https://sim.csb.gov.tr>) web adresinden yayımlanmaktadır (ÇŞB, 2017).

Ülkemizin coğrafyasının geniş olması ve hava kalitesi izleme çalışmalarının etkin ve verimli bir şekilde yürütülebilmesi için Türkiye genelinde İstanbul (Marmara Bölgesi THM), Samsun (Orta Karadeniz Bölgesi THM), Erzurum (Doğu Anadolu Bölgesi THM), İzmir (Ege Bölgesi THM), Adana (Akdeniz Bölgesi THM), Konya (Güney İç

Anadolu Bölgesi THM), Ankara (Kuzey İç Anadolu Bölgesi THM), Diyarbakır (Güneydoğu Anadolu Bölgesi THM) merkez olmak üzere 8 bölgede Temiz Hava Merkezleri (THM) kurulmuş olup, tezin araştırma konusu olan Kastamonu ili ise Kuzey İç Anadolu Bölgesi Temiz Hava Hava Merkezi bölgesinde yer almaktadır (URL-13, 2019).Ülkemizde online olarak hava kalitesinin ölçülmesine başlandığı zaman 81 adet olan (SO₂ ve PM₁₀ izlenmekte) hava kalitesi izleme istasyonu 2020 yılı itibari ile 355 adet olmuştur. Bu istasyonlardan 335 adedinde Partikül Madde (PM₁₀), 302 adedinde Kükürt dioksit (SO₂), 296 adedinde Azot oksitler (NO_x), 198 adedinde Ozon (O₃), 186 adedinde Karbon monoksit (CO) ve 162 adedinde Partikül Madde (PM_{2.5}) parametreleri ölçülmektedir (ÇŞB, 2020a).

2.6.2. Hava Kalitesi Mevzuatları

Şehirler gibi sanayileşmenin, nüfus yoğunluğunun ve buna bağlı olarak trafik akışının fazla olduğu bölgelerde hava kirleticilerin sağlığa ve çevreye olumsuz etkilerinden ötürü kontrol altında tutulması gerekmiştir. Bu yüzden gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri hava kalitesinin yönetilmesi açısından yasal düzenlemeler yapma yoluna gitmişlerdir. Hava kalitesi konusunda ülkemizde, Avrupa ve Asya ülkeleri ile ABD’de yasal düzenlemeler mevcuttur (Akyürek, 2012).

Ülkemizde hava kalitesi yönetimi konusunda Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği, Bazı Akaryakıt Türlerindeki Kükürt Oranının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik, Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Yönetmelik,Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik ve Florlu Sera Gazlarına İlişkin Yönetmelik yürürlükte olan başlıcalarındandır (URL-17, 2020).

Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı Avrupa Birliğinin 96/62/EC, 99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC, 2004/107/EC ve 2008/50/EC sayılı direktiflerinin ulusal mevzuata yansıtılması kapsamında 06.06.2008 tarih 26898 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanarak Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği yürürlüğü girmiştir. Yönetmeliğin amacı, hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki

zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır. Ayrıca anılan Yönetmelik kapsamında kükürtdioksit, azot dioksit, azot oksitler, ozon, karbonmonoksit, Partikül madde (PM₁₀ ve PM_{2.5}), Benzen, Kurşun, Arsenik, Nikel, Kadmiyum, Benzo(a)Piren, Ozon öncül maddeler ve gaz halindeki toplam civa parametreleri ölçülmekte olup, aşağıdaki Tablo 2.6’da uyum takvimi ve sınır değerler verilmektedir. Tabloda belirtilen azot oksitler, ölçülmüş olan azot monoksit ile azot dioksit konsantrasyonlarının toplamını ifade etmektedir (ÇŞB, 2019).

Tablo 2.6 İnsan Sağlığı ve Ekosistemin Korunması İçin Hava Kalitesi Sınır Değerleri (ÇŞB, 2018; ÇŞB, 2019)

Kirletici Parametreler	Ölçüm Periyodu	Sınır Değerler		Uyum Takvimi
		2018	2019	
Kükürt dioksit (SO₂) (µg/m ³)	Saatlik	380	350	1.1.2019
	Günlük	150	125	
	Uyarı Eşiği (3 ardışık saat)	500	500	
	Saatlik Aşım Sayısı	24	24	
	Günlük Aşım Sayısı	3	3	
	Yıllık Ekosistem	20	20	1.1.2014
Partikül Madde (PM₁₀) (µg/m ³)	Günlük	60	50	1.1.2019
	Yıllık	44	40	
	Günlük Aşım Sayısı	35	35	
Azot dioksit (NO₂) (µg/m ³)	Saatlik	260	250	1.1.2024
	Yıllık	52	50	
	Uyarı Eşiği (3 ardışık saat)	400	400	
	Saatlik Aşım Sayısı	18	18	
Azot oksitler (NO_x) (µg/m ³)	Yıllık (Ekosistem)	30	30	1.1.2014
Karbon monoksit (CO) (mg/m ³)	8 Saatlik Ortalama	10	10	1.1.2017
Ozon (O₃) (µg/m ³)	8 Saatlik Ortalama	120	120	
	Bilgi Eşiği (saatlik)	-	-	
	Uyarı Eşiği (saatlik)	-	-	
Benzen (C₆H₆) (µg/m ³)	Yıllık	9	8	1.1.2021
Kurşun (Pb) (µg/m ³)	Yıllık	0.6	0.5	1.1.2019
Arsenik (As) (ng/m ³)	Yıllık	-	-	1.1.2020

Tablo 2.6'nın devamı

Kirletici Parametreler	Ölçüm Periyodu	Sınır Değerler		Uyum Takvimi
		2018	2019	
Kadmiyum (Cd) (ng/m³)	Yıllık	-	-	1.1.2020
Nikel (Ni) (ng/m³)	Yıllık	-	-	1.1.2020
Benzoapiren (B(a)p) (ng/m³)	Yıllık	-	-	1.1.2020

13 Ocak 2005 tarih ve 25699 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği 17.03.2005, 14.05.2007, 01.03.2008 ve 07.02.2009 tarihlerinde 4 defa değişikliğe uğramıştır. Anılan yönetmeliğin amacı; konut, toplu konut, kooperatif, site, okul, üniversite, hastane, resmi daireler, işyerleri, sosyal dinlenme tesisleri, sanayide ve benzeri yerlerde ısınma amaçlı kullanılan yakma tesislerinden kaynaklanan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halinde dış havaya atılan kirleticilerin hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ve denetlemektir (URL-4, 2009).

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği 03 Temmuz 2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmiş ve 30.03.2010, 10.10.2011, 13.04.2012, 16.06.2012, 10.11.2012, 20.12.2014, 06.11.2020 tarihlerinde 7 defa değişikliğe uğramıştır. Bahsi geçen yönetmeliğin amacı; sanayi ve enerji üretim tesislerinin faaliyeti sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak; insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak; hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır (URL-19, 2020).

11.03.2017 tarih ve 30004 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliğinin amacı, trafikte seyreden motorlu taşıtlarından kaynaklanan egzoz gazlarının neden olduğu hava kirliliğinin etkilerinden canlıları ve çevreyi korumak, egzoz gazı kirleticilerinin azaltılmasını

sağlamak, ölçümler yaparak kontrol etmek ve uygulamaya ilişkin usul ve esasları belirlemektir (URL-7, 2017).

23 Kasım 2017 tarih ve 2017/79 nolu, Kastamonu İl Mahalli Çevre Kurulu Kararında 2017-2018, 2018-2019 ve 2019-2020 kış sezonlarında ilimiz sınırları içerisinde hava kirliliğinin önlenmesi ve hava kalitesinin korunması amacıyla ısınma amaçlı kullanılacak yerli yakıtlarda, ithal katı yakıtlarda, sanayi amaçlı kullanılacak ithal yakıtlar, briket kömürlerinde, sıvı yakıtlarda ve gaz yakıtlarda Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlere uyulması kararı alınmıştır. Ayrıca katı yakıt üretimi, ithalatı, dağıtımı, satışı yapacak kişi, kurum, kuruluş ve işletmelerin sorumlulukları, yakma sistemlerinin özellikleri ve yakma saatlerine yer verilerek uyarı eşikleri ve kirlilik dereceleri belirlenmiştir. Bu uyarı eşikleri ve kirlilik derecelerine ulaşılması halinde gerekli uyarı planları ve önlemleri belirlenmiştir (URL-8, 2017)

2.6.3. Hava Kalitesi İndeksi

Hava kirliliğinin insan sağlığını ve çevreyi olumsuz etkileyerek iklim değişikliği, asit yağmurları ve ozon tabakasının incelmesinin kaynağının hava kirleticilerinin olması Dünya’da hava kalitesinin izlenmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır (Onal vd. 2017). Ancak hava kirliliğinin halk sağlığını doğrudan etkilemesinden dolayıbu izleme sonuçlarının kamuoyu ile paylaşılması yetkili kurumların sorumlulukları arasında sayılmıştır. Verilerin paylaşılması bilim insanları dışındaki halk tarafından da anlaşılabilir olması açısından hava kirliliğinin veya kalitesinin kolay anlaşılması için Hava Kalitesi İndeksi (HKİ-AQI) denilen bir sınıflama sistemine gidilmiştir (URL-20, 2020). İlk olarak Kirlilik Standartları İndeksini (PSI) 1976 yılında Wayne Ott ve William F. Hunt bahsetmiş, daha sonrasında ise Amerika Birleşik Devletlerinde kirlilik seviyelerini doğru, güncel ve anlaşılır bir biçimde belirtebilmek çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucu indeks, kirletici parametreler olan O₃, NO₂, CO, SO₂ ve PM₁₀ ölçümlerine dayandırılmıştır. EPA 2000 yılında ise PSI’yi daha da geliştirerek Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) olarak yeniden adlandırmıştır (Kyrkilis vd. 2007). Hava Kalitesi İndeksi (HKİ), ölçülen hava kalitesinin birkaç saat veya gün içinde insanlar tarafından solunması sonucu oluşabilecek sağlık etkilerini

gösteren bir uyarı aracıdır. Aynı zamanda ölçüm yapılan bölgenin hava kalitesi ile insan sağlığına etkileri konusunda bize yardımcı olur (Özdemir, 2008).

Tüm dünyada genellikle kullanılan bu sınıflama sisteminde, yani Hava Kalitesi İndeksinde paylaşılan veriler gerekli hesaplamalardan sonra iyi, orta, kötü, tehlikeli vb. biçimde derecelendirme yapılarak kamuoyuna sunulmaktadır (URL-13, 2019). Hava Kalitesi İndeksi 0-500 aralığında hesaplanan bir skala görünümünde olup, HKİ değerinin yükselmesi hava kalitesinin düştüğünü ve dolayısıyla insanlar için sağlık endişelerinin artmaya başladığını göstermektedir (URL-20, 2020). Ülkemizdeki ulusal Hava Kalitesi İndeksi, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'nın (USEPA) geliştirdiği hava kalitesi indeksini Ulusal Mevzuatımız ve sınır değerlerimize uyarlayarak oluşturulmuştur. Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de 5 temel kirletici olan partikül madde (PM₁₀), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃) için hava kalitesi indeksi hesaplanarak kamuoyuna www.havaizleme.gov.tr web sitesinden yayımlanmaktadır. Aşağıdaki Tablo 2.7'de Hava Kalitesi İndeksinin kategorileri ve sağlık etkileri gösterilmektedir.

Tablo 2.7 Hava Kalitesi İndeks (HKİ) kategorileri ve sağlığa etkileri (URL-20, 2020)

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

2.7. Kastamonu Şehrinin Genel Özellikleri

2.7.1. Coğrafik, Topoğrafik ve Kentsel Özellikler

Kastamonu ili Batı Karadeniz bölgesinde 41 derece 21' kuzey enlemi ile 33 derece 46' doğu boylamları arasında yer almakta olup, deniz seviyesinden yüksekliği 775m.dir. 13.108,1 km²'lik yüzölçümü ile ülkemiz topraklarının %1,7'sini oluşturur (ÇŞB, 2020b).

Kastamonu coğrafyası genellikle engebeli arazilerden oluşmakta olup, ilin kuzey tarafında Batı Karadeniz Dağları, Karadeniz sahil boyunca Küre (İsfendiyar) Dağları ve güneyinde ise yine doğu batı uzantılı Ilgaz dağları bulunmaktadır. Bu büyük yükseltilerin yanında Yaralıgöz Dağı (1985m.), Göynük Dağı (1770m.), Dikmen Dağı (1471m.), Kurtgirmez Dağı (1450 m.), Güruh Dağı (1493m.), Ballıdağ (1400 m.), Isırganlı Dağı, Harami Dağı ve Elek Dağı önemli yükseltileri teşkil etmektedir. Buna müteakbil Kastamonu arazilerinin %59'u ormanlık ve fundalıktır (URL-18, 2020).

Kastamonu İlinin genel nüfusu 2019 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre 315.740 kişi olup, Kastamonu şehir merkezinin nüfusu ise 124.454 kişidir. Kastamonu'nun merkez nüfusu toplam nüfusun %39,4'ünü oluşturmaktadır. Kastamonu ilinin engebeli arazi yapısından dolayı ilin genel nüfus yoğunluğu 29 kişi/km², şehir merkezinin nüfus yoğunluğu ise şehrin topoğrafik yapısına bağlı olarak imar arsası azlığından kaynaklı %81 kişi/km²'dir (URL-16, 2020).

Kastamonu ili doğuda Çatalzeytin ilçesinin Sinop ile birleştiği noktadan başlayarak, batıda ise Kerempe burnuna kadar kıyı boyunca uzanır. Kerempe Burnunda bir çıkıntı meydana getirerek güney batı doğrultusunda Bartın il sınırına kadar kıyı devam eder (ÇŞB, 2020b). Karadeniz'e 170 km'lik kıyısı bulunan ve sahil uzunluğu açısından ülkemizin Karadeniz'e en geniş sahili olan Kastamonu'nun Cide, Doğanyurt, İnebolu, Abana, Bozkurt ve Çatalzeytin ilçeleri kıyı boyunca sıralanmıştır. Kastamonu kıyılarında, doğal koy ve barınaklar, doğal plajlar, dalış alanları ve limanlar yer almaktadır (URL-27, 2020).

Kastamonu'nun yüzölçümünün %74,6'sı dağlık ve ormanlık, %21,6'sı plato ve %3,8'i ovidan oluşur. Dağılımdan da görüleceğı üzere tarım yapmaya uygun arzai varlığı azdır. Ancak vadiler etrafında küçük yüzölçümlü ovalar yer almakta, bunlarda en göze çarpanlar ise Daday ve Taşköprü ovalarını içine alan Gökırmak ile Tosya tarım alanını kapsayan Devrez vadileridir (ÇŞB, 2020b).

Kastamonu'da kışların uzun ve sert geçmesi, arazi yapısının engebeli ve sulanabilir tarım arazilerinin az olması tarımsal üretimi ve üretim çeşitliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. İklim şartları meyvecilik yapılmasını olumsuz etkiledede buna karşın arazi ve iklim şartları yöre halkını hayvancılık yapmaya elverişli kılarak hayvansal üretimin artmasına yol açmıştır (ÇŞB, 2020b).

Kastamonu genelinde 4 adet Organize Sanayi Bölgesi (Kastamonu Merkez, Taşköprü, Tosya ve Seydiler) bulunmakta ve bu sanayi bölgelerinde küçüklü büyüklü işletmeler faaliyet yürütmekte, hatta yenileri de inşa edilmektedir. Ayrıca Kastamonu'da kamuya ait bir adet Şeker Fabrikası bulunmakta, özel sektöre ait ise Knorospan Orman Ürünleri Üretim Tesisi (SFC), Kastamonu Entegre Orman Ürünleri Üretim Tesisi (İki adet), Küre Eti Bakır İşletmesi, Acacia Maden Hanönü Bakır İşletmesi, Taşköprü MOPAK Kağıt Fabrikası, ZİNTAŞ Zincir Fabrikası, Tekstil dikim atölyeleri ve yeni yeni artan sayıda mermer ocakları faaliyet göstermektedir (URL-27, 2020).

Kastamonu eski bir yerleşim alanı olup, MÖ.18.yy.da Gas'ların yurt edindiğı, sonralarında Hititler, Firigler, Kimmerler, Lidyalı'lar, Pers'ler, Pontuslular, Romalılar ve Bizanslılar hakim olmuşlardır. Romalıların bu yörede kurduğı Paflagonia isimli eyaletin merkezi olan pompeipolis höyüğü bugünkü Taşköprü ilçesindedir. Milli mücadele sırasında lojistik destek açısından en güvenilir bölge olan Kastamonu İnebolu limanından Ankara'ya erzak, cephane ve insan akışında büyük yararlılıklar göstermiş ve kurtuluş savaşında en fazla şehit veren üçüncü il olmuştur. Hatta şehrin merkezinde bu yılları simgeleyen Şehit Şerife Bacı Heykeli mevcuttur (URL-18, 2020).

Kastamonu merkezinin yerleşimi, Kızılırmak'ın önemli bir kolunu teşkil eden Gökırmağı besleyen Karaçomak Deresi vadisi boyunca olup, güneyden kuzeye uzanan derenin her iki yanında yerleşmiştir. Vadi içerisine sıkışmış durumda olan şehir daha sonraları Kuzeykent ve Tosya yolu üzerine doğru imara açılarak genişlemeye başlamıştır. Şehrin topoğrafik yapısı ana ulaşım güzergâhının Karaçomak Vadisi'nin kenarlarını takiben gidiş-geliş şeklinde olmasına yol açmış, şehirde en yoğun nüfuslu mahalleler ve ticarethaneler bu vadinin en fazla daraldığı kesimlerinde gelişmiştir (İbret ve Aydınözü, 2009). Şehir hâkim rüzgâr yönü olan kuzey-güney istikametinde vadi boyunca yerleşmiş olmasına rağmen, son yıllarda yapılan binaların yer seçimin uygunsuzluğu ve yüksek katlı olması bu hâkim rüzgârların önünde bir set oluşturmaya başlamıştır. Şehrin kuzey ve güneyinde kurulu bulunan iki büyük tesislerden kaynaklı emisyonlar ile şehrin hava sirkülasyonunu kesen yapılaşmaların artması kent merkezinde hava kirliliği problemlerinin başlamasına yol açmaktadır.

2.7.2. Genel Meteorolojik Özellikler

Kastamonu, arazisinin engebeli ve yükseltilerinin fazla olmasını yanında Karadeniz kıyısı boyunca uzanan Küre Dağları'nın varlığından dolayı Karadeniz ikliminin tam etkisinde değildir (İbret ve Aydınözü, 2009). İklim özelliği olarak yarı kurak ile yağışlı sahalardan yarı kurak sahalara daha yakın olup, hatta son yıllarda iklim değişikliği kaynaklı olarak yağış miktarları daha da azalmıştır (ÇŞB, 2020c).

Sıcaklığın 0°C'nin altına düşmeye başladığı aylar genellikle Ekim-Mayıs dönemi, en düşük sıcaklık ve don olaylarının yaşandığı gün sayılarının en fazla olduğu aylar ise Aralık, Ocak, Şubat ve Mart'tır (İbret ve Aydınözü, 2009). İl Merkezinde yıllık ortalama sıcaklık 10.5 °C olup, en yüksek sıcaklık 30.07.2000 tarihinde 42,2 °C, en düşük sıcaklık 09.01.1935 tarihinde -26,9 °C, tespit edilmiş ve aylara göre ortalama sıcaklıklar ve güneşlenme süreleri Tablo 2.8 ve Tablo 2.9'da verilmiştir (ÇŞB, 2020c).

Tablo 2.8 2015-2019 Yıllar Arası Aylara Göre Ortalama Sıcaklık (°C) (ÇŞB, 2020c)

OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
-0.6	3.1	6	9.9	14.4	18.2	20.2	20.6	16.8	11.5	5.5	0.7

Tablo 2.9 2015-2019 Yıllar Arası Aylara Göre Ortalama Güneşlenme Süresi (saat) (ÇŞB, 2020c)

OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
1,7	3,5	3,8	5,9	4,8	5,4	6,6	6,9	5,8	4,0	3,4	1,9

Şehirde sıcaklığın 0°C'nin altına düştüğü aylar olan Ekim-Mayıs dönemine ilaveten genellikle hava sıcaklığının 15°C'nin altına kadar düştüğü Eylül ayı da dahil Eylül-Mayıs ayları arasında ısınma ihtiyacının artmasıyla beraber yakılan yakıt kaynaklı hava emisyon değerlerinde artışlar gözlemlenmekte ve hava kirliliğinin en yoğun yaşandığı zaman dilimini göstermektedir (İbret ve Aydınözü, 2009).

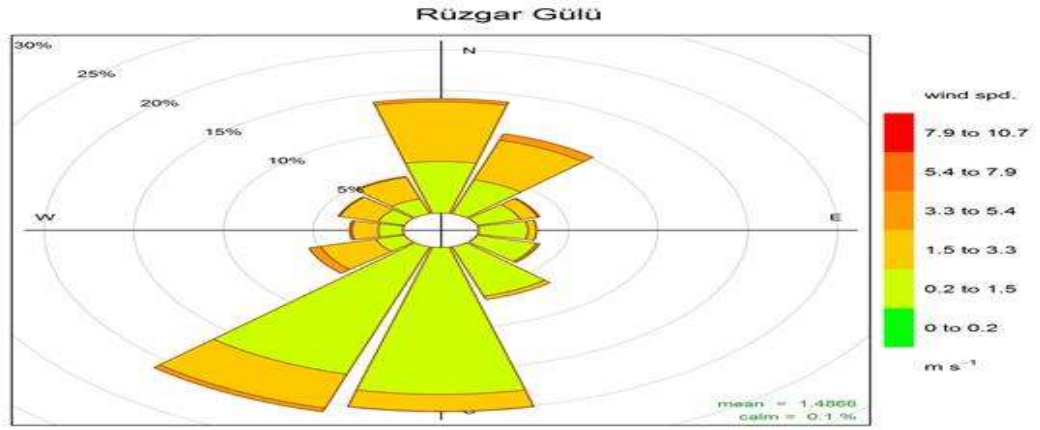
Kastamonu'nun kıyı ve iç kesimlerindeki yağışların ay ve mevsimler üzerindeki dağılımı ile bakımından da çok büyük değişiklikler göstermektedir. Yıllık yağışların % 18'i kış döneminde % 27'si ise yaz aylarında görülmekte olup en çok yağış alan mevsim İlkbahardır (URL-27, 2020). İl Merkezinde 1930-2019 yılları arasında yapılan meteorolojik ölçümlerde yıllık ortalama yağış miktarının 481,9 mm olduğu ve toplam günlük en yüksek yağış miktarının 03.05.1953 tarihinde 105,7 mm gerçekleştiği belirlenmiş ve Tablo 2.10'da aylara göre yağış ortalamaları verilmektedir (ÇŞB, 2020c).

Tablo 2.10 2015-2019 Yıllar Arası Aylara Göre Yağış Ortalama Miktarı (mm) (ÇŞB, 2020c)

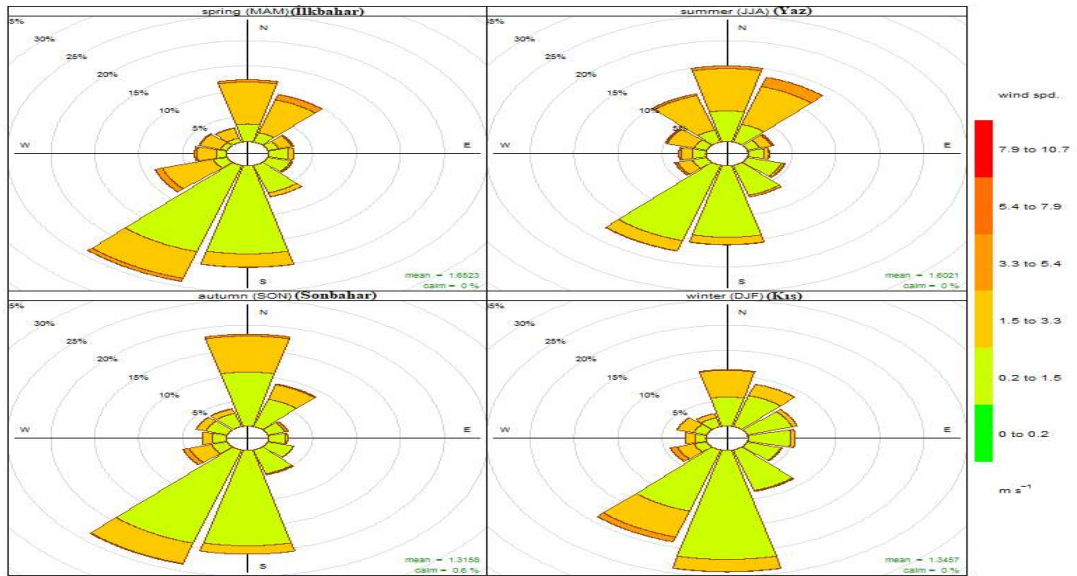
OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
31,9	20,2	42,8	37,9	112,5	99,4	39,3	61,1	32,0	40,7	24,6	32,5

Yağışlar, havada asılı duran partikül maddeleri ve gazları bünyelerine alarak yeryüzüne indirerek havayı temizlemektedir. Kastamonu’da ise en fazla yağışın ilkbahar aylarında görülmesi ve kış mevsiminde yeterince yağış düşmemesi, atmosfer ortamında asılı bulunan kirleticilerin ortamdaki uzaklaşıp dağılamaması hava kirliliğinin artmasına katkı sağlamaktadır.

Meteorolojik veriler incelendiğinde hâkim rüzgârların genellikle ilkbahar, sonbahar ve kış aylarında kuzey-kuzeydoğu ve güney-güneybatı yönlerinde, yazın ise bu yönlerle ilave olarak güneybatı yönünden de estiği Şekil 2.20 ve Şekil 2.21’den anlaşılmaktadır (ÇŞB, 2020c).



Şekil 2.20 Kastamonu (Merkez) Hâkim Rüzgâr Yönü (ÇŞB, 2020c)



Şekil 2.21 Kastamonu (Merkez) Mevsimsel Hâkim Rüzgâr Yönü (ÇŞB, 2020c)

Rüzgârlar, hava sirkülasyonlarına direk etkili olduğundan kirleticilerin veya kirli/kirletilmiş havanın ortamdaki taşınmasında rol arak hava kirliliği ile doğrudan ilişkilidir. Rüzgârın esmemesi kirleticilerin veya kirli havanın uzaklaşmamasına yol açmasından ötürü şehirlerin konumlandırması rüzgâr yönüyle bu yüzden yakından bağıntılıdır. Kastamonu’da ise şehir merkezinin Karaçomak Deresi boyunca yerleşmesi ve çevresinde tepeler ve dağlarla çevrili olması değişik yönlerden gelebilecek hava akımlarına doğal set oluşturmakta, yalnız vadi şeklindeki bu yapı rüzgârların Karaçomak Deresi boyunca topoğrafik yapıya uygun bir şekilde genel itibariyle kuzey-güney yönlerinde esmesine imkân sağlamaktadır.

Meteorolojik verilere göre şehir merkezindeki aylara göre ortalama rüzgâr hızları verilen Tablo 2.11 ve 2.12 incelendiğinde hava kirliliğinin en yoğun yaşanabileceği kış aylarında rüzgâr esme sayısının ve hızlarının düşük olması şehir üzerinde oluşabilecek kirli havanın dağıtılmasında olumlu etkiyi gösteremeyecektir.

Tablo 2.11 2015-2019 Yıllar Arası Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn) (ÇŞB, 2020c)

OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
1,3	1,5	1,5	1,7	1,5	1,5	1,6	1,6	1,4	1,1	1,2	1,2

Tablo 2.12 Kastamonu Şehri’nin Ortalama Rüzgâr Esme Sayılarının Mevsimlere Göre Dağılımı (1975-2005) (İbret ve Aydınözü, 2009)

Esme Yönü	N	NNE	E	ESE	S	SSW	W	WNW	Toplam	Yıl (%)
İlkbahar	385	755	182	350	531	1646	179	303	4331	25,4
Yaz	459	1100	221	375	221	1112	171	316	3975	23,3
Sonbahar	493	930	147	222	457	1867	130	230	4476	26,3
Kış	459	1055	165	191	439	1671	147	225	4342	25,0

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Hava kirliliği tüm dünyada önemli çevre sorunlar biri olarak görülmesinden ötürü literatüre bu konuda pek çok çalışma yer almaktadır. Hava kalitesi konusunda yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmektedir.

Eğri (1997) bu çalışmasında Malatya il merkezinin 1996-1997 kış döneminde SO₂ ve Partikül maddeye meteorolojik faktörlerin etkisini incelemiştir. Çalışmasında kullandığı çoklu regresyon analizinde bağımlı değişken olarak SO₂ ve PM konsantrasyonlarını, bağımsız değişken olarak ise hava sıcaklığı, bağıl nem, atmosfer basıncı, yağış miktarı ve rüzgâr hızı değerlerini kullanmıştır. Çalışma sonucunda ise SO₂ konsantrasyonları ile rüzgâr hızı dışındaki tüm değişkenlerin anlamlı ilişkisinin olduğunu, partikül madde miktarı ile hava basıncı, bağıl nem ve sıcaklık değişkenlerinin anlamlı ilişki içinde olduğunu diğer değişkenler yağış miktarı ve rüzgâr hızının etkisinin kısıtlı kaldığını tespit etmiştir (Eğri, 1997).

Müezzinoğlu vd (1998) çalışmalarını 1985-2005 yılları arasında Türkiye'deki kirletici kaynaklardan alınan verilerle emisyon envanter tahminleri yapmışlardır. Envanter partikül madde, SO₂, CO, azot oksitler (NO_x) ve metan içermeyen uçucu organik bileşikler ve antropojenik kaynaklarını araştırarak dağılımlarını yapmışlardır. Enerji sektörünün ana kirletici olduğunu ve ardından endüstriyel yanma, evsel ısıtma ve endüstriyel prosesler sayılabileceğini tespit ederek bu emisyonların çevresel etkilerini azaltmak için önerilerde bulunmuşlardır (Müezzinoğlu vd. 1998).

Elbir vd (2000) çalışmalarında Türkiye'de 1985 ile 2005 yılları arasında 5 yıllık aralıklarla partikül madde (PM), kükürt oksitler (SO_x), azot oksitler (NO_x), metan olmayan uçucu organik bileşikler ve karbon monoksitten (CO) oluşan beş ana kirleticinin geçmişteki konsantrasyonları ve tahmini olarak gelecekteki miktarlarını hesaplayarak envanter çalışması yapmışlardır. Bu çalışma da Türkiye'deki sonuçlar ile Avrupa'daki sonuçları karşılaştırarak Türkiye'nin Avrupa'da emisyon kaynağı olarak büyük bir yere sahip olduğunu, kişi başına ve birim alana düşen emisyonların

emisyon kaynağı miktarlarına biraz daha küçük seviyelerde olduğunu saptamışlardır. Ayrıca bu çalışmada Türkiye'nin bazı büyük şehirlerinde 1986 ve 1996 yılları arasında izlenen PM ve SO₂ konsantrasyonlarını Dünya Sağlık Örgütü (Avrupa) yönergeleri ve ilgili AB direktifleri ile karşılaştırmışlardır (Elbir vd. 2000).

Baldasano vd (2003) dünyadaki gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin büyük şehirlerinin hava kalitesini Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) kılavuz değerleri ile Avrupa Birliği'nin sınır değerlerine göre incelemişlerdir. SO₂'nin dünya çapında düşüş eğiliminde, NO₂'nin ise WHO kılavuz değerlerine çok yakın seviyelerde olduğunun ve partikül madde için tüm Asya'da büyük bir sorun teşkil ettiği görülmüştür. Genel olarak kirletici konsantrasyonlarında ise dünya genelinde bir azalma eğiliminde seyrettiği, ancak yoksul ve düşük gelirli ülkelerde aksine hava kirleticilerinin yüksek konsantrasyonlara ulaştığı saptanmıştır (Baldasano vd. 2003).

Elbir (2003) İzmir ilinde evsel ısıtma ve endüstriyel kaynaklı oluşan kükürt dioksit (SO₂) emisyonlarının dağılımını iki model kullanarak istatistik analizler de kullanılarak modellerle tahminler yapılmış ve doğrulukları karşılatırılmıştır (Elbir, 2003).

Elbir vd (2004) çalışmalarında İzmir'deki birincil kirleticiler olan partikül madde, kükürt dioksit ve azot oksitlerin envanter çalışmalarını yapmışlardır. Çalışma sonucunda İzmir ilinde kükürt dioksit (SO₂) emisyonlarının %88'inin endüstriden, partikül madde emisyonlarının %56'sının evsel ısınma ve azot oksit (NO_x) emisyonlarının ise trafik kaynaklı olduğunun ve şehir merkezi dışında bulunan endüstriyel kaynaklarında toplam SO₂ emisyonlarına %93, partikül madde emisyonlarına %59 ve NO_x emisyonlarına ise %80 seviyelerinde katkıda bulunduğunu saptamışlardır (Elbir ve Müezzinoğlu, 2004).

Özden ve Müezzinoğlu (2005) bu çalışmalarında Eskişehir'deki hava kalitesini partikül madde, SO₂, NO₂ ve O₃ konsantrasyonları izelenerek elde edilen veriler ışığında kirleticilerin konsantrasyonlarının kendi aralarındaki ilişkileri, meteorolojik parametrelerle olan ilişkileri ve mevzuatlardaki sınır değerlerle karşılaştırması yapılmıştır (Ozden vd. 2005).

Garipağaoğlu (2006) Türkiye’de coğrafi bölgelerdeki hava kirliliği sorununu 1990-2000 yılları arasındaki verileri ele alarak incelemiştir. Türkiye’deki şehirlerin kışın hava kalitelerinin birbirinden farklı özellikler gösterdiği, genellikle kirleticilerin evsel ısınma, endüstriyel ve trafik kaynaklı olduğunu tespit etmiştir. SO₂ ve partikül madde konsantrasyonlarının sınır değerlerden yüksek olduğu şehirlerin coğrafi dağılımının düzensiz olduğunu ve bu düzensizlikte coğrafyanın, olumsuz meteorolojik ve topoğrafik şartların önemli etkisi olduğunu saptamıştır (Garipağaoğlu 2006).

Köse vd (2006) 1991-2001 yılları arasında Kütahya şehir merkezinde günlük ölçülen SO₂ ve PM₁₀ ile bazı meteorolojik koşulların istatistiksel ilişkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmada bağımlı değişken olarak SO₂ ve PM₁₀ miktarları, bağımsız değişken olarak ise bir gün önceki kirletici konsantrasyonları, sıcaklık, basınç ve rüzgâr hızı kullanılmıştır. Sonuçta ise partikül madde konsantrasyonlarına rüzgâr hızı, bağıl nem ve sıcaklığın etkisinin SO₂ konsantrasyonlarından daha fazla etkili olduğunu, hatta bazı meteorolojik parametrelerin SO₂ ve PM₁₀ miktarlarının artışında önemli bir katkısının olduğu kanısına varılmıştır (Köse ve Özgür, 2006).

Türk vd (2008) çalışmalarında Trabzon şehrinde 2005-2007 yılları arasındaki hava kirliliğinin insan sağlığı üzerine etkilerinin incelemiştir. İnceleme sonucunda hava kirliliği kaynaklı hastalıklara bağlı olarak ölümlerin ve yataklı olarak tedavi gören vakaların olduğu saptanmıştır (Türk vd. 2008).

Carvalho vd (2010) Avrupa ve Portekiz üzerindeki 1990 yılı referans alınarak iklim değişikliğinin 2100 yılındaki hava kalitesine etkisini modelleme kullanarak hesaplamışlardır. Modelleme sonucunda aylık ozon (O₃) konsantrasyonlarında Avrupa’da Portekiz’den fazla oranda artış olacağı, aylık PM₁₀ değerlerinin ise Avrupa’da bölgelere göre değişiklik göstereceği genel olarak bazı aylarda konsantrasyonlarda artacağı tespit edilmiştir (Carvalho vd. 2010).

Gurjar vd (2010) dünyadaki büyükşehirlerdeki Dünya Sağlık Örgütü (WHO) yönergelerine göre hava kirletici parametreleri olan SO₂, NO₂ ve toplam asılı parçacık (TSP) konsantrasyonlarına bağlı olarak sağlık risklerini ölüm ve kronik

hastalık yönünden araştırmışlardır. Araştırmalarında Los Angeles, New York, Osaka Kobe, Sao Paulo ve Tokyo gibi bazı şehirlerde bu kirleticilerden kaynaklanan toplam ölüm oranlarının çok düşük, hasta sayılarının yüksek, Dakka, Pekin, Karaçi, Kahire ve Delhi gibi şehirlerde ise kardiyovasküler ölüm oranı en yüksek sırada olduğu tespit edilmiştir (Gurjar vd. 2010).

Menteşe ve Yarımtepe (2012) Çanakkale iline ait 20 yıllık PM_{10} ve SO_2 konsantrasyonlarını yönetmelikteki sınır değerler, meteorolojik koşullar ve kaynaklarına göre incelemişlerdir. Çalışma sonucunda kış aylarında katı yakıt kullanımı kaynaklı konsantrasyon değerlerinin yükseldiğini, kişi başına düşen araç sayısının yüksek olmasından dolayı motorlu taşıtlardan ve meteorolojik parametrelerden olan rüzgârın boğazdan geçiş yapan çok sayıdaki gemilerden kaynaklanan özellikle PM_{10} emisyonlarının şehir merkezine doğru taşınmasına sağlayarak şehrin hava kalitesini olumsuz etkilediği mütalaa edilmiştir (Menteşe ve Yarımtepe, 2012).

Dumanoglu ve Bayram (2013) çalışmalarında İzmir'in şehir merkezi ve yakın çevresinde Ocak 2007 - Nisan 2008 tarihleri arasındaki azot dioksit (NO_2) ve ozon (O_3) konsantrasyonlarını pasif örnekleyicilerle birer haftalık aralıklarla 16 farklı noktada ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. Ölçüm sonucunda en yüksek azot dioksit (NO_2) konsantrasyonlarının nüfusun ve trafiğin yoğun olduğu kent merkezinde, ozonun (O_3) en yüksek konsantrasyonlarının ise kirletici kaynaklardan uzak kırsal bölgelerde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, çalışmada çeşitli meteorolojik parametrelerin ozon oluşumuna etkisi de araştırılmıştır (Dumanoglu ve Bayram, 2013).

Sarella ve Khambete (2015) Hindistan'ın Vapi şehrinde Mart 2013 – Şubat 2014 arasındaki partikül madde (PM_{10}), $PM_{2,5}$, kükürt dioksit (SO_2), ve azot dioksit (NO_2) verilerinin yorumlanabilmesi için bir Hava Kalitesi İndeksi önerilerek hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Hava Kalitesi İndeksi değerlerinin SO_2 ve NO_2 için "iyi" ve "tatmin edici", PM_{10} ve $PM_{2,5}$ için tatmin edici" ve "orta derecede kirli" kategorilerinde yer aldığı ve genel Hava Kalitesi İndeksinin PM_{10} 'den

dolaylı "orta derecede kirli" sınıfına girerek Vapi şehri için PM_{10} 'nin kritik kirletici parametre olduğu anlaşılmıştır (Gowtham ve Anjali, 2015).

Yüksel (2015) çalışmasında Ankara'da 1990-2014 yılları arasındaki PM_{10} ve SO_2 değerlerinin inceleyerek sınır değerlerle karşılaştırmasını yapmıştır. PM_{10} ve SO_2 değerlerinin kış aylarında maksimum değerlere ulaştığı ve tüm çalışma dönemindeki PM_{10} değerlerin Avrupa Birliği sınır değerlerinin aştığı, SO_2 konsantrasyonlarının ise 1990-2007 yılları arasında Avrupa Birliği sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir (Duman-Yüksel, 2015).

Önal vd (2017) 2013-2015 yılları arasında İstanbul'da ölçülen kükürt dioksit (SO_2) ve partikül madde (PM_{10}) değerlerini Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) sınır değerlerine göre değerlendirmesinin yapmışlardır. Ölçülen değerlerden kükürt dioksit (SO_2) konsantrasyonların sınır değeri aşmadığı, partikül madde (PM_{10}) konsantrasyonlarının iki yıl boyunca DSÖ sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir (Onal vd. 2017).

Alkan (2018) Siirt ilinde 2015 – 2017 yılları arasındaki SO_2 ve PM_{10} konsantrasyonlarını incelemiş olup, PM_{10} seviyelerinin sınır değerlerin çok üstünde olduğu, SO_2 seviyelerinin ise sınır değerlerin altında ancak ülke ortalamasının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. PM_{10} değerlerinin kalitesi yakıt kullanımı kaynaklı kış aylarında sınır değerleri her gün aştığı, yaz aylarında ise yoğunlaşan inşaat ile ilgili faaliyetler nedeniyle zaman zaman bazı yaz aylarında zirveye ulaştığı ve Siirt kentinin iklimik ve topografik özelliklerinin hava kirliliğine elverişli ortam koşulları oluşturduğu anlaşılmıştır (Alkan, 2018).

Koşan vd (2018) Erzurum ilinde 2012-2017 yılları arasında ölçülen kükürt dioksit (SO_2) ve partikül madde (PM_{10}) değerlerini Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), Avrupa Birliği (AB) Ülkeleri ve Türkiye ulusal sınır değerleri ile karşılaştırmış ve yıllara göre PM_{10} değerlerinin Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Türkiye ulusal sınır değerlerini bir çok kez aştığı, SO_2 değerlerinin ise Avrupa Birliği (AB) ve DSÖ sınır değerlerini aştığı Türkiye'deki sınır değerleri aşmadığı saptanmıştır (Kosan, 2018).

Kunt ve Dursun (2018) Konya ilinde 2006-2007 kış döneminde SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının bazı meteorolojik faktörlerle olan ilişkisini araştırmışlardır. Yaptıkları incelemelerde SO₂ ve PM₁₀ derişimlerinin en çok rüzgâr ile ilişkili olduğunu, hatta rüzgârın yönü ve esme sayısından etkilendiğini gözlemlemişlerdir. Lokal hava kirliliklerine ise atmosferik kararlılık ve inversiyon sonucunda oluşan sisin etkisinin olduğu kanısına da varmışlardır (Kunt ve Dursun, 2018).

Xu vd (2018) Çin’de Ocak 2016 – Ocak 2017 arasındaki PM_{2,5} değerlerine meteorolojik parametrelerin etkisini modelleme kullanarak araştırmıştır. Meteorolojik koşulların elverişli olduğu bölgelere nazaran olumsuz meteorolojik koşulların (düşük rüzgâr hızı, yüksek nem ve düşük yağış gibi) PM_{2,5} konsantrasyonunu kötüleştirdiği sonucuna varılmıştır (Xu vd. 2018).

Hien vd (2020) Vietnam’ın Hanoi şehrinin gelişmesinin hava kirliliği üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. NO₂ ve SO₂ ortam konsantrasyonları göz önünde bulundurularak yapılan analizlerde endüstriyel alanlara bağlı olarak emisyon kaynaklarının hızlı büyümesi, hızla artan nüfus yoğunluğu ve trafik yoğunluğunun artmasının kirletici parametreleri artırdığı saptanmıştır (Hien vd. 2019).

4. YÖNTEM

4.1. Hava Kalitesi Verileri

Bu tez çalışmasında 2018 yılı Temmuz ayından 2021 yılı Haziran ayı sonuna kadar toplam 36 aylık saatlik olarak ölçülen PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , NO , NO_2 , NO_x , O_3 ve CO konsantrasyon değerleri kullanılmıştır. Veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Hava Kalitesi İzleme İstasyonundan temin edilmiştir. İstasyondan alınan veriler saatlik ortalama olarak yayımlanmaktadır.

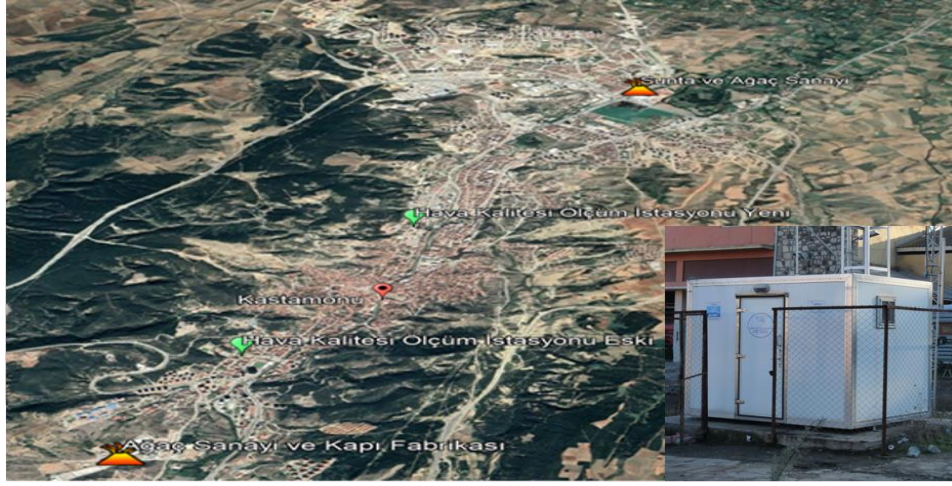
İlimizdeki dahil ülkemizdeki tüm Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarındaki ölçüm verileri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait özel bir ağ sistemi ile tek bir merkeze aktararak Hava Kalitesi İzleme Ağı Web Sitesi'nden (<http://www.havaizleme.gov.tr> - <https://sim.csb.gov.tr>) online olarak kamuoyu ile paylaşılmaktadır.

Tez çalışmasında kullanılan parametreler uygun yöntemlerle izlenip sunulan ölçüm verilerinin kalitesi sağlıklı bir değerlendirme yapabilmek için önemli bir parametre olup, saatlik ortalamalar şeklinde yayımlanan verilerin günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık olarak doğru temsil edip etmediği açıklanan veri setlerinin doluluk oranları ile bağıntılıdır. Elektrik kesintisi ve cihazların arızalanması gibi nedenlerden dolayı veri kalitesi olumsuz etkilendiğinden bu gibi etkenlerin en aza indirilmesi izleme verilerinin kalitesi açısından önemli bir gereksinimdir.

4.1.1. Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu

Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı'nın kurulması sonucu hava kalitesi izleme görevlerini devralmasına müteakip 2005 – 2007 yılları arasında Ülkemizdeki tüm illere ölçüm istasyonları kurularak yaygınlaştırılması kapsamında ilimizde de ilk Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu 2006 yılı sonu 2007 yılı başlarında Saraçlar Mahallesinde Orman Bölge Müdürlüğü Karadere Orman İşletme Müdürlüğü'nün bahçesine kurulmuş (Şekil 4.22) ve bu istasyonda partikül madde (PM_{10}) ve kükürt

dioksit (SO_2) izlenmeye başlamıştır (ÇOB, 2009). Bu istasyon şehrin güney tarafında ve konut yoğunluğunun az orman endüstrisi tesislerine çok yakın mesafede, Orman Bölge Müdürlüğü'nün tamirhanesinin ve büyük çaplı araçların otoparkının bulunduğu bölgede kurulmuştur. Şehrin diğer tarafında yer alan sunta fabrikasından uzak, ancak yakınındaki fabrika ve kurulu bulunduğu alandaki araç sirkülasyonundan doğrudan etkilenmekte olup şehrin havasını tam temsil etmeyen bir noktada konuşlandırılmıştır.



Şekil 4.22 Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu ve Yeri (Eski)

Daha sonrasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından mevcut istasyon devre dışı bırakılarak İsmailbey Mahallesi Mustafa Kaya Anadolu Lisesi bahçesine, şehrin kuzey yönüne 2018 yılında yeni bir Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu kurulmuş (Şekil 4.23) ve bu istasyonda partikül madde (PM_{10}) ve ($\text{PM}_{2.5}$), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO_2), azot oksit (NO), azot dioksit (NO_2) ve ozon (O_3) ölçümleri gerçekleştirilmektedir (URL-13, 2019, ÇŞB, 2020b). İstasyonun bulunduğu mahalle ve çevre mahallelerinde katı yakıt kullanan çoğunlukla 1-2 katlı konutlar yer yer yoğun bir şekilde bulunmakta ve istasyonun dört tarafında araç trafiğinin yoğun olduğu cadde, bulvar ve çok sayıda ara yollar mevcuttur.



Şekil 4.23 Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu ve Yeri (Yeni)

İstasyondan elde edilen saatlik ortalamalar şeklindeki ölçüm verileri Şekil 4.24’de yer verilen özel bir ağ üzerinden Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın Sürekli İzleme Merkezine aktarılacak izlenmekte ve izleme açısından elde edilen ham veriler <http://www.havaizleme.gov.tr> adresinde eşzamanlı olarak yayınlanmaktadır.



Şekil 4.24 Veri İletişimi (ÇŞB, 2015)

4.2. Veri Analizi

Bu tez çalışmasında 2018 yılı Temmuz ayından 2021 yılı Haziran ayı sonuna kadar toplam 36 aylık saatlik olarak ölçülen PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , NO , NO_2 , NO_x , O_3 ve CO konsantrasyon değerleri, sıcaklık, yağış, rüzgâr hızı ve yönü verileri, yıllara göre

yakıt türleri, konut ve taşıt sayıları kullanılmıştır. Böylece Kastamonu şehir merkezinde meteorolojik koşulların, konut ve taşıt sayılarındaki değişim ile yakıt türlerinin hava kirliliğini nasıl ve hangi düzeyde etkilediği incelenmiştir.

Veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Bölge Müdürlüğü'ne bağlı İsmailbey Mahallesi Mustafa Kaya Anadolu Lisesi bahçesinde kurulan Hava Kalitesi İzleme İstasyonundaki veriler kullanılmış ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Hava kalitesi izleme istasyonları web sitesinden (URL-21, 2020) temin edilmiştir. Hava kirliliği verileri saatlik ortalama veriler olup, kütle konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) cinsindendir. Hava kalitesi izleme istasyonundan alınmış veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın kontrolünde ve Bakanlık tarafından doğrulanmış verilerdir. Meteorolojik veriler ise, Kastamonu Meteoroloji İl Müdürlüğü ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden, konut verileri Kastamonu Belediye Başkanlığı'ndan, yakıt (doğalgaz) verileri Kargaz Doğalgaz Dağıtım San. Ve Tic. A.Ş.'den ve trafikteki taşıt verileri Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı'ndan sağlanmıştır.

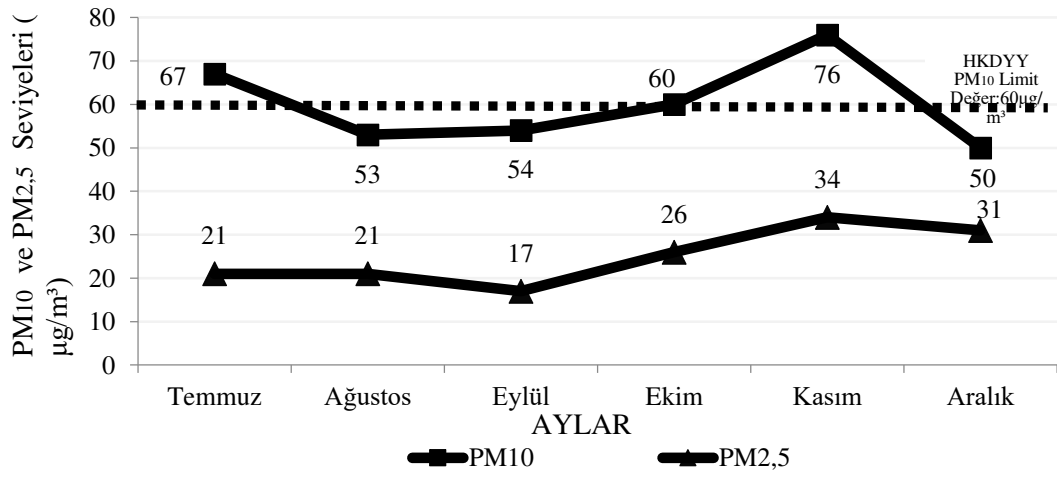
4.2.1. Hava Kalitesi Ölçüm Verileri

4.2.1.1. Partikül maddeler (PM_{10} ve $\text{PM}_{2,5}$)

Değerlendirmesi yapılan veriler Kastamonu'daki mevcut faal tek istasyon olan İsmailbey Mahallesi Mustafa Kaya Anadolu Lisesi bahçesinde kurulu Hava Kalitesi İzleme İstasyonundaki ölçüm değerlerinin aktarıldığı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı web sitesinden (URL-21, 2020) temin edilmiştir.

Tablo 4.13 2018 Yılı Aylık PM_{10} ve $\text{PM}_{2,5}$ Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

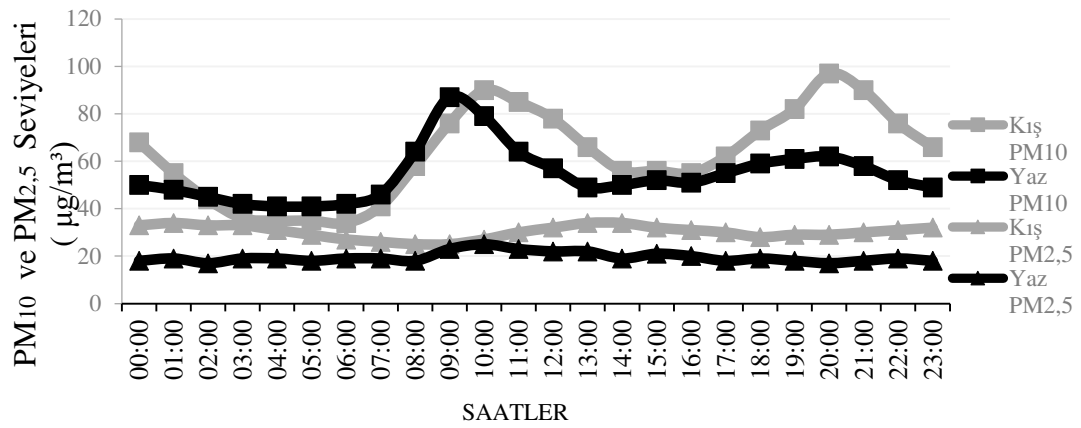
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
PM_{10}	67	53	54	60	76	50
$\text{PM}_{2,5}$	21	21	17	26	34	31



Şekil 4.25 2018 Yılı Aylık PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

Tablo 4.14 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM₁₀ ve PM_{2,5} Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz PM ₁₀	50	48	45	42	41	41	42	46	64	87	79	64
Kış PM ₁₀	68	55	44	36	35	35	34	41	58	76	90	85
Yaz PM _{2,5}	18	19	17	19	19	18	19	19	18	23	25	23
Kış PM _{2,5}	33	34	33	33	31	29	27	26	25	25	27	30
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz PM ₁₀	57	49	50	52	51	55	59	61	62	58	52	49
Kış PM ₁₀	78	66	56	56	55	62	73	82	97	90	76	66
Yaz PM _{2,5}	22	22	19	21	20	18	19	18	17	18	19	18
Kış PM _{2,5}	32	34	34	32	31	30	28	29	29	30	31	32



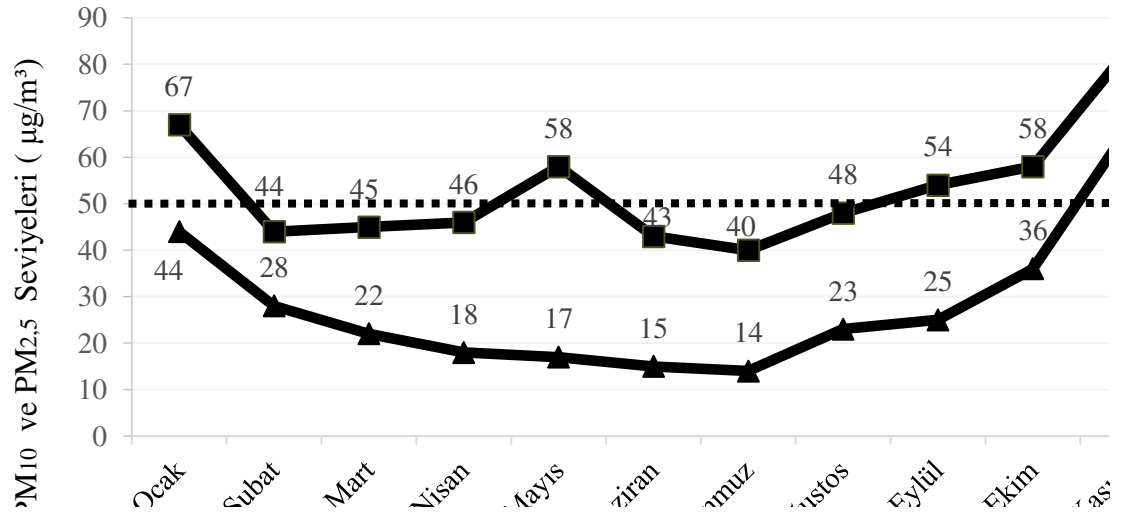
Şekil 4.26 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

2018 yılındaki PM₁₀ ve PM_{2,5} parametrelerinin aylık değişimlerinin verildiği Tablo 4.13 ve Şekil 4.25 incelendiğinde, kış aylarına doğru bir artış eğilimi gösterdiği gözlemlendiğinden bu yükselişe ısınmanın etkisinin olduğu anlaşılmaktadır. Ancak Temmuz ayındaki PM₁₀ konsantrasyonunun yüksek olmasının ise bu aylarda ısınma olmayacağından Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunun bulunduğu alanın yanındaki Mustafa Kaya Anadolu Lisesi ve E-Sınav Merkezi binalarının inşaat çalışmalarında ortaya çıkan tozuma kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Saatlik veriler Kış Sezonu (1 Ekim-31 Mart) ve Yaz Sezonu (1 Nisan – 30 Eylül) için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. 2018 yılındaki PM₁₀ ve PM_{2,5} parametrelerinin saatlik değişimlerinin verildiği Tablo 4.14 ve Şekil 4.26 incelendiğinde ise, sabah saat 07.00'den sonra PM₁₀ değerlerinin yükselmeye başladığı kış sezonunda 09.00'da, yaz sezonunda 10.00'da en yüksek değere ulaşarak daha sonrasında düşüş eğilimi gösterdiği görülmektedir. Bu yükselişte kış sezonunda ısınma için soba ve kaloriferlerin ilk ateşleme saatleri, yaz sezonunda ise ısınma olmayacağından vatandaşların işyerlerine ulaşımından dolayı trafik yoğunluğunun etkisinin olduğu gözlemlenmektedir. Kış sezonunda PM₁₀ değerlerinin akşam 16:00'a kadar düşüş eğilimi gösterip sonrasında tekrar yükselişe geçmesinin de akşama doğru hava sıcaklığındaki düşüş ile yine iş çıkışlarından kaynaklı trafikteki yoğunluk artışının etkili olduğu, yaz sezonunda ise akşam saatlerinde trafikteki yoğunluğun azalmasının yaşandığı saat 20.00'dan sonra değerlerin düşmesinden hava kalitesi değerlerine trafiğin etkisi gözlemlenebilmektedir. Yaz ve Kış sezonları karşılaştırıldığında kış aylarında değerlerin yükselmesinden ısınmanın etkisinin trafikten daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. PM_{2,5} değerleri ise her iki sezonda da gün içerisinde fazla bir dalgalanma göstermemektedir.

Tablo 4.15 2019 Yılı Aylık PM₁₀ ve PM_{2,5} Değerleri (µg/m³)

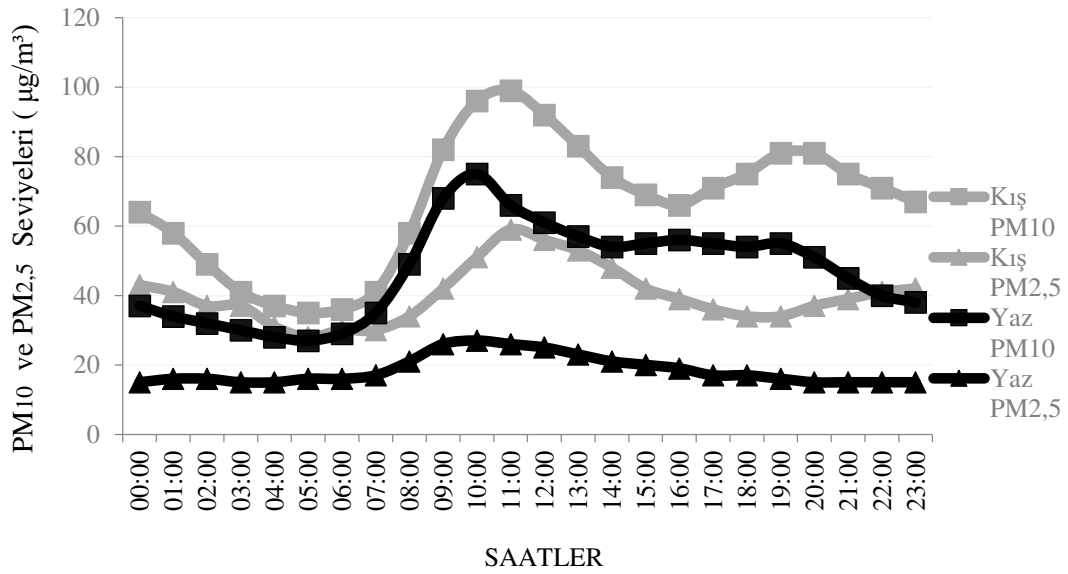
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
PM ₁₀	67	44	45	46	58	43	40	48	54	58	83	83
PM _{2,5}	44	28	22	18	17	15	14	23	25	36	66	60



Şekil 4.27 2019 Yılı Aylık PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

Tablo 4.16 2019 Yılı Saatlik PM₁₀ ve PM_{2,5} Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz PM ₁₀	37	34	32	30	28	27	29	35	49	68	75	66
Kış PM ₁₀	64	58	49	41	37	35	36	41	58	82	99	92
Yaz PM _{2,5}	15	16	16	15	15	16	16	17	21	26	26	25
Kış PM _{2,5}	43	41	37	37	31	28	30	30	34	42	59	56
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz PM ₁₀	61	57	54	55	56	55	54	55	51	45	40	38
Kış PM ₁₀	92	83	74	69	66	71	75	81	81	75	71	67
Yaz PM _{2,5}	25	23	21	20	19	17	17	16	15	15	15	15
Kış PM _{2,5}	56	53	48	42	39	36	34	34	37	39	41	42



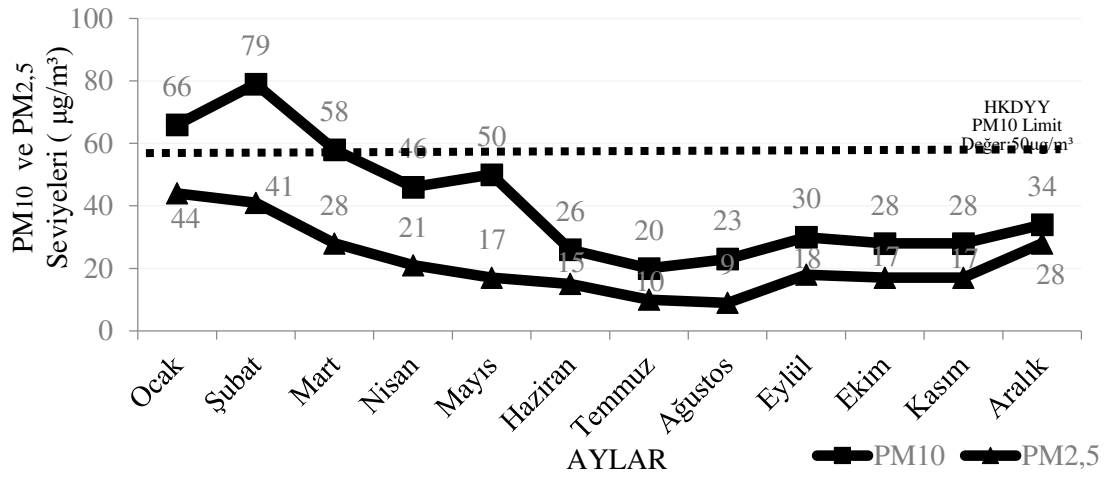
Şekil 4.28 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

Tablo 4.15 ve Şekil 4.27’de verilen 2019 yılı aylık PM₁₀ ve PM_{2,5} konsantrasyonlarındaki değişimlere bakıldığında, her iki parametreninde Ocak ayından itibaren düşüş eğilimi gösterip Temmuz ayında en düşük değerlere ulaştığı, sonrasında ise tekrar yükselerek Kasım ayında en yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu görülmektedir. Bu düşüş ve yükseliş trendlerinin kış aylarına denk gelmesinden ısınmanın etkisinin bu değişimde en etkili parametre olduğu anlaşılmaktadır.

2019 yılındaki yaz ve kış sezonundaki saatlik değişimlerin verildiği Tablo 4.16 ve Şekil 4.28 değerlendirildiğinde, PM₁₀ değerlerinin sabah 06.00’den PM_{2,5} değerlerinin sabah 08.00’den itibaren yükselmeye başlayıp yaz sezonunda saat 10.00’da kış sezonunda ise saat 11.00 en yüksek değere ulaşip sonrasında tekrar azalmaya başladığı görülmektedir. PM₁₀ konsantrasyonlardaki düşüş kış sezonunda saat 16.00 ‘dan sonra tekrar biraz yükselip sonrasında saat 19.00’den sonra tekrar azalmaya başlayarak sabah 06.00 saatinde en düşük değere ulaşmakta, yaz sezonunda ise PM₁₀ değerleri akşam yükselme göstermemektedir. PM_{2,5} değerleri ise kış sezonunda 19.00’den sonra devamlı olarak 00.00’a kadar yükselme eğilimi göstermektedir. Kış sezonundaki değerlerdeki bu dalgalanmada ısınma için sabah saatlerinde ilk ateşlemelerin yapılması ve trafik yoğunluğunun artmasının etkili olduğu, sonrasında havanın sıcaklığının artmasına paralel ısınmanın azalmasından kaynaklı değerlerde düşüş olduğu gözlemlenmektedir. Yaz ve kış sezonunda ise insan faaliyetlerinin sokaklarda en az olduğu gece saatlerinde PM₁₀ verilerinin en düşük değerlere ulaşılmasında trafiğin de pay sahibi olduğu anlaşılmaktadır. İnsan faaliyetlerine bağlı olarak trafik yoğunluğunun artması ve azalmasının hava kalitesine olan etkisi, özellikle yaz sezonunda insan faaliyetlerinin artmaya başladığı sabah saatlerinde her iki parametrenin artmaya başlayıp, hareketliliğin az olduğu gece saatlerinde düşük seyretmesinden anlaşılmaktadır. Her iki parametrenin yaz ve kış sezonundaki aynı saatlerde farklı değerler almasından, ısınmanın parametreler üzerinde ne kadar etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4.17 2020 Yılı Aylık PM₁₀ ve PM_{2,5} Değerleri (µg/m³)

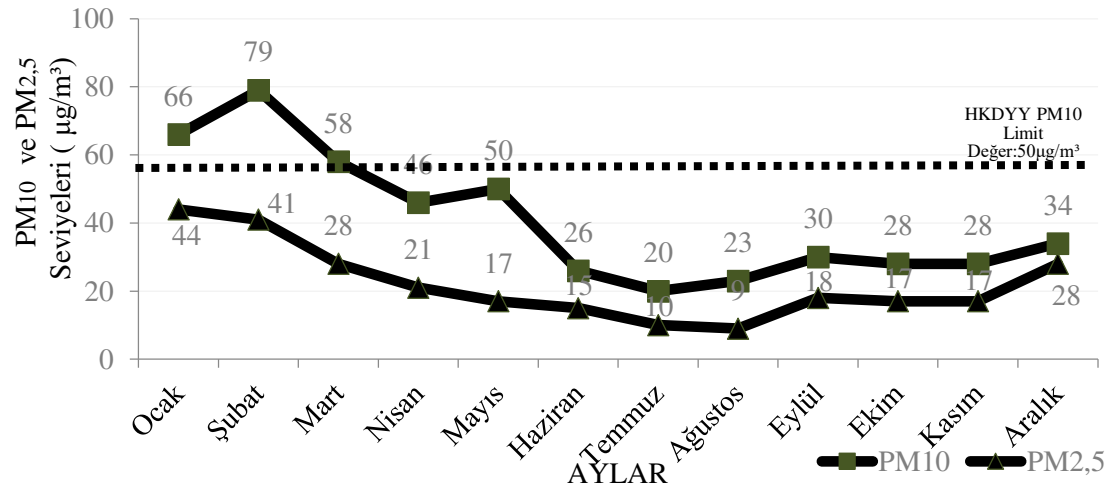
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
PM ₁₀	66	79	58	46	5	26	20	23	30	28	28	34
PM _{2,5}	44	41	28	21	17	15	10	9	18	17	17	28



Şekil 4.29 2020 Yılları Aylık PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

Tablo 4.18 2020 Yılı Saatlik PM₁₀ ve PM_{2,5} Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz PM ₁₀	32	32	31	28	30	29	28	28	31	39	46	42
Kış PM ₁₀	50	48	41	36	30	27	26	27	33	48	65	71
Yaz PM _{2,5}	11	11	12	12	13	12	13	14	16	23	26	26
Kış PM _{2,5}	28	29	28	26	22	19	19	20	23	29	41	47
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz PM ₁₀	36	34	31	32	31	32	30	33	34	34	30	31
Kış PM ₁₀	69	62	55	52	47	47	57	65	65	59	54	51
Yaz PM _{2,5}	22	20	18	16	15	13	13	12	11	10	10	10
Kış PM _{2,5}	49	42	38	33	27	24	22	21	22	24	25	28



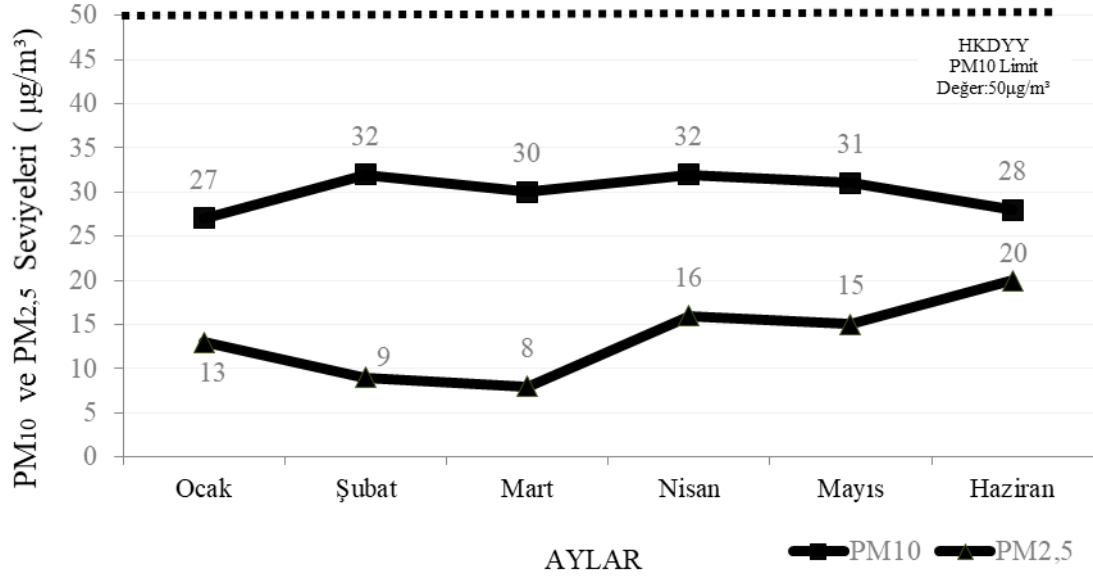
Şekil 4.30 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

Tablo 4.17 ve Şekil 4.29’da verilen 2020 yılı aylık PM₁₀ ve PM_{2,5} konsantrasyonlarındaki değişimlere bakıldığında, PM_{2,5} parametresinin Ocak, PM₁₀ parametresinin Şubat ayından itibaren düşüş eğilimi gösterip, PM₁₀ parametresinin Temmuz, PM_{2,5} parametresinin ise Ağustos ayında en düşük değerlere ulaştığı, sonrasında ise tekrar yükselerek Aralık ayında en yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu görülmektedir. Bu düşüş ve yükseliş trendlerinin kış aylarına denk gelmesinden ısınmanın etkisinin olduğu düşünülmektedir.

2020 yılındaki yaz ve kış sezonundaki saatlik değişimlerin verildiği Tablo 4.18 ve Şekil 4.30 değerlendirildiğinde, PM₁₀ değerlerinin sabah 06.00’den PM_{2,5} değerlerinin sabah 05.00’den itibaren yükselmeye başlayıp yaz sezonunda saat 10.00’da kış sezonunda ise saat 11.00 - 12.00’de en yüksek değere ulaşip sonrasında tekrar azalmaya başladığı görülmektedir. PM₁₀ konsantrasyonlardaki düşüş kış sezonunda saat 17.00 ‘dan sonra tekrar biraz yükselip sonrasında saat 20.00’den sonra tekrar azalmaya başlayarak sabah 06.00 saatinde en düşük değere ulaşmakta, yaz sezonunda ise PM₁₀ değerleri akşam saatlerinde çok fazla değişim göstermemektedir. PM_{2,5} değerleri ise kış sezonunda 19.00’den sonra devamlı olarak 01.00’e kadar yükselme eğilimi göstermektedir. Kış sezonundaki değerlerdeki bu dalgalanmada ısınma için sabah saatlerinde ilk ateşlemelerin yapılması ve trafik yoğunluğunun artmasının etkili olduğu, sonrasında havanın sıcaklığının artışına paralel ısınmanın azalmasından kaynaklanabileceğine kanaati oluşmaktadır. Yaz ve kış sezonunda ise insan faaliyetlerinin sokaklarda en az olduğu gece saatlerinde PM₁₀ verilerinin en düşük değerlere ulaşılmasında trafiğin de pay sahibi olduğu anlaşılmaktadır. İnsan faaliyetlerine bağlı olarak trafik yoğunluğunun artması ve azalmasının hava kalitesine olan etkisi, özellikle yaz sezonunda insan faaliyetlerinin artmaya başladığı sabah saatlerinde her iki parametrenin artmaya başlayıp, hareketliliğin az olduğu gece saatlerinde düşük seyretmesinden anlaşılmaktadır. Her iki parametrenin yaz ve kış sezonundaki aynı saatlerde farklı değerler almasından, özellikle yaz sezonunda akşam saatlerinde çok fazla değişim yaşanmamasından ısınmanın parametreler üzerinde ne kadar etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4.19 2021 Yılı Aylık PM₁₀ ve PM_{2,5} Değerleri (µg/m³)

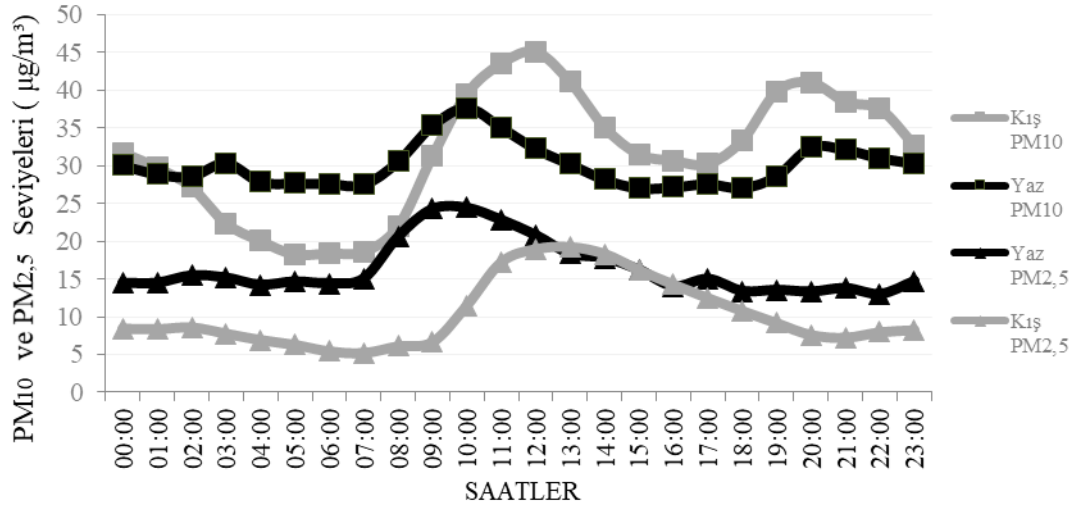
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
PM ₁₀	27	32	30	32	31	28
PM _{2,5}	13	9	8	16	15	20



Şekil 4.31 2021 Yılı Aylık PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

Tablo 4.20 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM₁₀ ve PM_{2,5} Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz PM₁₀	30	29	29	30	28	28	28	28	31	35	38	35
Kış PM₁₀	32	30	27	22	20	18	18	19	22	31	40	44
Yaz PM_{2,5}	14	14	15	15	14	15	14	15	21	24	24	23
Kış PM_{2,5}	8	8	9	8	7	6	5	5	6	7	12	17
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz PM₁₀	32	30	28	27	27	28	27	29	32	32	31	30
Kış PM₁₀	45	41	35	32	31	30	33	40	41	38	38	33
Yaz PM_{2,5}	21	18	18	16	14	15	13	14	13	14	13	15
Kış PM_{2,5}	19	19	18	16	14	12	11	9	8	7	8	8



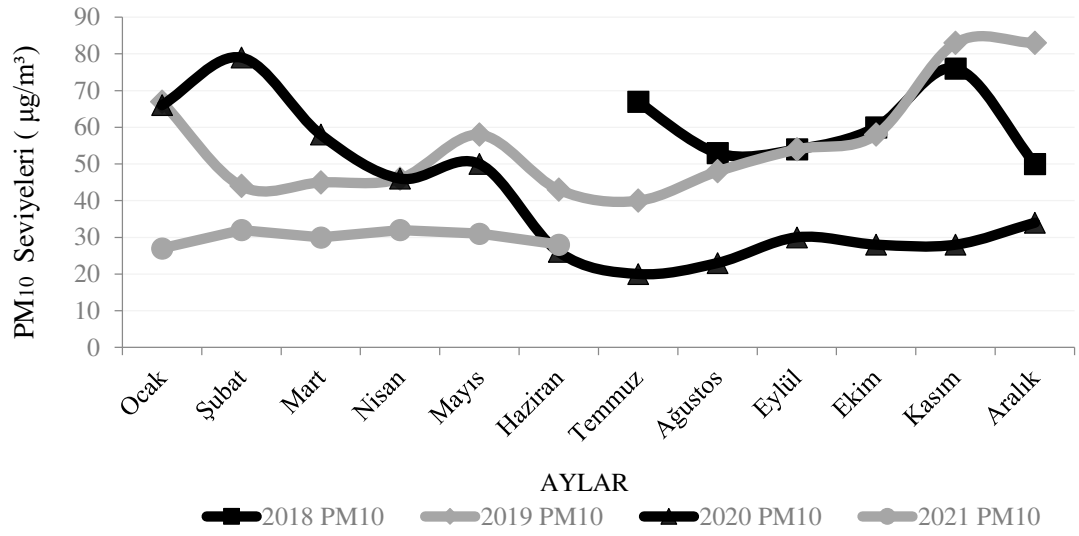
Şekil 4.32 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

Tablo 4.19 ve Şekil 4.31’de verilen 2021 yılı aylık PM₁₀ ve PM_{2,5} konsantrasyonlarındaki değişimlere bakıldığında, PM_{2,5} parametresinin kış aylarında düşük, yaz aylarına doğru yükseklik gösterdiği, PM₁₀ parametresinin ise Ocak ve Haziran aylarında düşük diğer aylarda daha yüksek ve birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

2021 yılındaki yaz ve kış sezonundaki saatlik değişimlerin verildiği Tablo 4.20 ve Şekil 4.32 değerlendirildiğinde, PM₁₀ ve PM_{2,5} değerlerinin sabah 07.00’den itibaren yükselmeye başlayıp yaz sezonunda saat 10.00’da, kış sezonunda ise saat 12.00’de en yüksek değere ulaşip sonrasında tekrar azalmaya başladığı görülmektedir. PM₁₀ konsantrasyonlardaki düşüş kış sezonunda saat 17.00 ‘dan sonra tekrar biraz yükselip sonrasında saat 20.00’den sonra tekrar azalmaya başlayarak sabah 06.00 saatinde en düşük değere ulaşmakta, yaz sezonunda ise PM₁₀ değerleri akşam 19.00 ve 20.00 saatleri arasında bir miktar yükselmek göstermektedir. PM_{2,5} değerleri ise kış sezonunda 19.00’den sonra çok fazla değişim göstermemektedir. Kış sezonundaki değerlerdeki bu dalgalanmada ısınma için sabah saatlerinde ilk ateşlemelerin yapılması ve trafik yoğunluğunun artmasının etkili olduğu, sonrasında havanın sıcaklığının artışına paralel ısınmanın azalmasından kaynaklanabileceğine düşünülmektedir. İnsan faaliyetlerine bağlı olarak trafik yoğunluğunun artması ve azalmasının hava kalitesine olan etkisi, özellikle yaz sezonunda insan faaliyetlerinin artmaya başladığı sabah saatlerinde her iki parametrenin artmaya başlayıp, hareketliliğin az olduğu gece saatlerinde düşük seyretmesinden anlaşılmaktadır.

Tablo 4.21 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık PM₁₀ Değerleri (µg/m³)

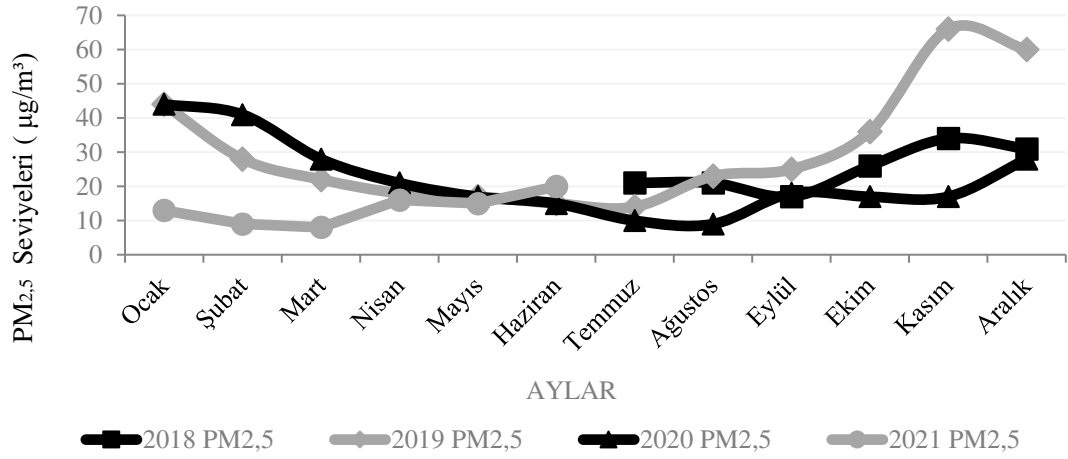
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018 PM₁₀							67	53	54	60	76	50
2019 PM₁₀	67	44	45	46	58	43	40	48	54	58	83	83
2020 PM₁₀	66	79	58	46	5	26	20	23	30	28	28	34
2021 PM₁₀	27	32	30	32	31	28						



Şekil 4.33 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık PM₁₀ Değişimleri

Tablo 4.22 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık PM_{2,5} Değerleri (µg/m³)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018 PM_{2,5}							21	21	17	26	34	31
2019 PM_{2,5}	44	28	22	18	17	15	14	23	25	36	66	60
2020 PM_{2,5}	44	41	28	21	17	15	10	9	18	17	17	28
2021 PM_{2,5}	13	9	8	16	15	20						



Şekil 4.34 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık PM_{2,5} Değişimleri

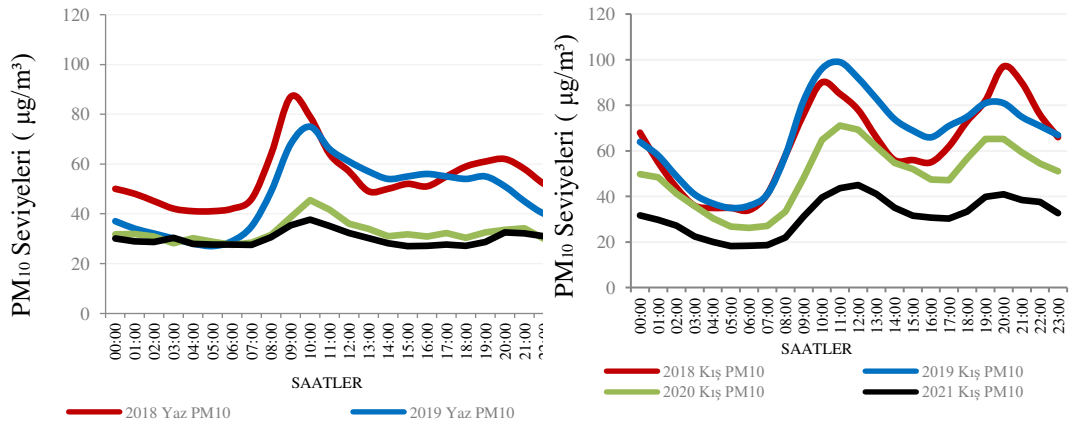
2018, 2019 ve 2020 yıllarının ortak ayları ile yine 2019, 2020 ve 2021 yıllarının ortak ayları Tablo 4.21 ve Şekil 4.33'e göre değerlendirildiğinde 2018 yılının Temmuz ve Ağustos aylarındaki PM₁₀ parametresinin değerleri 2019 ve 2020 yıllarına göre biraz yüksek olduğu görülmekte olup, bununda istasyon yanında bulunan 2 adet Milli Eğitim Müdürlüğü'ne ait inşaatların faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ocak – Nisan ayları arasında ise PM₁₀ parametresi 2020 değerlerinin 2019 ve 2021 yılı değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Genel itibari ile PM₁₀ parametresinin Ocak - Haziran ile Temmuz - Aralık arasındaki değerlerinin yıllar itibari düşüş eğilimi gösterdiği görülmektedir. Üç yılın ortak aylarına göre Ocak - Haziran arasında en düşük değerlerin 2021, Temmuz - Aralık arasında ise en düşük değerlerin 2020 yılında gerçekleştiği, yıllar itibariyle yaklaşık olarak PM₁₀ konsantrasyonlarındaki % 40-50 civarındaki azalma gözönüne alındığında hava kalitesinde bir iyileşme olduğu söylenebilir.

2018, 2019 ve 2020 yıllarının ortak ayları ile yine 2019, 2020 ve 2021 yıllarının ortak ayları Tablo 4.22 ve Şekil 4.34'e göre değerlendirildiğinde 2019 yılının Ağustos ayından sonraki aylardaki PM_{2,5} parametresinin değerlerinin 2018 ve 2020 yıllarından çok yüksek olduğu, Ocak – Haziran arasında ise 2020 yılındaki değerlerin 2019 ve 2021 yılından daha yüksek değer aldığı görülmektedir. Üç yılın ortak aylarına göre Ocak - Haziran arasında en düşük değerlerin 2021, Temmuz - Aralık arasında ise en düşük değerlerin 2020 yılında gerçekleştiği, bir önceki yıla göre

PM_{2,5} konsantrasyonlarında yaklaşık olarak % 50 - 60 civarında azalma olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 4.23 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik PM₁₀ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
2018 Yaz PM ₁₀	50	48	45	42	41	41	42	46	64	87	79	64
2019 Yaz PM ₁₀	37	34	32	30	28	27	29	35	49	68	75	66
2020 Yaz PM ₁₀	32	32	31	28	30	29	28	28	31	39	46	42
2021 Yaz PM ₁₀	30	29	29	30	28	28	28	28	31	35	38	35
2018 Kış PM ₁₀	68	55	44	36	35	35	34	41	58	76	90	85
2019 Kış PM ₁₀	64	58	49	41	37	35	36	41	58	82	96	99
2020 Kış PM ₁₀	50	48	41	36	30	27	26	27	33	48	65	71
2021 Kış PM ₁₀	32	30	27	22	20	18	18	19	22	31	40	44
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
2018 Yaz PM ₁₀	57	49	50	52	51	55	59	61	62	58	52	49
2019 Yaz PM ₁₀	61	57	54	55	56	55	54	55	51	45	40	38
2020 Yaz PM ₁₀	36	34	31	32	31	32	30	33	34	34	30	31
2021 Yaz PM ₁₀	32	30	28	27	27	28	27	29	32	32	31	30
2018 Kış PM ₁₀	78	66	56	56	55	62	73	82	97	90	76	66
2019 Kış PM ₁₀	92	83	74	69	66	71	75	81	81	75	71	67
2020 Kış PM ₁₀	69	62	55	52	47	47	57	65	65	59	54	51
2021 Kış PM ₁₀	45	41	35	32	31	30	33	40	41	38	38	33



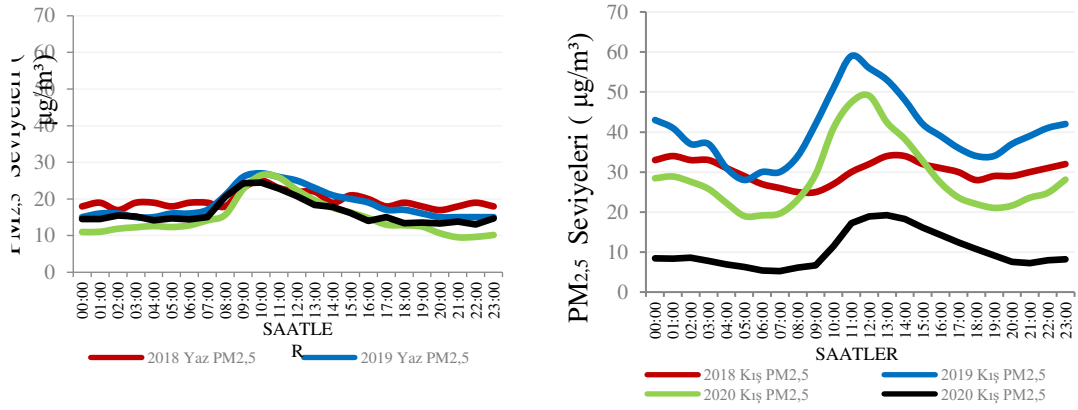
Şekil 4.35 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik PM₁₀ Değişimleri

Tablo 4.23 ile Şekil 4.35 beraber değerlendirildiğinde; tüm yıllarda yaz ve kış sezonlarında genellikle sabah 06.00 saatlerinden sonra değerlerin yükselerek yaz sezonunda 09.00-10.00, kış sezonunda ise 10.00-11.00 saatlerinde ise en yüksek değerlere ulaştığı ve akabinde düşme eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir. Kış sezonunda saat 16.00 dan sonra tekrar biraz yükselerek akşam saatlerinde (19.00-20.00) tekrar düşme eğilimi gösterdiği tüm yıllarda da aynı saatlerde dalgalanmaların

olduğu ve değerlerin paralel biçimde hareket ettiği anlaşılmaktadır. Yaz sezonunda ise değerlerin saat 16.00 dan sonra çok az bir yükseliş göstererek sonrasında ise fazla değişim göstermediği ve incelenen tüm yıllarda PM₁₀ değerlerinin yaz sezonunda fazla yükseliş-azalış yapmadığı görülmektedir.

Tablo 4.24 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik PM_{2,5} Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
2018 Yaz PM_{2,5}	18	19	17	19	19	18	19	19	18	23	25	23
2019 Yaz PM_{2,5}	15	16	16	15	15	16	16	17	21	26	27	26
2020 Yaz PM_{2,5}	11	11	12	12	13	12	13	14	16	23	26	26
2021 Yaz PM_{2,5}	14	14	15	15	14	14	14	15	21	24	24	23
2018 Kış PM_{2,5}	33	34	33	33	31	29	27	26	25	25	27	30
2019 Kış PM_{2,5}	43	41	37	37	31	28	30	30	34	42	51	59
2020 Kış PM_{2,5}	28	29	28	26	22	19	19	20	23	29	41	47
2021 Kış PM_{2,5}	8	8	9	8	7	6	5	5	6	7	12	17
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
2018 Yaz PM_{2,5}	22	22	19	21	20	18	19	18	17	18	19	18
2019 Yaz PM_{2,5}	25	23	21	20	19	17	17	16	15	15	15	15
2020 Yaz PM_{2,5}	22	20	18	16	15	13	13	12	11	10	10	10
2021 Yaz PM_{2,5}	21	18	18	16	14	15	13	14	13	14	13	15
2018 Kış PM_{2,5}	32	34	34	32	31	30	28	29	29	30	31	32
2019 Kış PM_{2,5}	56	53	48	42	39	36	34	34	37	39	41	42
2020 Kış PM_{2,5}	49	42	38	33	27	24	22	21	22	24	25	28
2021 Kış PM_{2,5}	19	19	18	16	14	12	11	9	8	7	8	8



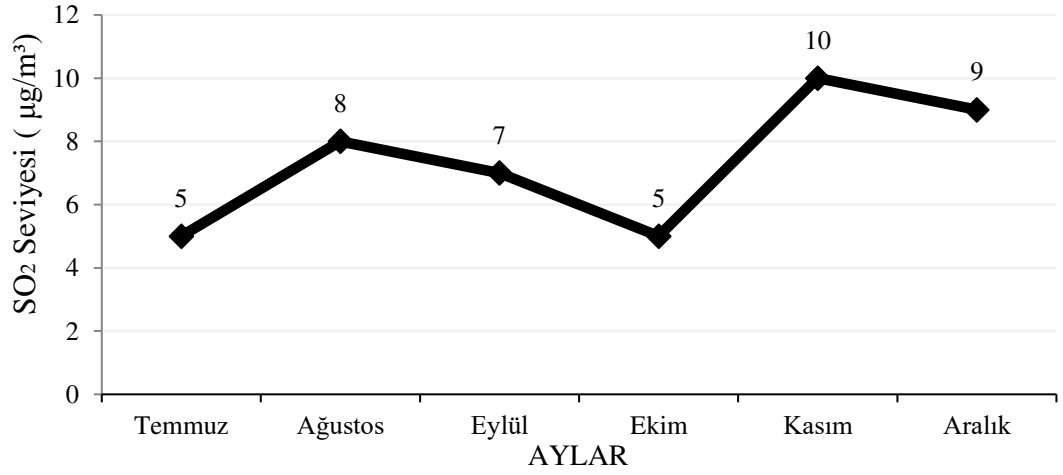
Şekil 4.36 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik PM_{2,5} Değişimleri

Tablo 4.24 ile Şekil 4.36 beraber değerlendirildiğinde; tüm yılların yaz ve kış sezonlarında genellikle sabah 07.00 saatlerinde değerlerin yükselerek yaz sezonunda 10.00, kış sezonunda ise 11.00-12.00 saatlerinde ise en yüksek değerlere ulaştığı ve akabinde düşme eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir. Yaz sezonunda tüm yıllarda PM_{2,5} değerlerinin akşam ve gece saatlerinde fazla bir değişim göstermediği, kış sezonunda ise 2019 ve 2020 yıllarında akşam Saat 17.00 dan sonra tekrar biraz yükselme eğilimi diğer yıllarda (2018 ve 2021) ise fazla yükseliş-azalış yapmadığı Tablo 4.24 ile Şekil 4.18'den anlaşılmaktadır. Tüm yıllarda yaz sezonunda saat 10.00, kış sezonunda ise 11.00-12.00'da günün en yüksek PM_{2,5} değerlerine ulaştığı ve günün diğer saatlerinde bu değerlere çok yaklaşılmadığı görülmektedir.

4.2.1.2. Kükürt Dioksit (SO₂)

Tablo 4.25 2018 Yılı Aylık SO₂ Değerleri (µg/m³)

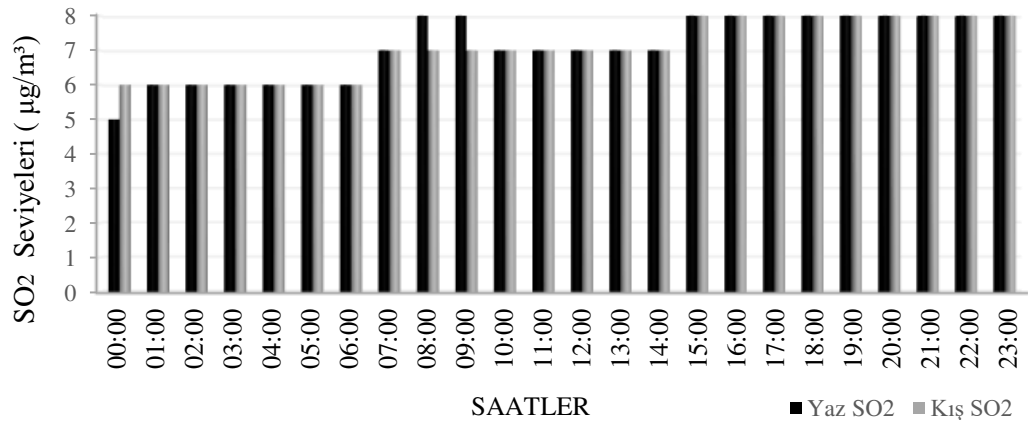
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
SO ₂	5	8	7	5	10	9



Şekil 4.37. 2018 Yılı Aylık SO₂ Değişimi

Tablo 4.26 2018 Yılı Saatlik SO₂ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz SO ₂	5	6	6	6	6	6	6	7	8	8	7	7
Kış SO ₂	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz SO ₂	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Kış SO ₂	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8



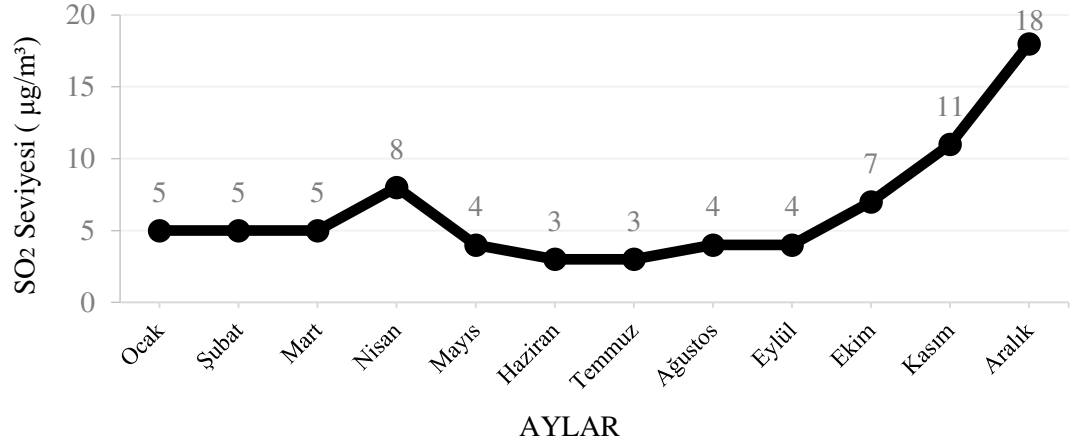
Şekil 4.38 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO₂ Değişimi

Tablo 4.25 ve Şekil 4.37’ye göre 2018 yılı aylık değerlerde ise genel itibariyle kış aylarında değerlerin daha yüksek olmasından ısınmanın etkisinin olduğu anlaşılmaktadır. Ağustos ayındaki dalgalanmanın ise o bölgedeki okul inşaatları kaynaklı olabileceği değerlendirilmektedir.

Yaz ve Kış sezonundaki saatlik değerler incelendiğinde ise insan faaliyetlerinin az olduğu saatlerde değerlerin en düşük olduğu, sabah saatlerinden itibaren yükselme eğilimi gösterdiği ancak gece 24.00'den (00.00) sonra düştüğü Tablo 4.26 ve Şekil 4.38'den gözlenmektedir.

Tablo 4.27 2019 Yılı Aylık SO₂ Değerleri (µg/m³)

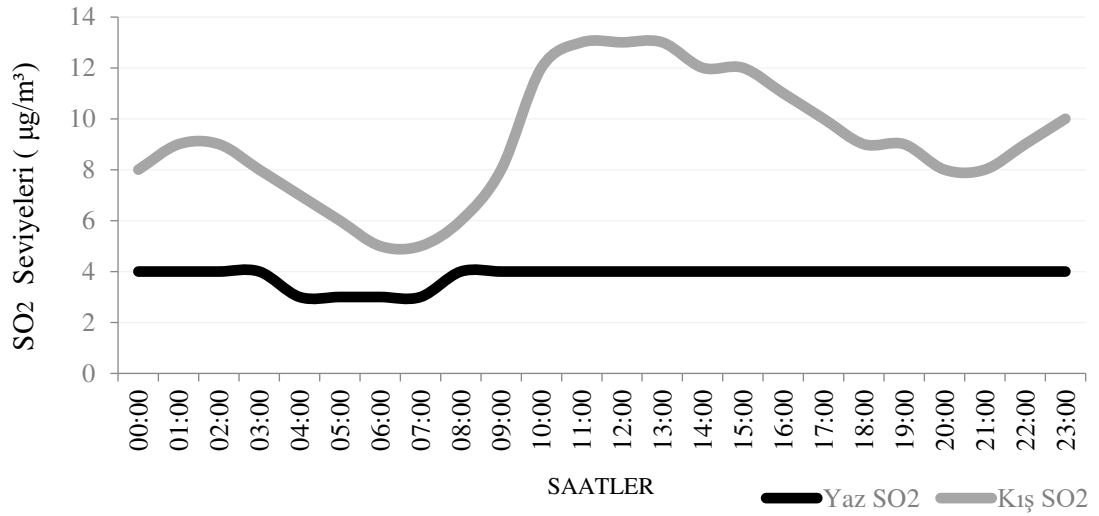
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
SO ₂	5	5	5	8	4	3	3	4	4	7	11	18



Şekil 4.39 2019 Yılı Aylık SO₂ Değişimi

Tablo 4.28 2019 Yılı Yaz - Kış Saatlik SO₂ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz SO ₂	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4
Kış SO ₂	8	9	9	8	7	6	5	5	6	8	12	13
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz SO ₂	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Kış SO ₂	13	13	12	12	11	10	9	9	8	8	9	10



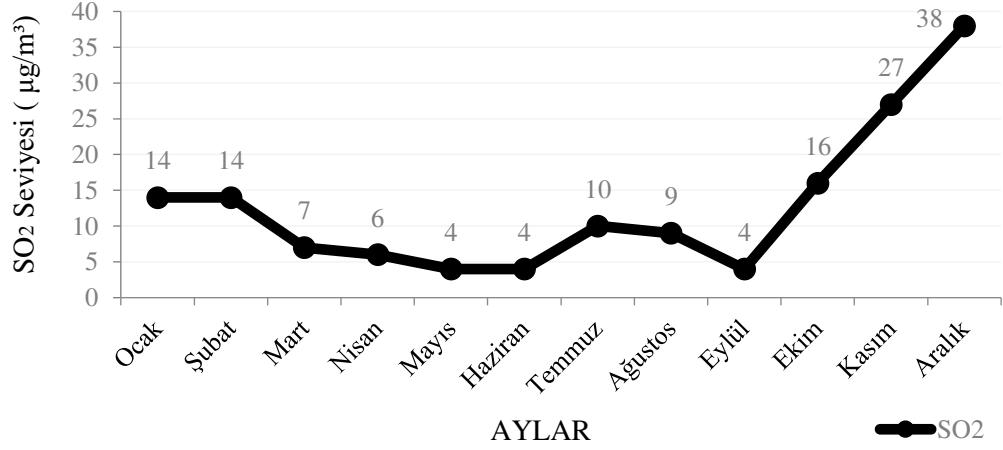
Şekil 4.40 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO₂ Değişimi

2019 yılındaki SO₂ konsantrasyonu değişimlerine bakıldığında Ocak-Mayıs arasında genelde aynı değerlerde olduğu sonrasında yaz aylarında düşüş yaşanmıştır. Akabinde Eylül ayından itibaren bariz bir şekilde değerlerin arttığı ve Aralık ayında en yüksek konsantrasyona ulaştığı Tablo 4.27 ve Şekil 4.39'dan anlaşılmaktadır. Kış aylarında gözlemlenen bu artış İlimizde SO₂ konsantrasyonlarına ısınmanın etkisinin nedenli etkili olduğunu göstermektedir.

2019 yılındaki kış sezonundaki ortalama saatlik değerlere bakıldığında ise; sabah 08.00'dan sonra 11.00'a bir yükseliş trendi gösterip, sonrasında saat 13.00'a kadar aynı değerlerde sabit kaldıktan sonra saat 20.00' a kadar tekrar düşüş eğilimi göstermektedir. Gece 22.00-23.00 saatlerinde bir miktar yükseldikten sonra gece boyunca sabah 08.00 saatine kadar değerlerin azaldığı Tablo 4.28 ve Şekil 4.40'dan görülmektedir. Değerlere bakıldığında ısınma için soba ve kaloriferlerin yanma saatlerinde yükselişler olduğu sonrasında düşük değerlerde seyrettiği gözlemlenmektedir. Yaz sezonunda ise gece 04.00-07.00 arasında bir miktar azaldığı diğer saatlerde aynı değerlerde olduğu görülmektedir. Isınmanın SO₂ konsantrasyonuna etkisi yaz sezonundaki değerlerin değişiminden anlaşılmaktadır.

Tablo 4.29 2020 Yılı Aylık SO₂ Değerleri (µg/m³)

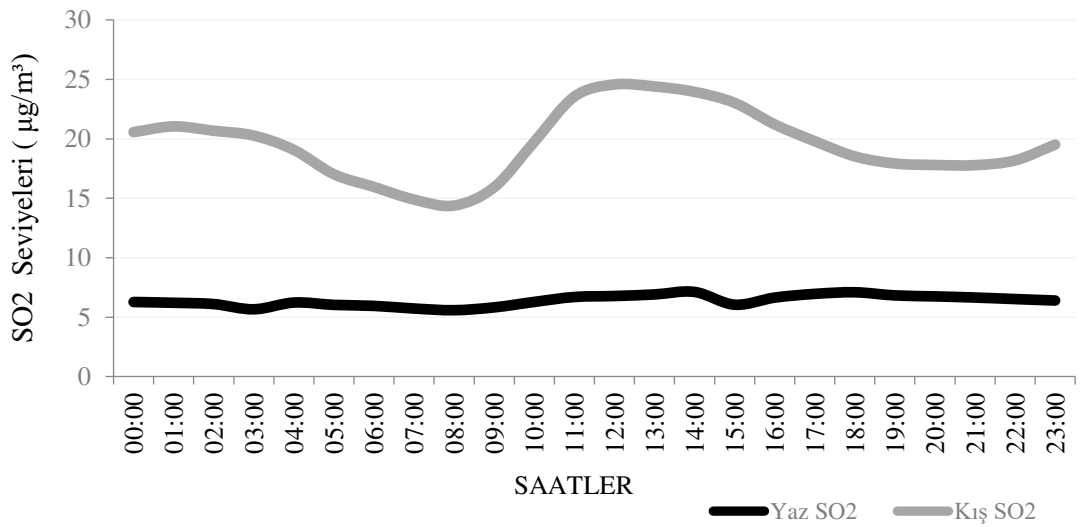
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
SO ₂	14	14	7	6	4	4	10	9	4	16	27	38



Şekil 4.41 2020 Yılı Aylık SO₂ Değişimi

Tablo 4.30 2020 Yılı Yaz - Kış Saatlik SO₂ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz SO ₂	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
Kış SO ₂	21	21	21	20	19	17	16	15	14	16	20	24
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz SO ₂	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	6
Kış SO ₂	25	24	24	23	21	20	19	18	18	18	18	20



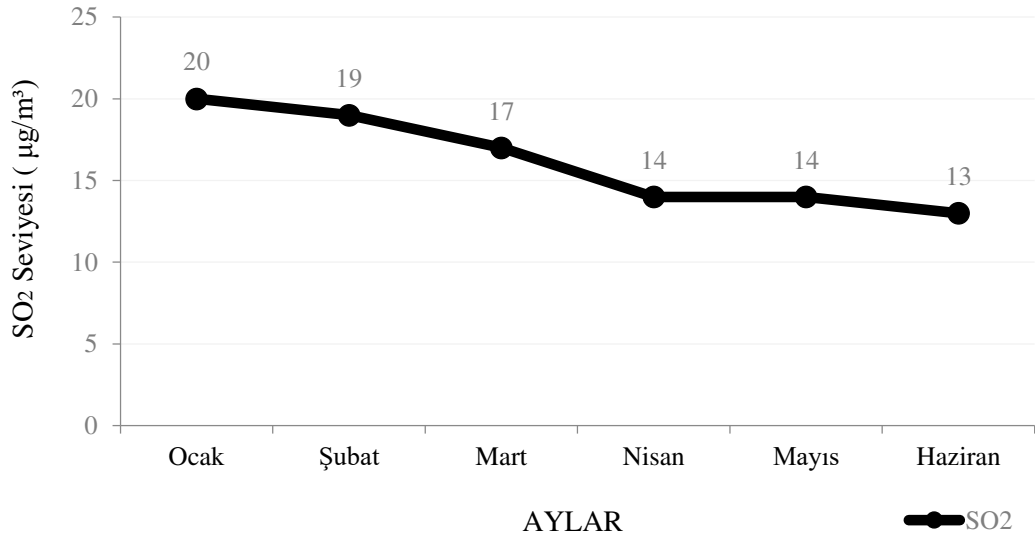
Şekil 4.42 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO₂ Değişimi

Tablo 4.29 ve Şekil 4.41 incelendiğinde, 2020 yılındaki SO₂ konsantrasyonlarının Ocak-Şubat aylarında yüksek sonrasında düşüş göstererek Mart-Mayıs arasında yakın değerlerde olduğu sonrasında ise Temmuz ve Ağustos aylarında yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Eylül ayında çok düştüğü ve sonrasında kış aylarında hızlı bir şekilde değerlerin arttığı ve Aralık ayında en yüksek konsantrasyona ulaşmaktadır. Kış aylarında gözlemlenen bu artış İlimizde SO₂ konsantrasyonlarına ısınmanın etkisinin nedenli etkili olduğunu göstermektedir.

2019 yılındaki kış sezonundaki ortalama saatlik değerlere bakıldığında ise; sabah 08.00'dan sonra 12.00'a bir yükseliş trendi gösterip, sonrasında 19.00' a kadar tekrar düşüş eğilimi göstermekte ve 19.00-22.00 arasında sabit değerlerde kaldığı, gece 23.00-02.00 saatlerinde bir miktar yükseldikten sonra tekrar azalarak sabah 08.00 saatinde en düşük değere ulaştığı Tablo 4.30 ve Şekil 4.42'den görülmektedir. Yaz sezonunda ise saatler arasında değerlerde fazla bir değişim olmadığı da göz önüne alındığında, ısınma için soba ve kaloriferlerin yanma saatlerinde yükselişler olduğu sonrasında düşük değerlerde seyrettiği gözlemlenmektedir. SO₂ konsantrasyonuna ısınmanın etkisi yaz sezonundaki değerlerin değişiminden de anlaşılabilmektedir.

Tablo 4.31 2021 Yılı Aylık SO₂ Değerleri (µg/m³)

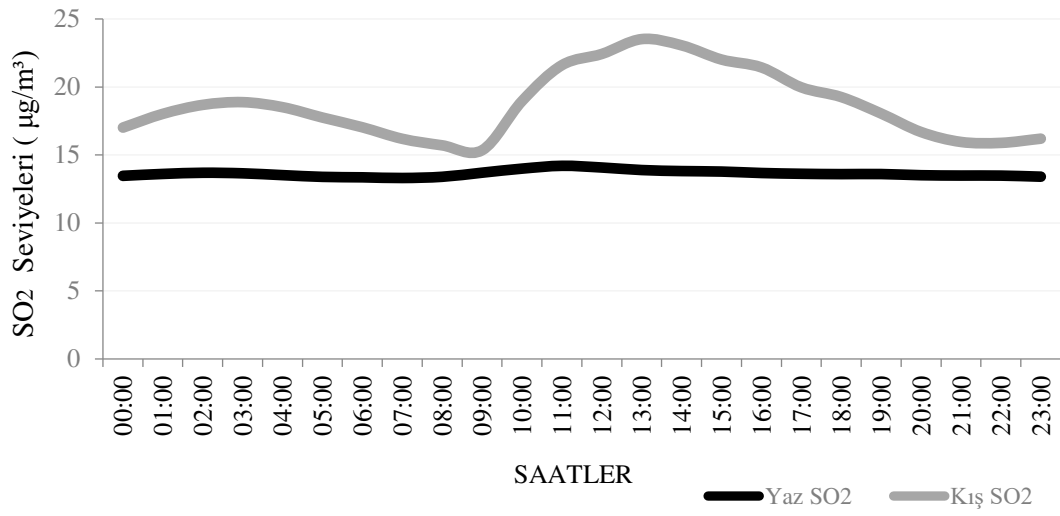
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
SO ₂	20	19	17	14	14	13



Şekil 4.43 2021 Yılı Aylık SO₂ Değişimi

Tablo 4.32 2021 Yılı Yaz - Kış Saatlik SO₂ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz SO₂	13	14	14	14	14	13	13	13	13	14	14	14
Kış SO₂	17	18	19	19	19	18	17	16	16	14	19	22
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz SO₂	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13
Kış SO₂	22	24	23	22	21	20	19	18	17	16	16	16



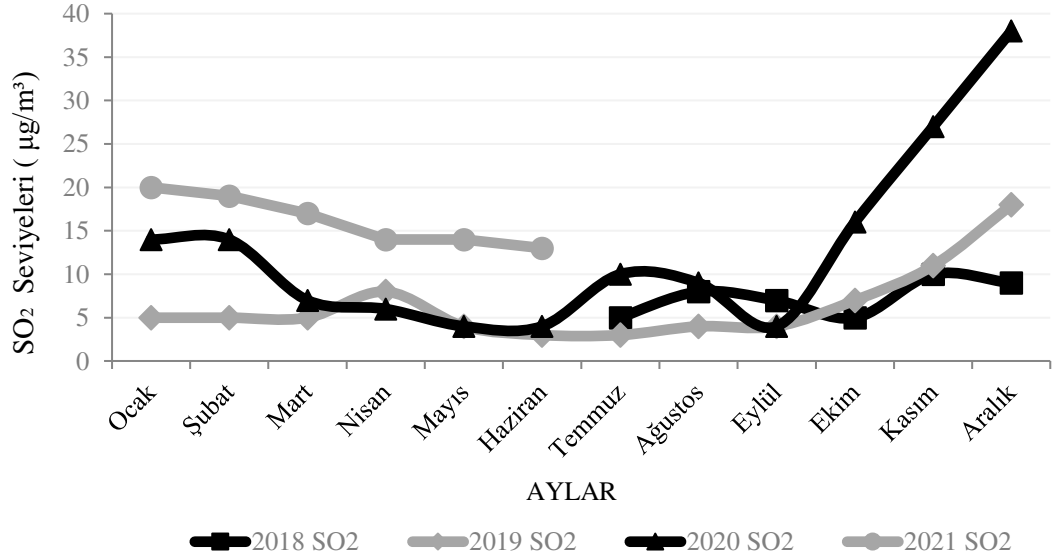
Şekil 4.44 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik SO₂ Değişimi

Tablo 4.31 ve Şekil 4.43'e göre 2021 yılındaki SO₂ konsantrasyonlarının Ocak ayından itibaren devamlı düşüş eğilimi gösterdiği, bununda sıcaklıkla alakalı olarak ısınmanın etkisinin olduğu kanısına varılmaktadır.

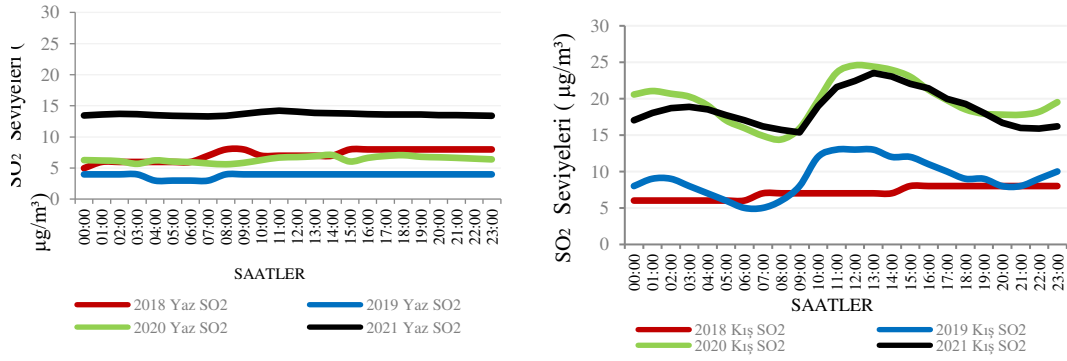
2021 yılındaki kış sezonundaki ortalama saatlik değerlere bakıldığında ise; sabah 09.00'dan sonra 13.00'a bir yükseliş trendi gösterip, sonrasında ise düşüş eğilimi gösterdiği Tablo 4.32 ve Şekil 4.44'den görülmektedir. Yaz sezonunda ise saatler arasında değerlerde fazla bir değişim olmadığı da göz önüne alındığında, kış aylarında ısınma için soba ve kaloriferlerin yanma saatlerinde SO₂ değerlerinin yükselip sonrasında düşük değerlerde seyretmesi SO₂ konsantrasyonuna ısınmanın ne kadar etkili olduğunun yaz sezonundaki değerlerin değişiminden de anlaşılabilmektedir.

Tablo 4.33 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık SO₂ Değerleri (µg/m³)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018 SO ₂							5	8	7	5	10	9
2019 SO ₂	5	5	5	8	4	3	3	4	4	7	11	18
2020 SO ₂	14	14	7	6	4	4	10	9	4	16	27	38
2021 SO ₂	20	19	17	14	14	13						

Şekil 4.45 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık SO₂ DeğişimiTablo 4.34 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik SO₂ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
2018 Yaz SO ₂	5	6	6	6	6	6	6	7	8	8	7	7
2019 Yaz SO ₂	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4
2020 Yaz SO ₂	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
2021 Yaz SO ₂	13	14	14	14	14	13	13	13	13	14	14	14
2018 Kış SO ₂	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7
2019 Kış SO ₂	8	9	9	8	7	6	5	5	6	8	12	13
2020 Kış SO ₂	21	21	21	20	19	17	16	15	14	16	20	24
2021 Kış SO ₂	17	18	19	19	19	18	19	16	16	15	19	22
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
2018 Yaz SO ₂	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2019 Yaz SO ₂	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2020 Yaz SO ₂	21	21	21	20	19	17	16	15	14	16	20	24
2021 Yaz SO ₂	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13
2018 Kış SO ₂	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2019 Kış SO ₂	13	13	12	12	11	10	9	9	8	8	9	10
2020 Kış SO ₂	25	24	24	23	21	20	19	18	18	18	18	20
2021 Kış SO ₂	22	24	23	22	21	20	19	18	17	16	16	16



Şekil 4.46 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik SO₂ Değişimi

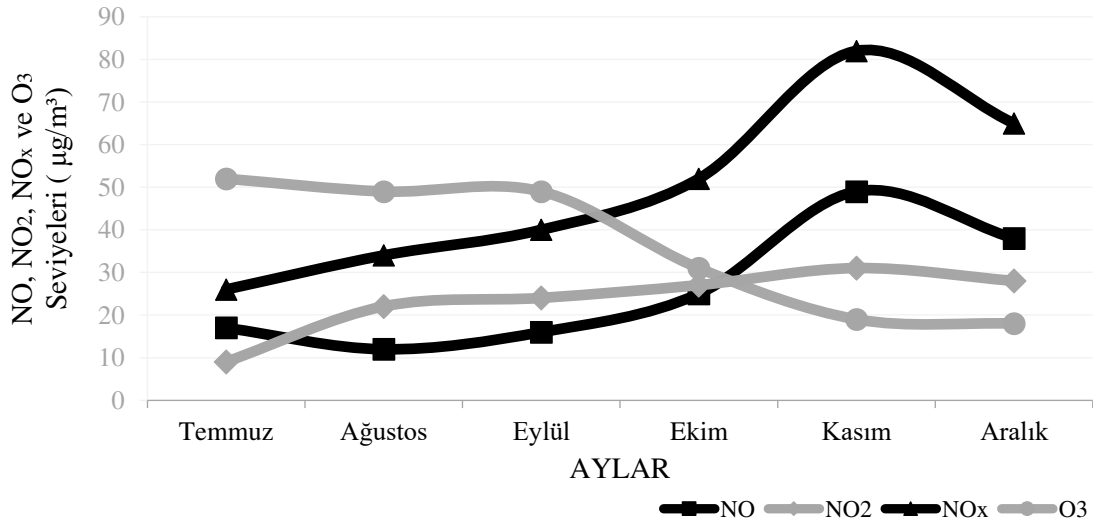
Tablo 4.32 ve Şekil 4.45’deki veriler değerlendirildiğinde, Ocak – Haziran döneminde en yüksek SO₂ değerlerinin 2021, Temmuz – Aralık ayları arasında ise en yüksek değerlerin 2020 yılında (Eylül hariç) gerçekleştiği görülmekte olup, yıllar itibari ile SO₂ değerlerinde yükselmeler olduğu anlaşılmaktadır.

Saatlik veriler değerlendirildiğinde yaz sezonunda tüm yıllarda çok fazla değişimler olmadığı ve en yüksek değerlerin 2021 yılında sonrasında ise 2018 yılında gerçekleştiği, kış sezonunda ise değerlerin inişli-çıkışlı bir seyir gösterdiği ve en yüksek değerlerin sabah ile öğle saatleri arasında gerçekleştiği Tablo 4.33 ve Şekil 4.46’dan görülmektedir. Ayrıca 2020 ile 2021 yılı değerlerinin birbirine yakın olduğu, en düşük konsantrasyonların 2018 yılında gerçekleştiği ve yıllar itibari ile genel anlamda SO₂ değerlerinde artışlar olduğu ve hava kalitesinin SO₂ açısından bakıldığında kötüleşmeye gittiği gözlenmektedir.

4.2.1.3. Azot Oksitler (NO, NO₂ ve NO_x) ve Ozon (O₃)

Tablo 4.35 2018 Yılı Aylık NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değerleri (µg/m³)

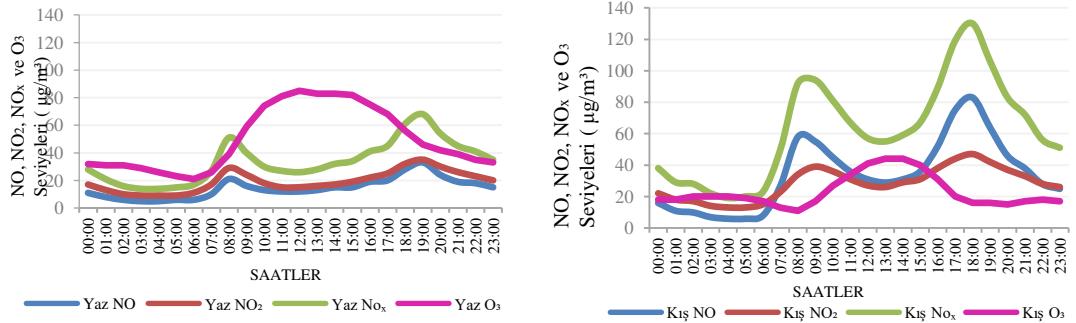
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
NO	17	12	16	25	49	38
NO ₂	9	22	24	27	31	28
NO _x	26	34	40	52	82	65
O ₃	52	49	49	31	19	18



Şekil 4.47 2018 Yılı Aylık NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

Tablo 4.36 2018 Yılı Saatlik NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz NO	11	8	6	5	5	6	6	10	21	16	13	12
Yaz NO₂	17	13	10	9	9	9	11	17	29	24	18	15
Yaz NO_x	28	21	16	14	14	15	17	27	51	40	30	27
Yaz O₃	32	31	31	29	26	23	21	26	39	59	74	81
Kış NO	16	11	10	7	6	6	8	27	58	55	45	36
Kış NO₂	22	18	17	14	13	13	15	23	34	39	36	31
Kış NO_x	38	29	28	22	19	20	23	50	92	94	81	67
Kış O₃	18	18	20	20	20	19	17	13	11	17	27	34
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz NO	12	13	15	15	19	20	28	33	24	19	18	15
Yaz NO₂	15	16	17	19	22	25	32	35	30	26	23	20
Yaz NO_x	26	28	32	34	41	45	61	68	54	45	41	35
Yaz O₃	85	83	83	82	75	68	56	46	42	39	35	33
Kış NO	31	29	31	36	52	75	83	64	46	38	28	25
Kış NO₂	27	26	29	31	38	44	47	42	37	33	28	26
Kış NO_x	57	55	59	67	89	119	130	106	83	72	56	51
Kış O₃	41	44	44	40	31	20	16	16	15	17	18	17



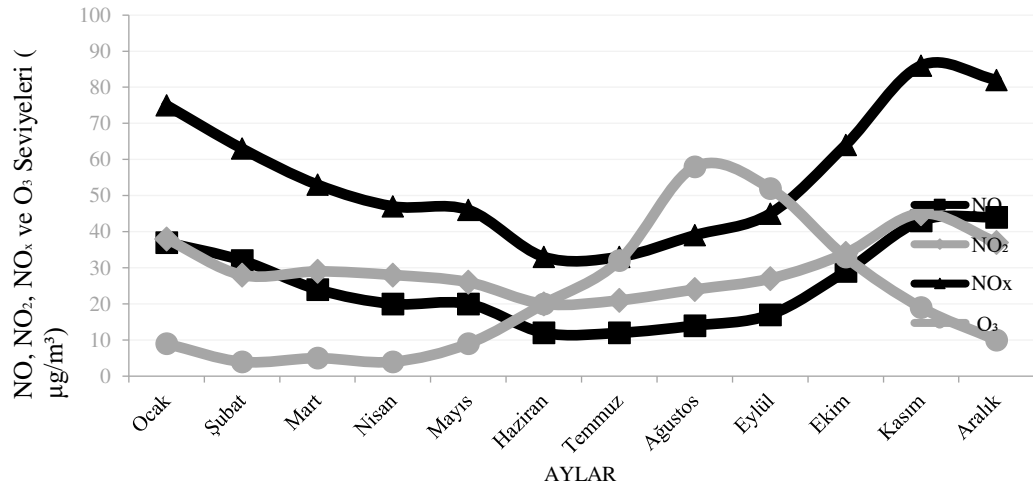
Şekil 4.48 2018 Yılı Yaz-Kış Saatlik NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

2018 yılı aylık NO, NO₂ ve NO_x değerlerindeki değişimi gösteren Tablo 4.35 ve Şekil 4.47 incelendiğinde genelde kış aylarına doğru değerlerin artış gösterdiği özellikle NO_x değerlerinde daha fazla artış gözlemlenmektedir. Kış aylarındaki NO_x konsantrasyonlarındaki artışın nedenin motorlu araçlardan çok fosil yakıt kullanımı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca azot oksit değerleri yükselirken Ozon (O₃) değerlerinin azaldığı ve birbiri ile ters orantılı olduğu gözlemlenmektedir.

2018 yılındaki Yaz ve Kış sezonundaki ortalama saatlik değerlerin gösterildiği Tablo 4.36 ile Şekil 4.48'e bakıldığında NO, NO₂ ve NO_x her üç parametrenin insan faaliyetlerinin ve araç trafiğinin artış gösterdiği sabah 06.00' dan itibaren yükselmeye başlayıp 08.00'dan sonra yaz sezonunda saat 12.00'a kış sezonunda ise 13.00'a kadar azalarak devam etmektedir. Akşama doğru tekrar yükselerek en yüksek değere yaz sezonunda 19.00 kış sezonunda 18.00'da ulaştığı ve bu saatlerden sonra tekrar düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu yükseliş ve azalışlarda trafiğin yanında gün içerisinde sıcaklıkların ve güneşin şiddetini artırmaya başlamasıyla değerlerde azalmalar olduğu, bunda güneş etkisiyle azot oksitlerin Ozona (O₃) dönüşmesi olduğu düşünülmektedir. Çünkü şekilden azot oksitler ve Ozon (O₃) arasında bir bağıntı olduğu, birinin değerleri artarken diğerinin değerlerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca sıcaklık artışı ısınma ihtiyacının azalmasına, dolayısıyla fosil yakıt kullanımını azaltarak emisyon oluşumunun düşmesine yol açmaktadır. Yine sıcaklığın düşük olduğu durumlarda motorlu araçlardan kaynaklanacak emisyon değerleri yükselmekte, sıcaklık artışıyla bu değerlerde düşüş eğilimi göstermektedir. Çünkü soğuk durumlarda araçların motorlarının belirli bir sıcaklığa erişene kadar emisyon değerlerinde yakıtın yanmasına bağlı olarak olumsuz yönde değişiklikler yaşanmaktadır.

Tablo 4.37 2019 Yılı Aylık NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değerleri (µg/m³)

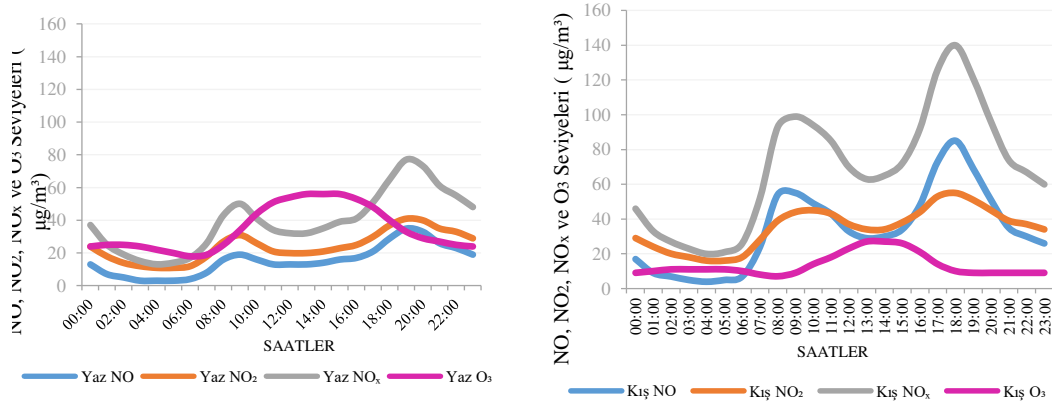
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
NO	37	32	24	20	20	12	12	14	17	29	43	44
NO ₂	38	28	29	28	26	20	21	24	27	34	45	37
NO _x	75	63	53	47	46	33	33	39	45	64	86	82
O ₃	9	4	5	4	9	20	32	58	52	33	19	10



Şekil 4.49 2019 Yılı Aylık NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

Tablo 4.38 2019 Yılı Saatlik NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz NO	13	7	5	3	3	3	4	8	16	19	16	13
Yaz NO₂	24	18	14	12	11	11	12	18	27	31	26	21
Yaz NO_x	37	25	19	15	13	14	17	26	43	50	41	34
Yaz O₃	24	25	25	24	22	20	18	19	25	34	44	51
Kış NO	17	9	7	5	4	5	7	24	54	55	49	43
Kış NO₂	29	24	20	18	16	16	18	28	39	44	45	43
Kış NO_x	46	33	27	23	20	21	26	52	93	99	94	85
Kış O₃	9	10	11	11	11	11	10	8	7	9	14	18
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz NO	13	13	14	16	17	21	29	35	33	26	23	19
Yaz NO₂	20	20	21	23	25	30	37	41	40	35	33	29
Yaz NO_x	32	32	35	39	41	51	65	77	73	61	55	48
Yaz O₃	54	56	56	56	53	48	40	33	29	27	25	24
Kış NO	33	29	30	34	48	73	85	69	51	35	30	26
Kış NO₂	37	34	34	38	44	53	55	51	45	39	37	34
Kış NO_x	70	63	65	72	92	126	140	121	96	74	67	60
Kış O₃	23	27	27	26	21	14	10	9	9	9	9	9



Şekil 4.50 2019 Yılı Yaz-Kış Saatlik NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

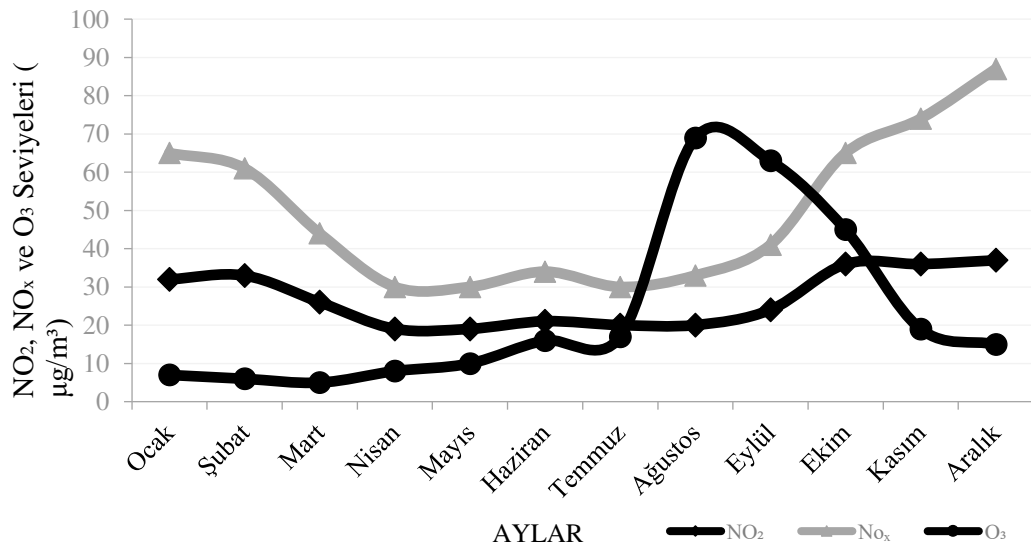
Tablo 4.37 ve Şekil 4.49'daki 2019 yılına ait aylık NO, NO₂ ve NO_x değerlerindeki değişime bakıldığında genelde yaz aylarında değerlerin düşük seviyelerde kış aylarına doğru ise bu değerlerin yükseldiği görülmektedir. Diğer parametrelere göre NO_x değerleri daha fazla artış ve düşüş göstermekte olup, kış aylarındaki NO_x konsantrasyonlarındaki artışın nedenin fosil yakıt kullanımı olduğu düşünülmektedir. Ozon (O₃) değerleri ise azot oksit değerleri ile ters yönde hareket ederek azalış ve artışlar göstermektedir.

2019 yılındaki Yaz ve Kış sezonundaki ortalama saatlik verilerin sunulduğu Tablo 4.38 ile Şekil 4.50'ye bakıldığında her üç parametrenin de insan faaliyetlerinin ve araç trafiğinin artış gösterdiği sabah 06.00-09.00 arasını yükseldiği, 09.00-14.00 arası düşüş eğilimi göstermektedir. Yaz sezonunda 14.00-19.00 arası kış sezonunda ise 14.00-19.00 arası tekrar yükselerek sonrasında tekrar düşüş periyodunda olduğu görülmektedir. Değerlerdeki değişimlere trafiğin yanında gün içerisinde sıcaklıkların ve güneşlenme şiddetinin etkisinde olduğu düşünülmektedir. Sıcaklık ve güneşlenme şiddetinin Ozon oluşumunda etkisinin olduğu bilindiğinden azot oksitler ve Ozon (O₃) arasında bir bağıntı olduğu ve birinin değerleri artarken diğerinin değerlerinin azaldığı görülmektedir. Ozon değerlerinin daha çok kış sezonunda değil yaz sezonunda çok fazla dalgalanma gösterdiği ve kış sezonundan daha yüksek konsantrasyonlara ulaştığı görülmektedir. Bu verilerden Azot oksitlerin ve Ozon değerlerinin değişiminin ısınmadan çok trafik kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca trafik yoğunluğunun artışı ile havaların soğuk ve sıcaklık değerlerinin

motorlu araçların emisyon değerlerinde de önemli rol oynamasından ötürü azot oksit konsantrasyonlarına etkisinin olduğu aşıkardır.

Tablo 4.39 2020 Yılı Aylık NO₂, NO_x ve O₃ Değerleri (µg/m³)

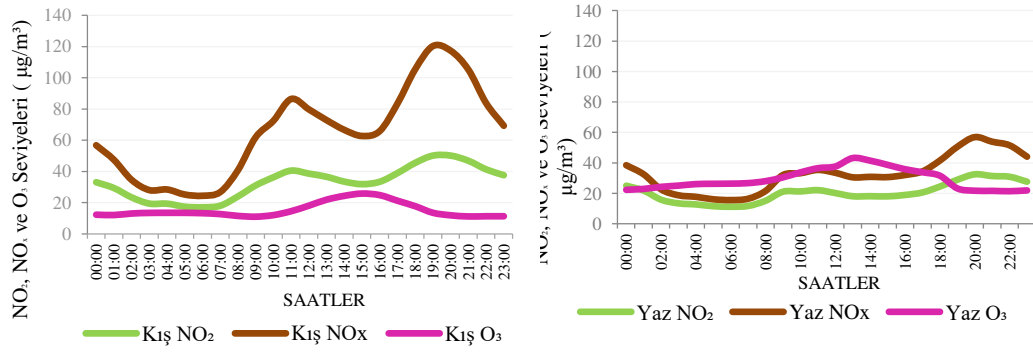
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
NO ₂	32	33	26	19	19	21	20	20	24	36	36	37
NO _x	65	61	44	30	30	34	30	33	41	65	74	87
O ₃	7	6	5	8	10	16	17	69	63	45	19	15



Şekil 4.51 2020 Yılı Aylık NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

Tablo 4.40 2020 Yılı Saatlik NO₂, NO_x ve O₃ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz NO ₂	25	22	16	13	13	12	11	12	15	21	21	22
Yaz NO _x	38	33	23	19	18	16	16	17	22	32	33	35
Yaz O ₃	22	23	24	25	26	26	26	27	28	31	34	37
Kış NO ₂	33	29	23	19	19	17	17	18	24	31	36	41
Kış NO _x	57	48	35	28	29	25	25	27	41	62	72	86
Kış O ₃	12	12	13	13	14	13	13	13	12	11	12	15
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz NO ₂	20	18	18	18	19	21	24	29	33	31	31	28
Yaz NO _x	33	31	31	31	32	34	42	51	57	54	51	44
Yaz O ₃	38	43	42	39	36	34	32	23	22	22	21	22
Kış NO ₂	39	37	34	32	33	39	46	50	50	47	41	38
Kış NO _x	80	73	67	63	66	84	105	120	117	105	84	69
Kış O ₃	18	22	24	26	25	21	18	14	12	11	11	11



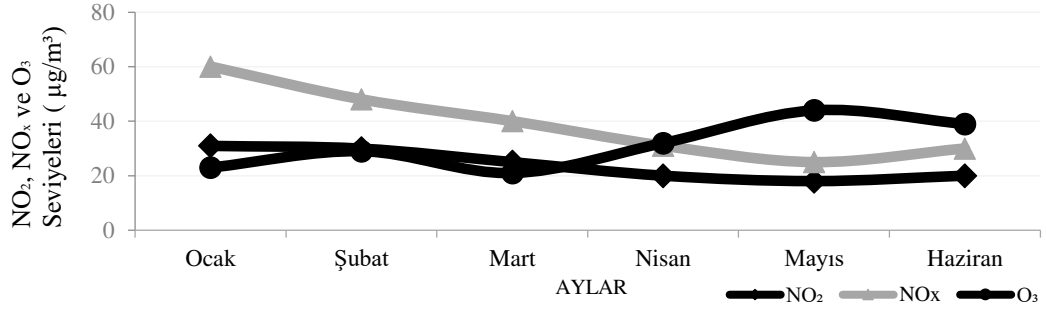
Şekil 4.52 2020 Yılı Yaz-Kış Saatlik NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

Tablo 4.39 ve Şekil 4.51'deki 2020 yılına ait aylık NO₂ ve NO_x değerlerindeki değişime bakıldığında genelde yaz aylarında değerlerin düşük seviyelerde kış aylarına doğru ise bu değerlerin yükseldiği görülmektedir. NO_x değerleri daha fazla artış ve düşüş göstermekte olup, kış aylarındaki bu artışın nedenin ısınmada fosil yakıt kullanımı olduğu düşünülmektedir. Ozon (O₃) değerleri ise azot oksit değerleri ile ters yönde hareket ederek azalış ve artışlar göstermektedir.

2020 yılındaki Yaz ve Kış sezonundaki ortalama saatlik verilerin sunulduğu Tablo 4.40 ile Şekil 4.52'ye bakıldığında NO₂ ve NO_x parametrelerinin insan faaliyetlerinin ve araç trafiğinin artış gösterdiği sabah 07.00-11.00 arasında yükseldiği, 12.00-15.00 arası düşüş eğilimi göstererek, akabinde 16.00-20.00 arası tekrar yükselerek sonrasında tekrar düşüş periyodunda olduğu görülmektedir. Değerlerdeki değişimlere yaz aylarında trafiğin yanında gün içerisinde sıcaklıkların ve güneşlenme şiddetinin etkisinde olduğu, kış aylarında ise trafik yüküne ilave olarak gün içerisinde sıcaklıkların yükselmesine bağlı olarak ısınmada kullanılan yakıt tüketimindeki düşüşünde etkili olabileceği düşünülmektedir. Sıcaklık ve güneşlenme şiddetinin Ozon oluşumunda etkisinin olduğu bilindiğinden azot oksitler ve Ozon (O₃) arasında bir bağıntı olduğu ve birinin değerleri artarken diğerinin değerlerinin azaldığı görülmektedir. Ozon değerlerinin daha çok kış sezonunda değil yaz sezonunda çok fazla dalgalanma gösterdiği, kış sezonundan daha yüksek konsantrasyonlara ulaştığı ve kış sezonunda fazla değişim göstermediği görülmektedir. Bu verilerden Azot oksitlerin ve Ozon değerlerinin değişiminin ısınmadan çok trafik kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4.41 2021 Yılı Aylık NO₂, NO_x ve O₃ Değerleri (µg/m³)

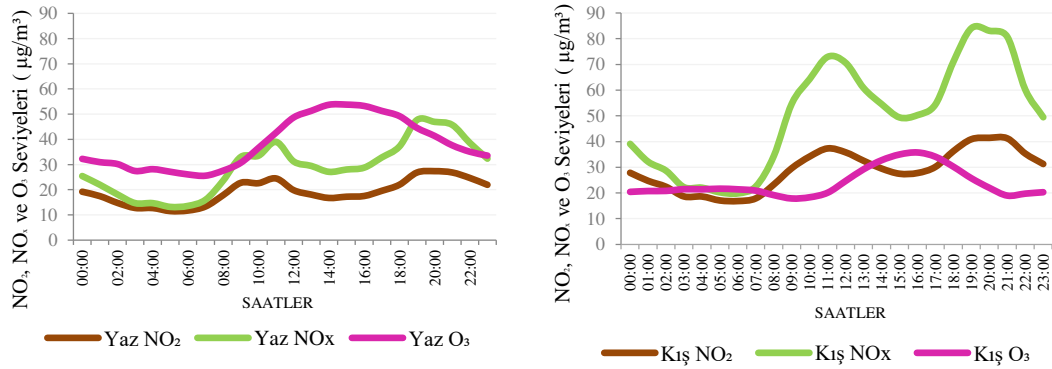
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
NO ₂	31	30	25	20	18	20
NO _x	60	48	40	31	25	30
O ₃	23	29	21	32	44	39



Şekil 4.53 2021 Yılı Aylık NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

Tablo 4.42 2021 Yılı Saatlik NO₂, NO_x ve O₃ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz NO₂	19	17	15	13	13	11	12	13	18	23	23	24
Yaz NO_x	25	22	18	15	15	13	14	16	24	33	33	39
Yaz O₃	32	31	30	27	28	27	26	26	28	31	37	43
Kış NO₂	28	25	22	19	19	17	17	18	23	30	34	37
Kış NO_x	39	32	29	22	22	20	20	23	34	55	64	73
Kış O₃	20	21	21	21	21	22	21	21	19	18	18	20
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz NO₂	20	18	17	17	17	20	22	27	27	27	25	22
Yaz NO_x	31	29	27	28	29	33	37	48	47	46	39	32
Yaz O₃	49	51	54	54	53	51	49	45	41	38	35	34
Kış NO₂	36	32	29	27	28	30	36	41	41	41	35	31
Kış NO_x	71	61	55	49	50	54	71	84	83	81	60	49
Kış O₃	25	29	33	35	36	34	30	26	22	19	20	20



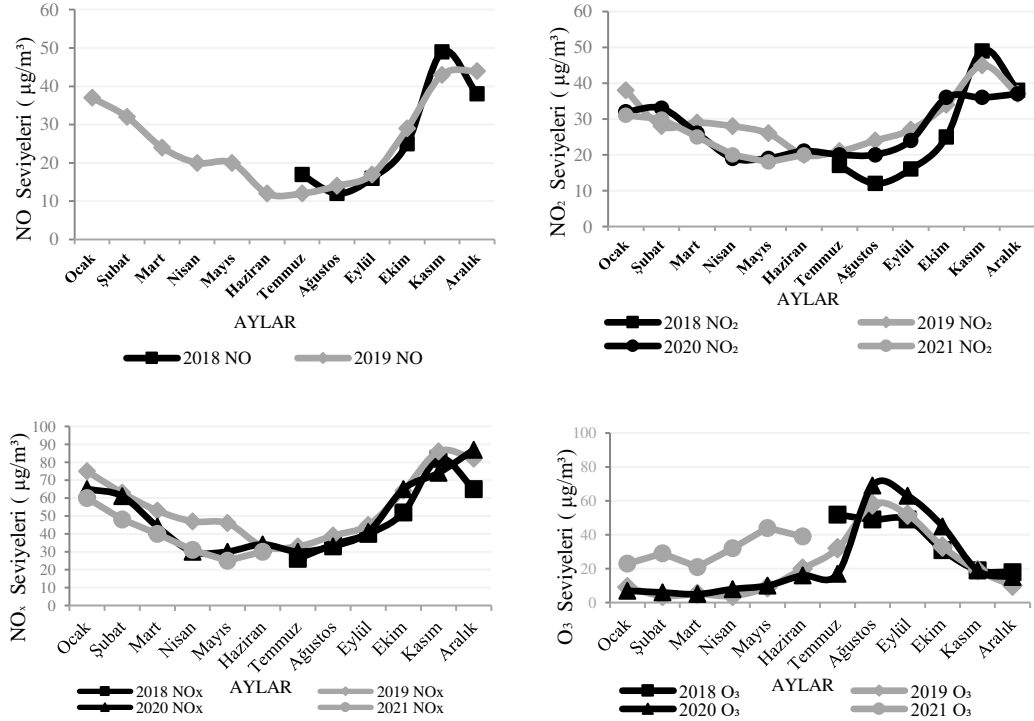
Şekil 4.54 2021 Yılı Yaz-Kış Saatlik NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

Tablo 4.41 ve Şekil 4.53'deki 2020 yılına ait aylık NO₂ ve NO_x değerlerindeki değişime bakıldığında genelde kış aylarında değerlerin yüksek seviyelerde yaz aylarına doğru ise bu değerlerin düştüğü görülmektedir. NO_x değerlerinin NO₂ değerlerine göre daha fazla artış ve düşüş göstermekte olduğu görülmekte olup, bu değişimin nedeninin ısınmada fosil yakıt kullanımı olduğu düşünülmektedir. Ozon (O₃) değerleri ise azot oksit değerleri ile ters yönde hareket ederek azalış ve artışlar göstermektedir.

2020 yılındaki Yaz ve Kış sezonundaki ortalama saatlik verilerin sunulduğu Tablo 4.42 ile Şekil 4.54'e bakıldığında NO₂ ve NO_x parametrelerinin insan faaliyetlerinin ve araç trafiğinin artış gösterdiği sabah 06.00-11.00 arasında yükseldiği, 11.00-16.00 arası düşüş eğilimi göstererek, akabinde 16.00-21.00 arası tekrar yükselerek sonrasında değerlerin tekrar düştüğü görülmektedir. Değerlerdeki bu değişimlere yaz aylarında trafik yoğunluğu ile sıcaklığın ve güneşlenme şiddetinin etkisinin, kış aylarında ise trafik yükünün yanında gün içerisinde sıcaklığın artmasının etkisiyle ısınmada kullanılan yakıt tüketiminin azalmasının etkili olabileceği düşünülmektedir. Ozon değerlerinin daha çok kış sezonunda değil yaz sezonunda çok fazla dalgalanma gösterdiği, yaz sezonunda daha yüksek konsantrasyonlara ulaştığı ve kış aylarında yaz aylarının aksine fazla değişim olmadığının göz önüne alındığında Azot oksitlerin ve Ozon değerlerinin değişiminin ısınmadan çok trafik kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4.43 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değerleri (µg/m³)

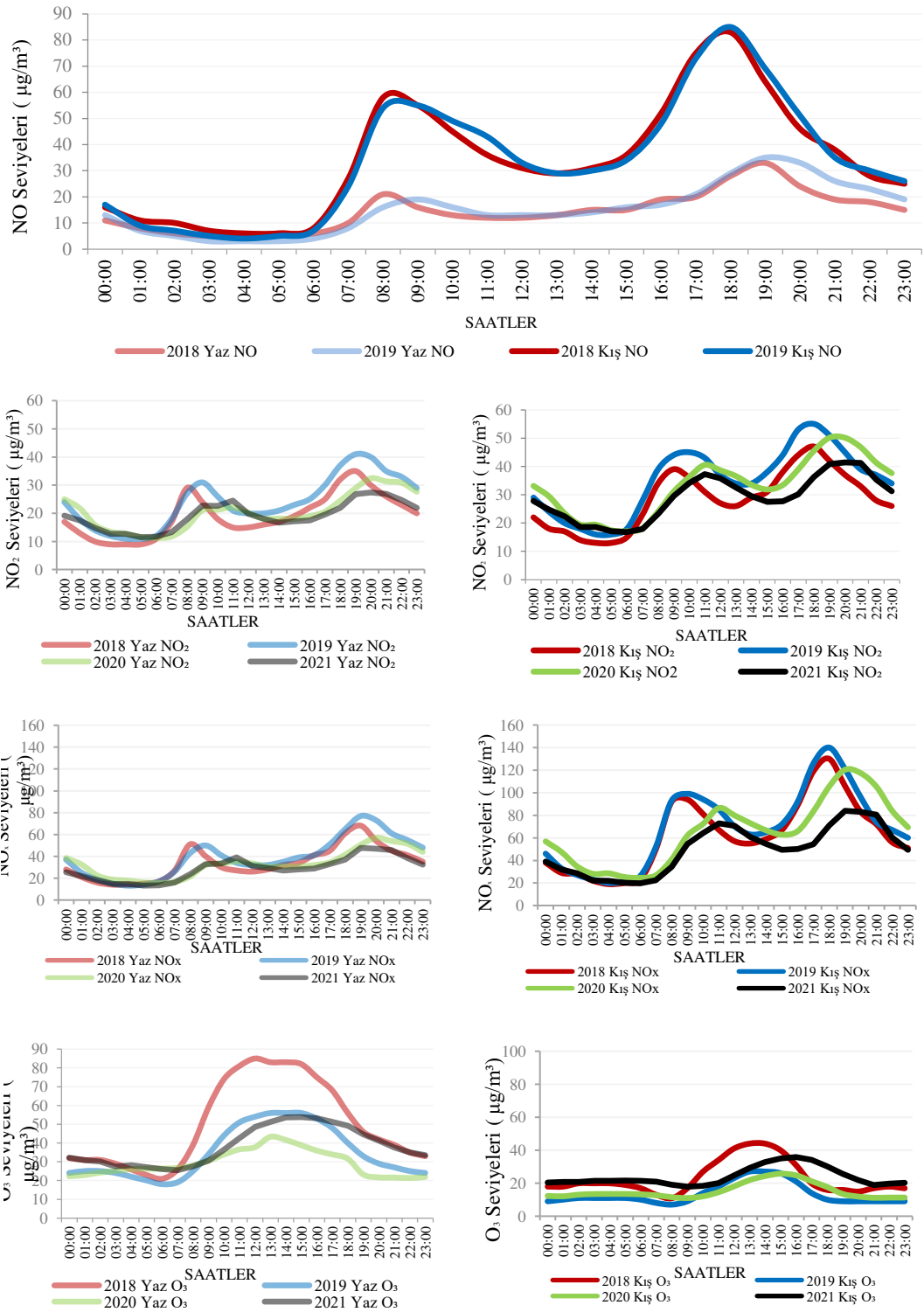
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018 NO							17	12	16	25	49	38
2019 NO	37	32	24	20	20	12	12	14	17	29	43	44
2018 NO₂							17	12	16	25	49	38
2019 NO₂	38	28	29	28	26	20	21	24	27	34	45	37
2020 NO₂	32	33	26	19	19	21	20	20	24	36	36	37
2021 NO₂	31	30	25	20	18	20						
2018 NO_x							26	34	40	52	82	65
2019 NO_x	75	63	53	47	46	33	33	39	45	64	86	82
2020 NO_x	65	61	44	30	30	34	30	33	41	65	74	87
2021 NO_x	60	48	40	31	25	30						
2018 O₃							52	49	49	31	19	18
2019 O₃	9	4	5	4	9	20	32	58	52	33	19	10
2020 O₃	7	6	5	8	10	16	17	69	63	45	19	15
2021 O₃	23	29	21	32	44	39						



Şekil 4.55 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

Tablo 4.44 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
2018 Yaz NO	11	8	6	5	5	6	6	10	21	16	13	12
2019 Yaz NO	13	7	5	3	3	3	4	8	16	19	16	13
2018 Kış NO	16	11	10	7	6	6	8	27	58	55	45	36
2019 Kış NO	17	9	7	5	4	5	7	24	54	55	49	43
2018 Yaz NO ₂	17	13	10	9	9	9	11	17	29	24	18	15
2019 Yaz NO ₂	24	18	14	12	11	11	12	18	27	31	26	21
2020 Yaz NO ₂	25	22	16	13	13	12	11	12	15	21	21	22
2021 Yaz NO ₂	19	17	15	13	13	11	12	13	18	23	23	24
2018 Kış NO ₂	22	18	17	14	13	13	15	23	34	39	36	31
2019 Kış NO ₂	29	24	20	18	16	16	18	28	39	44	45	43
2020 Kış NO ₂	33	29	23	19	19	17	17	18	24	31	36	41
2021 Kış NO ₂	28	25	22	19	19	17	17	18	23	30	34	37
2018Yaz NO _x	28	21	16	14	14	15	17	27	51	40	30	27
2019 Yaz NO _x	37	25	19	15	13	14	17	26	43	50	41	34
2020 Yaz NO _x	38	33	23	19	18	16	16	17	22	32	33	35
2021 Yaz NO _x	25	22	18	15	15	13	14	16	24	33	33	39
2018Kış NO _x	38	29	28	22	19	20	23	50	92	94	81	67
2019 Kış NO _x	46	33	27	23	20	21	26	52	93	99	94	85
2020 Kış NO _x	57	48	35	28	29	25	25	27	41	62	72	86
2021 Kış NO _x	39	32	29	22	22	20	20	23	34	55	64	73
2018 Yaz O ₃	32	31	31	29	26	23	21	26	39	59	74	81
2019 Yaz O ₃	24	25	25	24	22	20	18	19	25	34	44	51
2020 Yaz O ₃	22	23	24	25	26	26	26	27	28	31	34	37
2021 Yaz O ₃	32	31	30	27	28	27	26	26	28	31	37	43
2018 Kış O ₃	18	18	20	20	20	19	17	13	11	17	27	34
2019 Kış O ₃	9	10	11	11	11	11	10	8	7	9	14	18
2020 Kış O ₃	12	12	13	13	14	13	13	13	12	11	12	15
2021 Kış O ₃	20	21	21	21	21	22	21	21	19	18	18	20
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
2018 Yaz NO	12	13	15	15	19	20	28	33	24	19	18	15
2019 Yaz NO	13	13	14	16	17	21	29	35	33	26	23	19
2018 Kış NO	31	29	31	36	52	75	83	64	46	38	28	28
2019 Kış NO	33	29	30	34	48	73	85	69	51	35	30	26
2018 Yaz NO ₂	15	16	17	19	22	25	32	35	30	26	23	20
2019 Yaz NO ₂	20	20	21	23	25	30	37	41	40	35	33	29
2020 Yaz NO ₂	20	18	18	18	19	21	24	29	33	31	31	28
2021 Yaz NO ₂	20	18	17	17	17	20	22	27	27	27	25	22
2018 Kış NO ₂	27	26	29	31	38	44	47	42	37	33	28	26
2019 Kış NO ₂	37	34	34	38	44	53	55	51	45	39	37	34
2020 Kış NO ₂	39	37	34	32	33	39	46	50	50	47	41	38
2021 Kış NO ₂	36	32	29	27	28	30	36	41	41	41	35	31
2018Yaz NO _x	26	28	32	34	41	45	61	68	54	45	41	35
2019 Yaz NO _x	32	32	35	39	41	51	65	77	73	61	55	48
2020 Yaz NO _x	33	31	31	31	32	34	42	51	57	54	51	44
2021 Yaz NO _x	31	29	27	28	29	33	37	48	47	46	39	32
2018 Kış NO _x	57	55	59	67	89	119	130	106	83	72	56	51
2019 Kış NO _x	70	63	65	72	92	126	140	121	96	74	67	60
2020 Kış NO _x	80	73	67	63	66	84	105	120	117	105	84	69
2021 Kış NO _x	71	61	55	49	50	54	71	84	83	81	60	49
2018 Yaz O ₃	85	83	83	82	75	68	56	46	42	39	35	33
2019 Yaz O ₃	54	56	56	56	53	48	40	33	29	27	25	24
2020 Yaz O ₃	38	43	42	39	36	34	32	23	22	22	21	22
2021 Yaz O ₃	49	51	54	54	53	51	49	45	41	38	35	34
2018 Kış O ₃	41	44	44	40	31	20	16	16	15	17	18	17
2019 Kış O ₃	23	27	27	26	21	14	10	9	9	9	9	9
2020 Kış O ₃	18	22	24	26	25	21	18	18	12	11	11	11
2021 Kış O ₃	25	29	33	35	36	34	30	26	22	19	20	20



Şekil 4.56 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

2020 yılından itibaren Hava Ölçüm İstasyonunda NO ölçümü yapılmadığından yalnızca 2018-2019 yıllarına ait değerlendirme yapılmıştır. NO değerlerinin Temmuz

ve Kasım aylarındaki 2018 değerlerinin 2019 yılındaki verilerden yüksek olduğu diğer aylarda ise yine 2019 değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir.

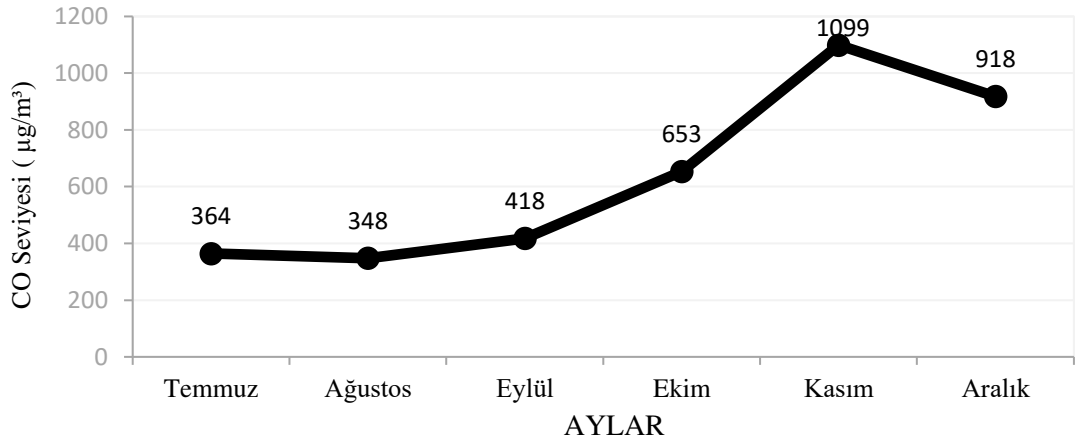
Aylık değerlerin karşılaştırıldığı Tablo 4.43 ve Şekil 4.55'e bakıldığında 2019 yılına ait NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin diğer yıllardaki değerlerden genellikle daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4.44 ve Şekil 4.56'da verilen Yaz ve Kış sezonu ortalama saatlik NO, NO₂ ve NO_x parametrelerine ait veriler karşılaştırıldığında, genel itibariyle 2019 değerlerinin diğer yıllardan biraz yüksek seyrettiği ve 2018 yılına göre hava kalitesinin düştüğü, 2020 yılından sonra ise hava kalitesinin daha iyi olduğu görülmektedir. Yaz sezonu ortalama saatlik O₃ değerlerinin 2018 yılında, kış aylarında ise genellikle gündüz saatlerinde 2018 diğer saatlerde 2021 yılının en yüksek değerlerde olduğu, NO_x değerleri ile karşılaştırıldığında genel itibari ile O₃ değerlerinin yüksek olduğu zaman dilimlerinde NO_x değerlerinin düşük, O₃ değerlerinin düşük olduğu zaman dilimlerinde ise NO_x değerlerinin yüksek olduğu görülmekte olup, hava kalitesinin kış aylarında Azot oksitler yönünden yıllar itibari kötüleştiği görülmekte olup bunu da ısınmada doğalgaz kullanımının artmasına bağlı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca azot monoksit (NO) konsantrasyonunun fazla olduğu azot oksit (NO_x) emisyonu kaynağının olduğu yerlerde ozon temizlendiğinden azot monoksitin (NO) ozon ile reaksiyona girerek azot dioksit (NO₂) oluşturduğu tahmin edilmektedir.

4.2.1.4. Karbon Monoksit (CO)

Tablo 4.45 2018 Yılı Aylık CO Değerleri (µg/m³)

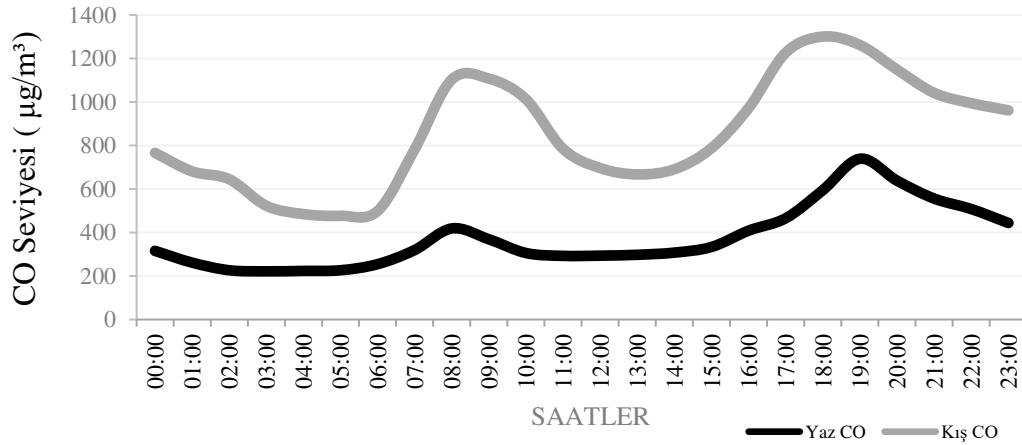
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
CO	364	348	418	653	1099	918



Şekil 4.57 2018 Yılı Aylık CO Değişimleri

Tablo 4.46 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz CO	315	261	226	221	223	226	254	319	418	368	305	292
Kış CO	766	681	645	523	485	477	499	783	1103	1107	1012	784
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz CO	293	297	307	333	408	465	594	738	637	555	507	443
Kış CO	696	667	691	788	972	1226	1300	1261	1148	1051	994	961



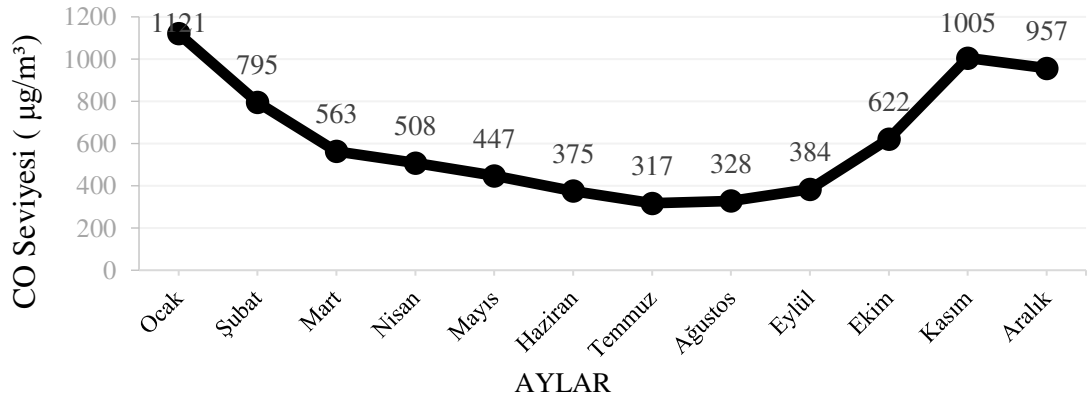
Şekil 4.58 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değişimleri

2018 yılı aylık verilerin gösterildiği Tablo 4.45 ve Şekil 4.57 değerlendirildiğinde CO değerlerinin kış aylarında artış eğiliminde olduğu, bununla ısınmadan kaynaklı eksik yanmadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Saatlik veriler ise incelendiğinde ise, soba ve kaloriferlerin ilk yanmaya başladığı sabah saatlerinde değerlerin yükseldiği (06.00 - 08.00 arası), sonrasında ise 14.00 saatine kadar göstermiş olduğu düşüş eğilimini tekrar sıcaklıkların düşmesine bağlı olarak ısınmadan kaynaklı eksik yanmanın etkisiyle değerlerin arttığı Tablo 4.46 ve Şekil 4.58’den gözlemlenmektedir. Daha sonra saat 19.00’den itibaren ise değerlerin tekrar düştüğü görülmekte olup, bu verilerin yaz sezonunda da aynı biçimde dalgalanmasının trafiğin de etkisinin olduğunu göstermektedir. Çünkü değerlerdeki yükselişlerin olduğu saatlerin trafik yoğunluğunun arttığı, kış sezonunda ısınma devam ettiği halde değerlerin düştüğü zaman dilimi ise insan faaliyetlerinin azalmaya başlamasıyla trafik yoğunluğunun azaldığı zamanlara denk gelmesinden trafiğin ne kadar etkili olduğu gözlemlenebilmektedir. Ayrıca yaz sezonundaki verilerin dalgalanma zamanları trafiğin etkisini daha açık bir şekilde belli olmaktadır.

Tablo 4.47 2019 Yılı Aylık CO Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

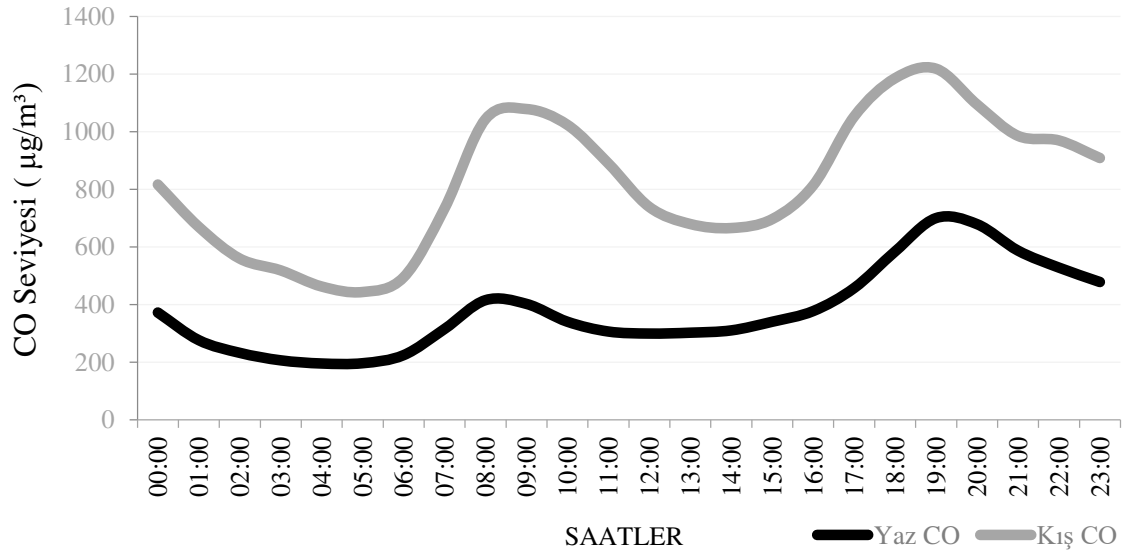
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
CO	1121	795	563	508	447	375	317	328	384	622	1005	957



Şekil 4.59 2019 Yılı Aylık CO Değişimleri

Tablo 4.48 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz CO	373	277	233	207	196	197	225	316	416	403	341	307
Kış CO	817	670	560	519	463	444	495	734	1054	1079	1024	890
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz CO	300	303	311	341	378	458	585	701	680	588	529	479
Kış CO	739	680	666	697	814	1053	1186	1219	1095	986	970	909



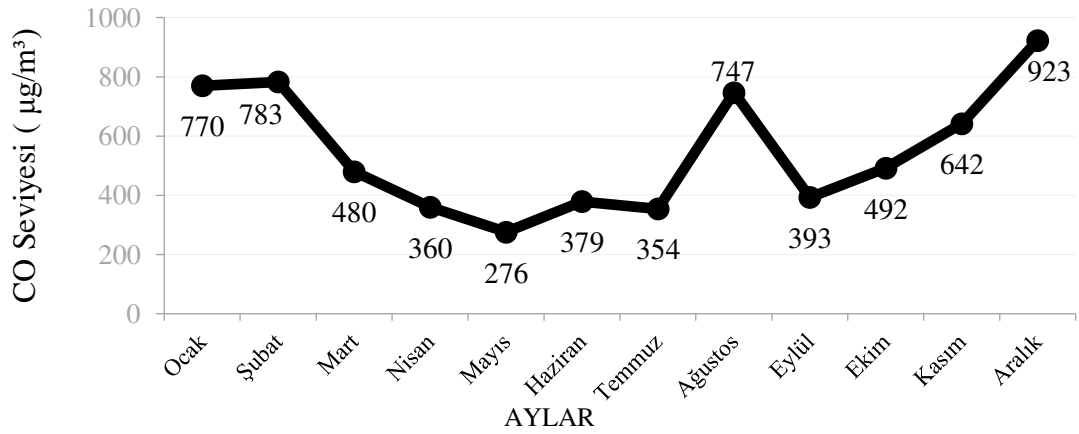
Şekil 4.60 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değişimleri

Tablo 4.47 ve Şekil 4.59’da verilen 2019 yılına ait aylık değerlere bakıldığında, CO değerlerinin en düşük değerlerin yaz aylarında, kış aylarında ise bu değerlerin yüksek konsantrasyonlarda seyretmesinden ısınmadan kaynaklı eksik yanmadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

2019 yılına ait saatlik verilerin sunulduğu Tablo 4.48 ve Şekil 4.60 değerlendirildiğinde ise, sabah 06.00-09.00 arasında yükseldiği, 09.00’dan sonra tekrar saat 14.00’a kadar azaldığı ve 15.00 itibariyle tekrar yükselmeye başladığı görülmektedir. Sabah soba ve kaloriferlerin ilk yanmaya başladığı saatler ile gün içerisinde sıcaklık değerlerinin düşmesine bağlı olarak ısınmadaki eksik yanmadan kaynaklı olarak değerlerin arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca 19.00 saatinden sonra değerlerin tekrar düştüğü görülmekte, bu düşüşte trafiğinde etkisinin olduğu düşünülmekte olup, yükselişlerin olduğu saatlerin trafik yoğunluğunun arttığı saatlerle ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca kış sezonunda ısınmanın olduğu saatlerde ve yaz sezonunda akşam insan faaliyetlerinin azaldığı zaman dilimlerinde değerlerin düşmesi trafiğin etkisini kanıtlar niteliktedir.

Tablo 4.49 2020 Yılı Aylık CO Değerleri (µg/m³)

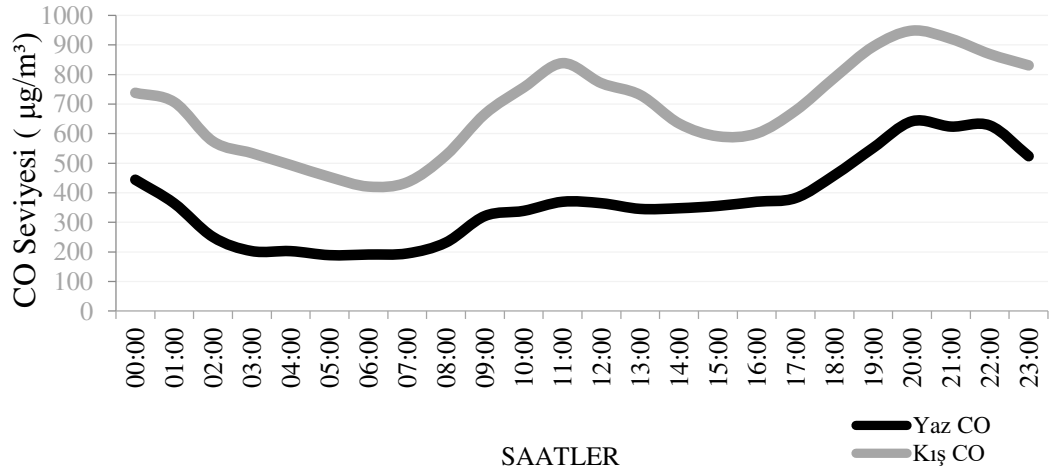
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
CO	770	783	480	360	276	379	354	747	393	492	642	923



Şekil 4.61 2020 Yılı Aylık CO Değişimleri

Tablo 4.50 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz CO	445	365	251	203	203	190	192	195	232	322	339	370
Kış CO	739	707	574	535	495	454	421	436	527	667	757	839
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz CO	365	346	348	356	370	383	460	553	642	624	628	524
Kış CO	771	731	635	592	601	678	790	895	949	921	870	831



Şekil 4.62 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değişimleri

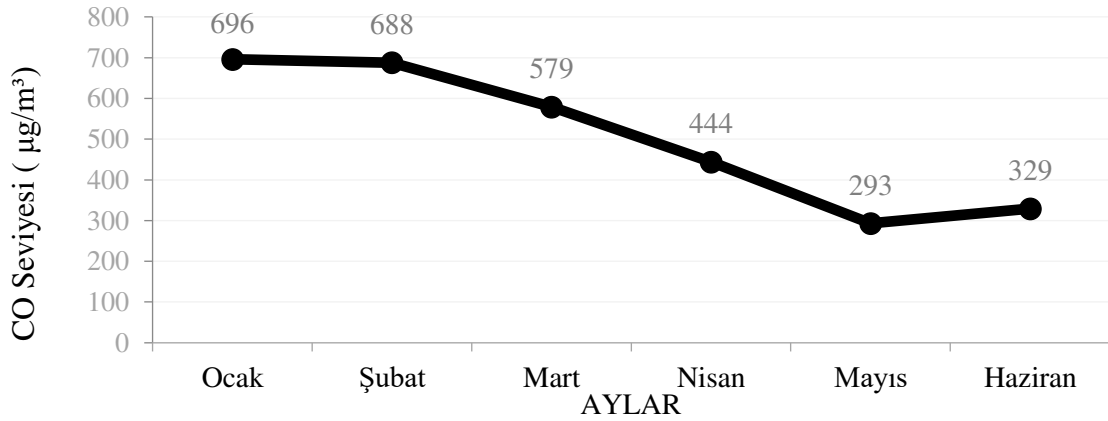
Tablo 4.49 ve Şekil 4.61’de verilen 2020 yılına ait aylık değerlere bakıldığında, CO değerlerinin en düşük değerlerin yaz aylarında (Ağustos ayı hariç), kış aylarında ise bu değerlerin yüksek konsantrasyonlarda seyretmesinden daha çok ısınmadan kaynaklı eksik yanmadan kaynaklandığı ve Ağustos ayındaki yüksekliğinde

istasyonun bulunduğu bölgedeki inşaa faaliyetlerdeki iş makinelerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4.50 ve Şekil 4.62 değerlendirildiğinde ise, 2020 yılı sabah 06.00-11.00 arasında yükseldiği, 11.00'den sonra yaz aylarında saat 13.00'a kış aylarında ise 15.00'a kadar azaldığı ve sonrasındaki saatlerde tekrar yükselmeye başladığı görülmektedir. Sabah soba ve kaloriferlerin ilk yanmaya başladığı saatler ile gün içerisinde sıcaklık değerlerinin düşmesine bağlı olarak ısınmadaki eksik yanmadan kaynaklı olarak değerlerin arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca kış aylarında 21.00 yaz aylarında ise 22.00 saatinden sonra değerlerin tekrar düştüğü görülmekte, bu düşüşte trafiğinde etkisinin olduğu düşünülmekte olup, yükselişlerin olduğu saatlerin trafik yoğunluğunun arttığı saatlerle ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4.51 2021 Yılı Aylık CO Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

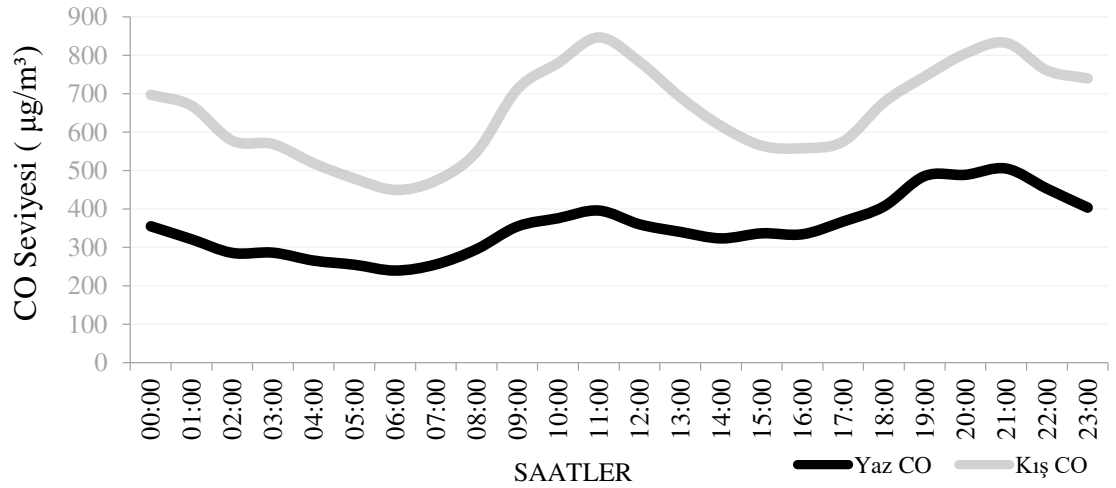
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
CO	696	688	579	444	293	329



Şekil 4.63 2021 Yılı Aylık CO Değişimleri

Tablo 4.52 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz CO	355	321	286	287	266	255	240	256	296	355	376	396
Kış CO	698	669	578	569	519	479	450	474	549	712	781	847
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz CO	360	341	324	337	335	368	407	486	489	505	453	404
Kış CO	783	691	616	565	558	576	678	745	805	833	761	740



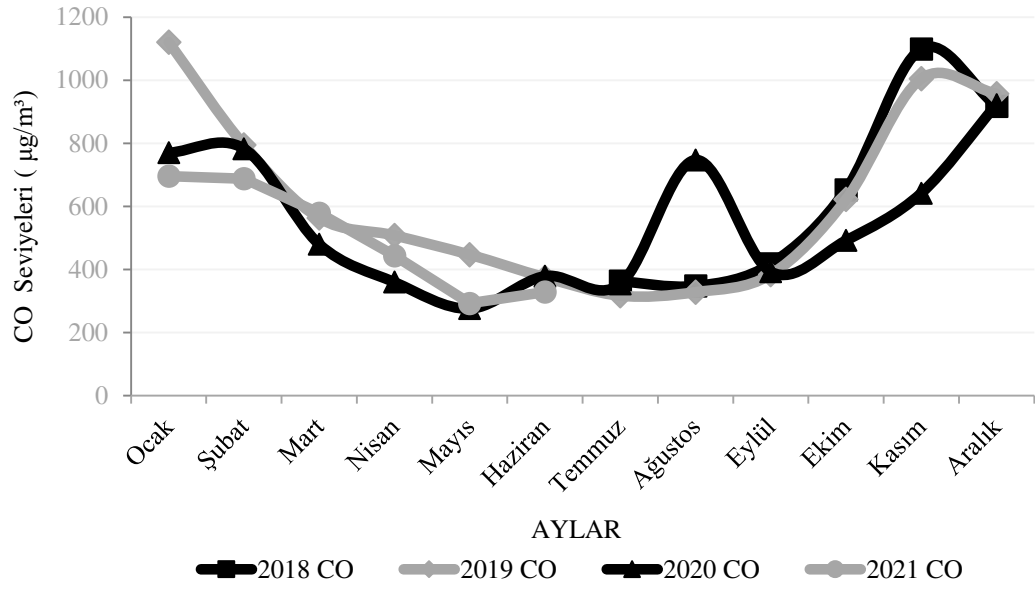
Şekil 4.64 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik CO Değişimleri

Tablo 4.51 ve Şekil 4.63’de verilen 2021 yılına ait aylık değerlere bakıldığında, CO değerlerinin en düşük değerlerin yaz aylarında, kış aylarında ise bu değerlerin yüksek konsantrasyonlarda seyretmesinden daha çok ısınmadan kaynaklı eksik yanmadan kaynaklandığı olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4.52 ve Şekil 4.64 değerlendirildiğinde ise, 2021 yılı sabah 06.00-11.00 arasında yükseldiği, 11.00’den sonra yaz aylarında saat 14.00’a kış aylarında ise 16.00’a kadar azaldığı ve sonrasındaki saatlerde tekrar yükselmeye başladığı görülmektedir. Ayrıca kış ve yaz aylarında 21.00 saatinden sonra değerlerin tekrar düştüğü görülmekte, bu düşüşte trafiğinde etkisinin olduğu düşünülmekte olup, yükselişlerin olduğu saatlerin trafik yoğunluğunun ve ısınmanın arttığı saatlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çünkü düşüş ve yükselişlerin olduğu zaman dilimleri ısınma ve trafiğin artıp azaldığı saatler ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 4.53 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık CO Değerleri (µg/m³)

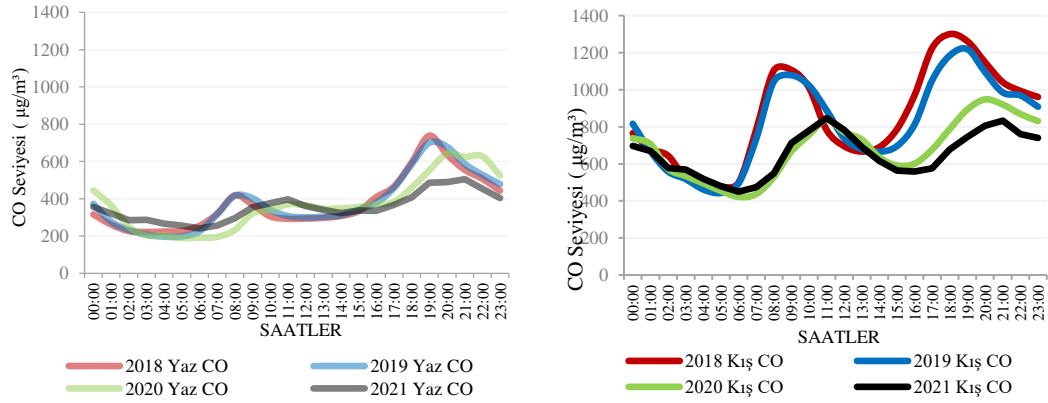
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018 CO							364	348	418	653	1099	918
2019 CO	1121	795	563	508	447	375	317	328	384	622	1005	957
2020 CO	770	783	480	360	276	379	354	747	393	492	642	923
2021 CO	696	688	579	444	293	329						



Şekil 4.65 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık CO Değişimleri

Tablo 4.54 2018-2019 Yılları Yaz – Kış Saatlik CO Değerleri (µg/m³)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
2018 Yaz CO	315	261	226	221	223	226	254	319	418	368	305	292
2019 Yaz CO	373	277	233	207	196	197	225	316	416	403	341	307
2020 Yaz CO	445	365	251	203	203	190	192	195	232	322	339	370
2021 Yaz CO	355	321	286	287	266	255	240	256	296	355	276	396
2018 Kış CO	766	681	645	523	485	477	499	783	1103	1107	1012	784
2019 Kış CO	817	670	560	519	463	444	495	734	1054	1079	1024	590
2020 Kış CO	739	707	574	535	495	454	421	436	527	667	757	839
2021 Kış CO	698	669	578	569	519	479	450	474	549	712	781	847
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
2018 Yaz CO	293	297	307	333	408	465	594	738	637	555	507	443
2019 Yaz CO	300	303	311	341	378	458	585	701	680	588	529	479
2020 Yaz CO	365	346	348	356	370	383	460	553	642	624	628	524
2021 Yaz CO	360	341	324	337	335	368	407	486	489	505	453	404
2018 Kış CO	696	667	691	788	972	1226	1300	1261	1148	1051	994	961
2019 Kış CO	739	680	666	697	814	1053	1186	1219	1095	986	970	909
2020 Kış CO	771	731	635	592	601	678	790	895	949	921	870	831
2021 Kış CO	783	691	616	565	558	576	678	745	805	833	761	740



Şekil 4.66 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik CO Değişimleri

Tablo 4.53 ve Şekil 4.65’de verilen aylık değerlere bakıldığında karbonmonoksit (CO) değerlerinin Ocak – Mayıs aylarında 2019, Haziran – Ağustos aylarında 2020 ve diğer aylarda 2018 yılı değerlerinin yüksek seyrettiği gözlemlenmektedir.

Yaz aylarındaki saatlik değerler karşılaştırıldığında, Akşam 21.00 – Sabah 05.00 saatleri arasında 2020 – 2021, 06.00 – 09.00 arasında 2018 – 2019, 10.00 – 15.00 arasında 2020 – 2021, 16.00 – 20.00 arasında 2018 – 2019 yıllarına ait değerlerin yüksek olduğu, kış aylarındaki saatlik değerler karşılaştırıldığında ise, genel itibari ile 00.00 – 06.00 saatleri arasında yılların birbirine çok yakın değerlerde gerçekleştiği, 07.00 – 10.00 arasında 2018 – 2019, 11.00 – 13.00 arasında 2020 – 2021, 14.00 – 23.00 arasında 2018 – 2019 yılları verilerinin daha yüksek olduğu Tablo 4.54 ve Şekil 4.66’dan görülmektedir. Kış aylarındaki verilerin ışığında genel itibariyle 2018 yılına göre karbonmonoksit (CO) değerlerinin 2021 yılına doğru biraz iyileşme gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu dört yıldardaki sabah ve akşam en yüksek değere ulaştığı saatler arasındaki farklılığın pandemi dönemindeki kapanmanın etkisinin olduğu düşünülmektedir.

4.2.2. Motorlu Kara Taşıtı Verileri

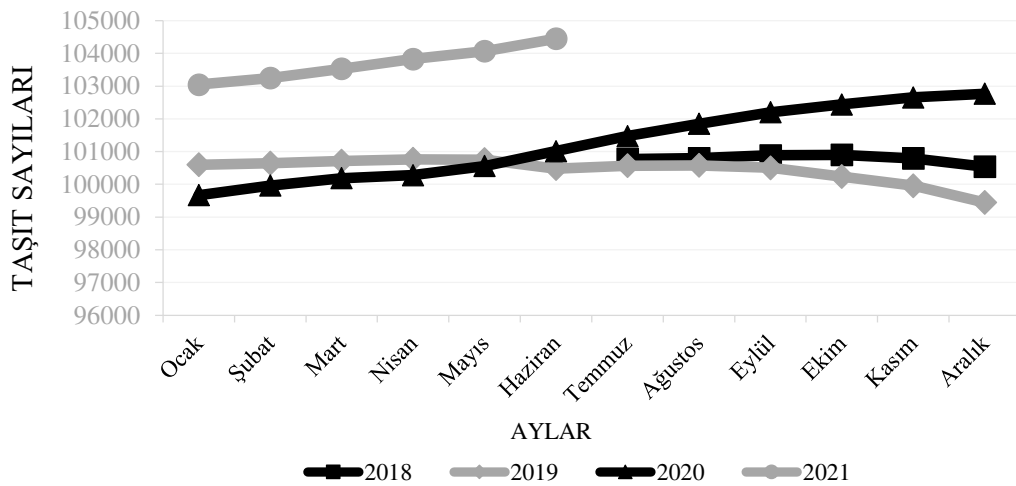
Bir şehrin hava kalitesini yalnızca ısınmadan ve sanayiden kaynaklı fosil yakıt kullanımı sonucu havaya salınan emisyonlar etkilemekte, kent yerleşiminde trafikte seyreden araç sayısına bağlı olarak trafik yoğunluğuda önemli bir etken

olabilmektedir. Bu yüzden hava kalitesi değerlendirilirken tüm etkenler araştırılarak ortaya konulması gerekmektedir.

Buna istinaden tez çalışmasında 2018 yılı Temmuz ayından 2021 yılı Haziran ayı sonuna kadar toplam 36 aylık hava verilerine göre değerlendirme yapıldığından ilimizdeki motorlu kara taşıtı sayıları Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Başkanlığı'nın Web Sitesinden (<https://www.tuik.gov.tr> - <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>)(117) aylık veriler halinde temin edilmiştir.

Tablo 4.55 2018-2019-2020-2021 Yılları Motorlu Kara Taşıt Sayıları

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
2018						
2019	100600	100646	100710	100689	100757	100480
2020	99668	99964	100186	100283	100558	101016
2021	103047	103251	103534	103830	104071	104451
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018	100773	100800	100886	100901	100794	100541
2019	100567	100580	100507	100238	99960	99443
2020	101474	101849	102202	102442	102657	102769
2021						



Şekil 4.67 2018-2019-2020-2021 Yılları Motorlu Kara Taşıt Sayıları Değişimi

İlimizdeki motorlu kara taşıt sayılarının verildiği Tablo 4.55 ve Şekil 4.67 incelendiğinde 2018 yılından 2019 Aralık ayına kadar taşıt sayılarına muhtelif

miktarlarda azalmalar olduğu sonrasında tekrar yükselmeye başlayarak Haziran 2020 yılında 2018 yılındaki araç sayısına ulaştığı ve sonrasındaki aylarda artışların devam ettiği gözlemlenmektedir. 2018 ve 2019 yıllarındaki araç sayılarındaki düşüşün hurda eski model araçlara hurda teşviki verilmesinin etkisi olduğu düşünülmektedir.

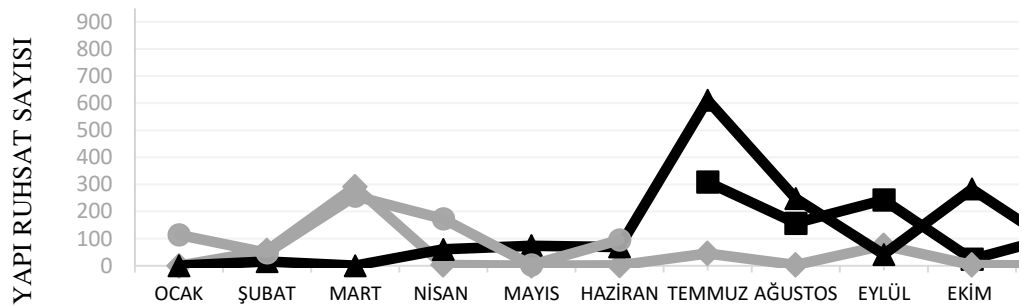
4.2.3. Konut Sayıları ve Yakıt Kullanımı Verileri

Bir yerleşim alanındaki konut sayısı, ısınmada kullanılan yakıt cinsleri ve miktarları, kentsel hava kalitesi ile ilgili değerlendirmeler de hava kalitesini etkileyen en önemli kaynaklardan birisi olmaktadır. Buna istinaden hava kalitesi değerlendirmesi yapılan İlimiz merkezindeki konut sayıları ve ısınma verileri önem arz ettiğinden tez çalışmasında Kastamonu Belediye Başkanlığı'ndan konut sayıları, Kargaz Doğalgaz Dağıtım San. Ve Tic. AŞ'den doğalgaz abone sayıları ve tüketim miktarları alınmıştır.

Hava kalitesi verilerinin değerlendirildiği 36 aylık zaman diliminde Kastamonu Belediye Başkanlığı tarafından verilmiş olan Yapı Ruhsatı (İnşaat Ruhsatı) ve Yapı Kullanma İzin Belgesi (İskân Ruhsatı) sayılarındaki ve yapı stoğundaki değişimler aşağıda gözden geçirilmiştir. Yapı Ruhsatı (İnşaat Ruhsatı) ve Yapı Kullanma İzin Belgesi (İskân Ruhsatı) sayılarında mesken ve işyerleri toplamı verilmiştir.

Tablo 4.56 2018-2019-2020-2021 Yılları Yapı Ruhsatı Sayıları

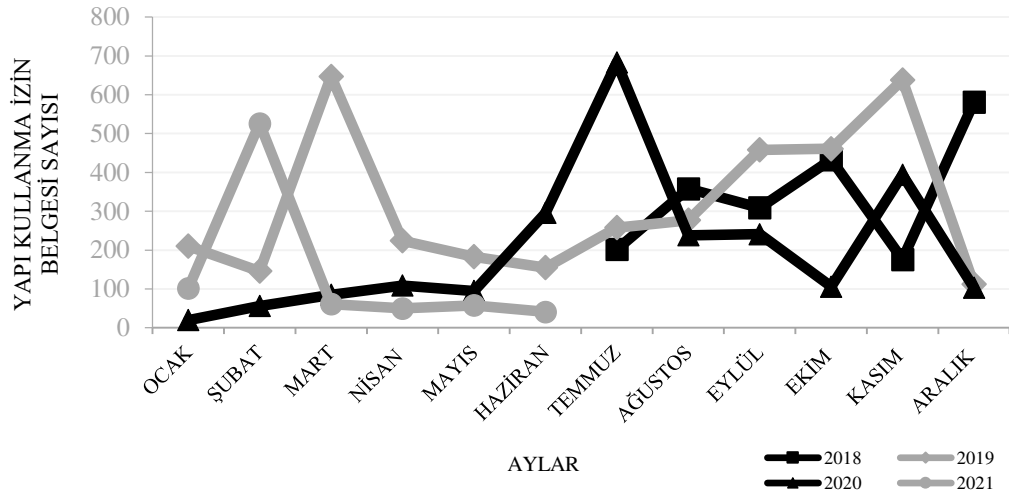
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018							309	157	243	24	111	922
2019	0	56	291	2	0	1	45	3	75	2	0	399
2020	0	15	0	60	74	69	611	248	41	283	69	516
2021	114	48	357	173	3	95						



Şekil 4.68 2018-2019-2020-2021 Yılları Yapı Ruhsatı Sayıları Değişimi

Tablo 4.57 2018-2019-2020-2021 Yılları Yapı Kullanma İzin Belgesi Sayıları

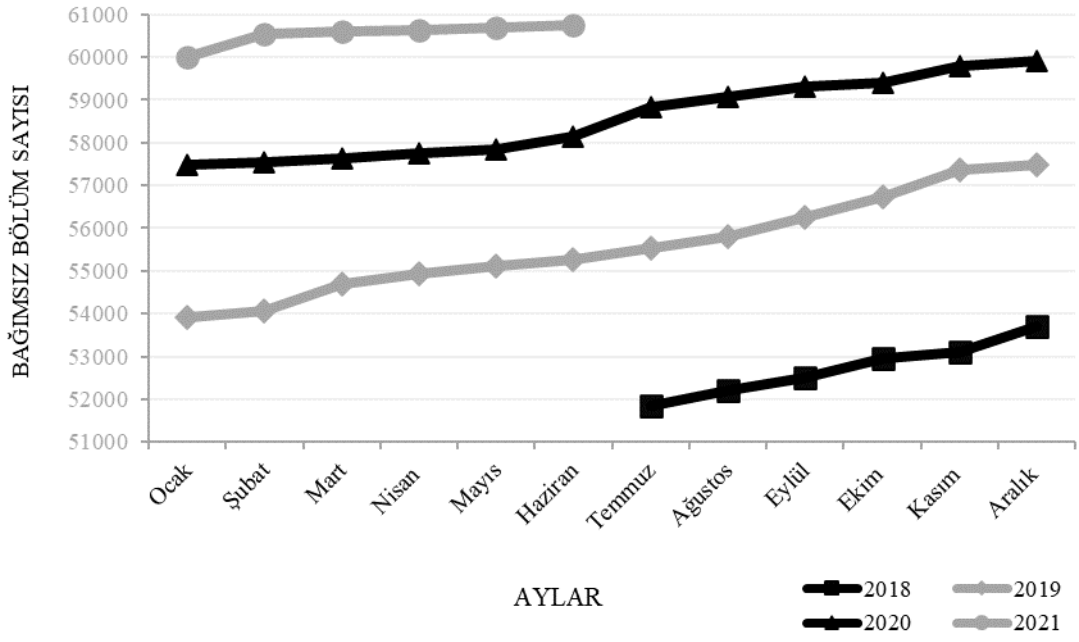
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018							202	358	309	433	176	581
2019	210	146	647	224	183	155	258	277	458	461	638	112
2020	20	56	85	109	95	296	683	238	241	106	394	103
2021	102	526	61	50	58	41						



Şekil 4.69 2018-2019-2020-2021 Yılları Yapı Kullanma İzin Belgesi Sayıları Değişimi

Tablo 4.58 2018-2019-2020-2021 Yılları Bağımsız Bölüm Sayıları

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
2018						
2019	53912	54062	54709	54933	55116	55271
2020	57498	57554	57639	57748	57843	58139
2021	60006	60532	60593	60643	60701	60742
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018	51789	52195	52504	52937	53111	53692
2019	55529	55806	56264	56728	57366	57478
2020	58822	59060	59301	59407	59801	59904
2021						



Şekil 4.70 2018-2019-2020-2021 Yılları Bağımsız Bölüm Sayıları Değişimi

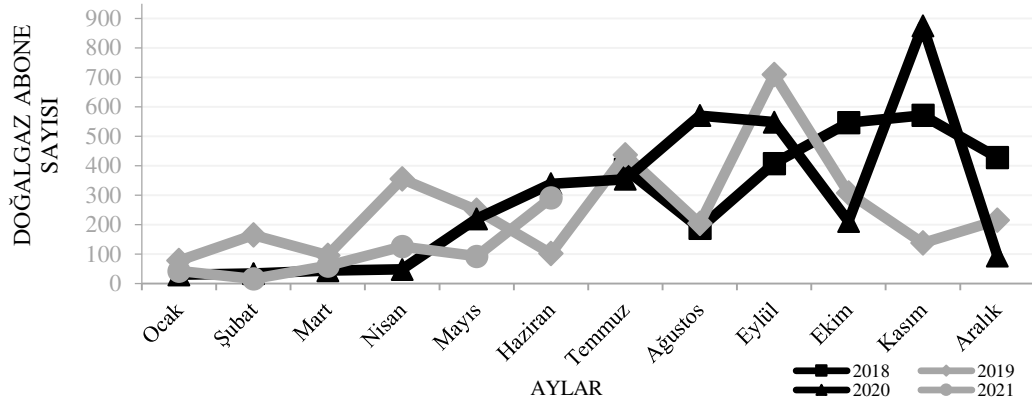
Tablo 4.56 ve Şekil 4.68’de verilmiş olan Yapı Ruhsatları sayılarının değişimine bakıldığında genellikle inişli çıkılı bir seyir izlediği, 2018 ve 2020 yıllarında Yapı Ruhsat sayısının diğer yıllardan fazla olduğu ve üç yılda da Aralık ayındaki sayılarda artış olduğu gözlemlenmektedir. Yılsonu sayı artışlarının nedeninin ise bir sonraki yılda ruhsat bedellerinde artış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 4.57 ve Şekil 4.69’da verilen aylık Yapı Kullanma İzin Belgesi sayıları ile Tablo 4.58 ve Şekil 4.70’de verilen 2018-2019 yıllarına ait Bağımsız Bölüm Sayıları (Mesken, işyeri vb.) incelendiğinde İl merkezinde yapı stoğunda devamlı bir artış olduğu, hatta bazı aylarda fazla artışlar gözlemlenmektedir. Bu yapı stoğundaki artış ısınmada kullanılan yakıt miktarının artmasına ve beraberinde kirletici parametrelerin konsantrasyonlarının çoğalmasına yol açarak hava kalitesine olumsuz etkileri olabilmektedir. Ancak yeni yapılan yapıların doğalgaza uyumlu yapılması katı yakıt kullanımını azaltacağından diğer bir yönden katı yakıt kaynaklı kirliliğin azalmasına olumlu etkisi olabilmektedir. Bir yandan ısınma sonucu oluşan kirletici kaynak sayısı artarken, diğer taraftan katı yakıt kullanımının azalarak doğalgaza geçilmesi de hava kalitesi açısından olumlu etkiler yol açabilmektedir.

Yukarıda belirtilen yeni yapı stoğundaki artışın doğalgaz abone sayıları ve tüketim miktarlarının değişiminin değerlendirilmesi için gerekli olan veriler Kargaz Doğalgaz Dağıtım San. Ve Tic. AŞ'den temin edilmiştir.

Tablo 4.59 2018-2019-2020-2021 Yılları Doğalgaz Abone Sayıları

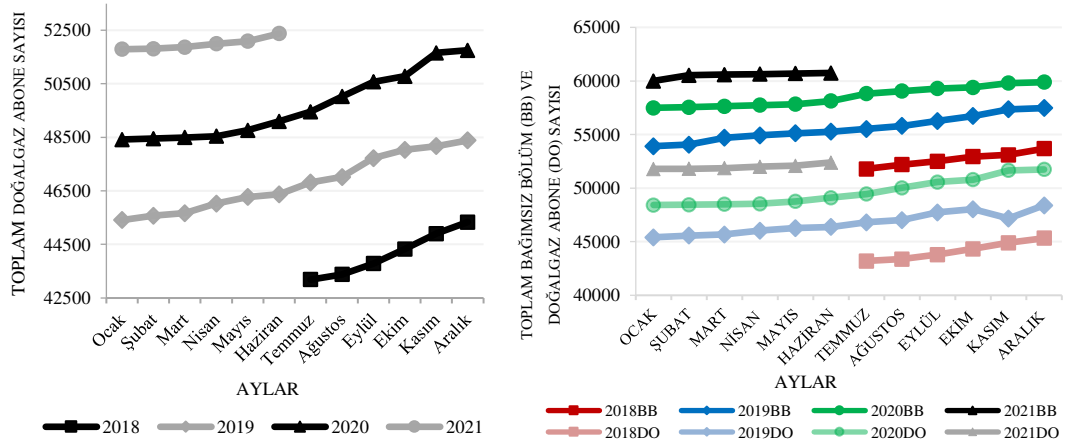
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018							388	188	408	546	571	428
2019	78	165	96	355	249	102	437	204	709	308	138	215
2020	30	34	44	48	220	339	354	570	548	211	875	94
2021	43	16	60	126	93	291						



Şekil 4.71 2018-2019-2020-2021 Yılları Doğalgaz Abone Sayıları Değişimi

Tablo 4.60 2018-2019-2020-2021 Yılları Toplam Doğalgaz Abone Sayıları

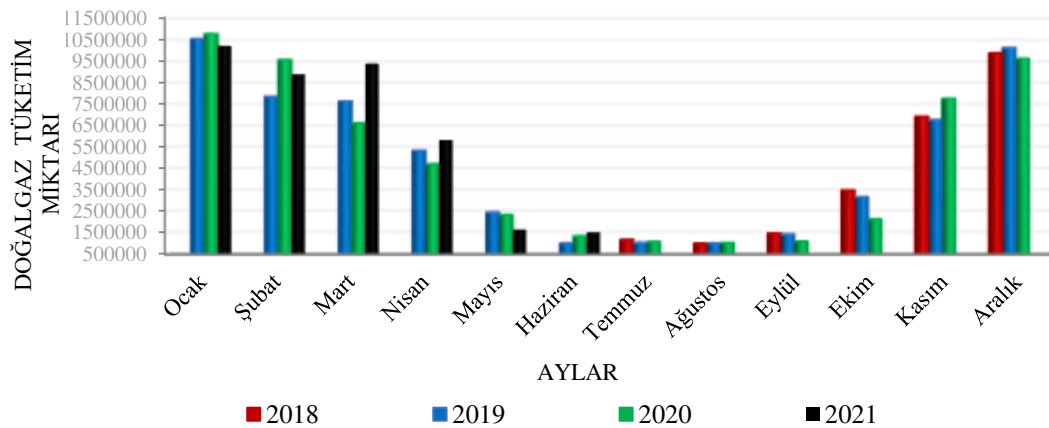
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
2018						
2019	45408	45573	45669	46024	46273	46375
2020	48416	48450	48494	48542	48762	49101
2021	51796	51812	51872	51998	52091	52382
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018	43189	43377	43785	44331	44902	45330
2019	46812	47016	47725	48033	47171	48386
2020	49455	50025	50573	50784	51659	51753
2021						



Şekil 4.72 2018-2019-2020-2021 Yılları Toplam Bağımsız Bölüm ve Doğalgaz Abone Sayıları Değişimi

Tablo 4.61 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Toplam Doğalgaz Tüketim Miktarları

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
2018						
2019	10529071	7841953	7621897	5325705	2440569	992855
2020	10753351	9544719	6599771	4689617	2310406	1321166
2021	10196855	8876880	9368204	5814112	1624075	1501166
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018	1158790	980208	1449630	3462305	6910072	9861393
2019	1023275	988318	1420055	3154465	6759767	10107616
2020	1061162	1008319	1079863	2118017	7749316	9603178
2021						



Şekil 4.73 2018-2019 Yılları Aylık Toplam Doğalgaz Tüketim Miktarları Değişimi

Tablo 4.59 ve Şekil 4.71’de verilen aylık doğalgaz abone sayılarının inişli çıkışlı bir seyir izlediği, doğalgaz kullanan bağımsız bölümlerin sayısının devamlı olarak artış

eğiliminde olduğu Tablo 4.60 ve Şekil 4.72’den görülmektedir. İl merkezinde bulunan toplam bağımsız bölüm sayıları ile doğalgaz kullanan bağımsız bölüm sayıları karşılaştırıldığında yaklaşık olarak % 15-16’lık bir kısmının ısınmada doğalgaz yerine başka yakıt (kömür, odun vb.) kullandığı anlaşılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucu 2018 yılında 2042 haneye 5288 ton, 2019 yılında 1291 haneye 1992 ton, 2020 yılında 1271 haneye 1750 ton ve 2021 yılında 1271 haneye 1850 ton yerli kömür dağıtımı yapıldığı tespit edilmiştir. Halen yaklaşık olarak 8000-8500 civarında bağımsız bölümün doğalgaz kullanmadığı ve yeni inşa edilen yapıların bir kısmında boş olduğu verilerden saptanmaktadır. Çünkü yapı kullanma izin belgesi alan bağımsız bölüm sayısındaki artış ile doğalgaz abone sayılarındaki artış aynı seyirde, birbiri ile doğrusal ilerlemediği tablo ve şekillerden anlaşılmaktadır. Tablo 4.61 ve Şekil 4.73’e bakıldığında yaz aylarında doğalgaz tüketiminin düştüğü hava sıcaklıklarının azalmasıyla tüketim miktarlarında artış olduğu gözlemlenmektedir. En fazla tüketimin Ocak ayında en az tüketimin ise Ağustos ayında olduğu görülmektedir.

4.2.4. Meteorolojik Veriler (Sıcaklık, Yağış ve Rüzgâr)

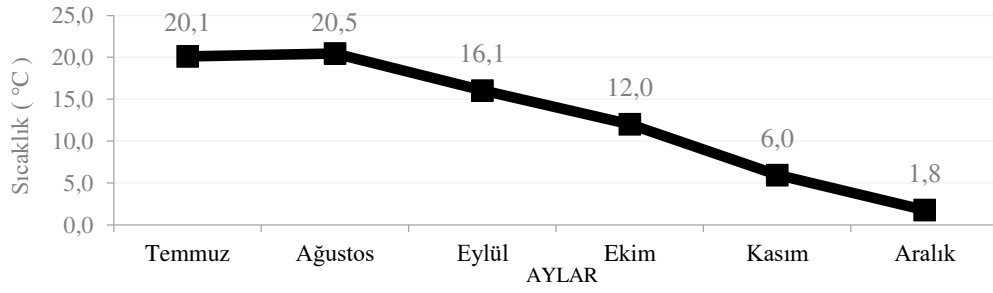
İl merkezinin hava kalitesi verilerinin değerlendirildiği Temmuz 2018 – Haziran 2021 tarihleri arasındaki Sıcaklık, Yağış ve Rüzgâra ait meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden tedarik edilmiş ve aylık ve saatlik değişimleri incelenmiştir.

4.2.4.1. Sıcaklık

Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınmış olan Kastamonu şehir merkezine ait sıcaklık değerleri tezin inceleme aralığı olan Temmuz 2018 – Haziran 2021 tarihleri arasında aşağıda aylık ve saatlik olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.62 2018 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri (°C)

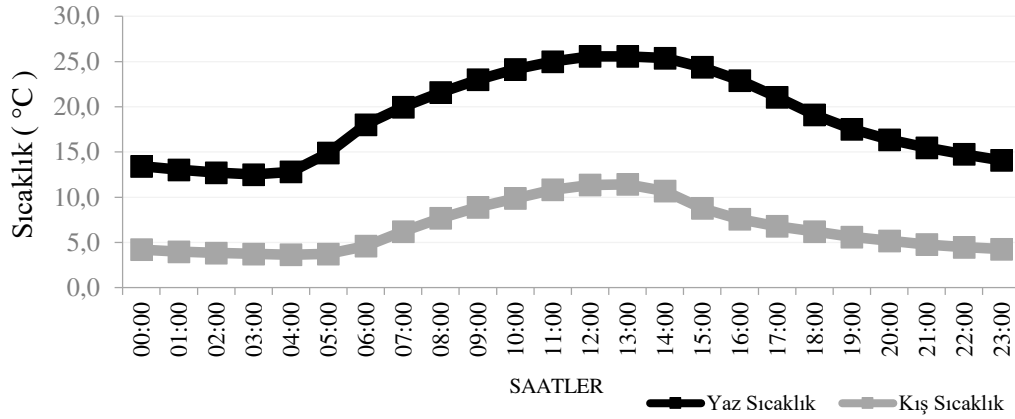
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık	20,1	20,5	16,1	12,0	6,0	1,8



Şekil 4.74 2018 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri Değişimi

Tablo 4.63 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri (°C)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz Sıcaklık	13,4	13,0	12,7	12,5	12,8	14,9	18,0	20,0	21,6	23,0	24,1	25,0
Kış Sıcaklık	4,2	4,0	3,8	3,7	3,7	3,7	4,6	6,2	7,7	8,9	9,9	10,8
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz Sıcaklık	25,6	25,6	25,4	24,4	22,9	21,1	19,1	17,5	16,4	15,5	14,7	14,1
Kış Sıcaklık	11,4	11,4	10,7	8,8	7,6	6,8	6,2	5,6	5,2	4,8	4,5	4,3

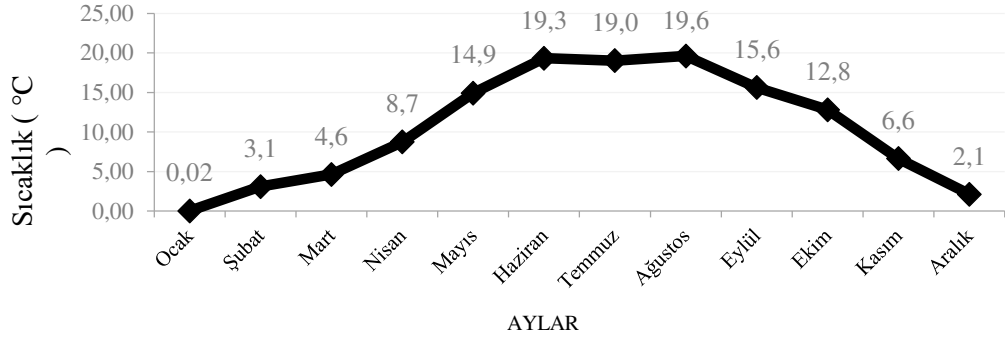


Şekil 4.75 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri Değişimi

Tablo 4.62 ve Şekil 4.74 değerlendirildiğinde 2018 yılının aylık sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu ayın 20,5°C ile Ağustos ayı olduğu, saatlik olarak değerlendirildiğinde yaz aylarında ortalama 25,6°C en sıcak saatlerin 12.00 ile 13.00, kış aylarında ise ortalama 11,4°C ile yine 12.00 ile 13.00 saatleri olduğu Tablo 4.63 ve Şekil 4.75’den görülmektedir.

Tablo 4.64 2019 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri (°C)

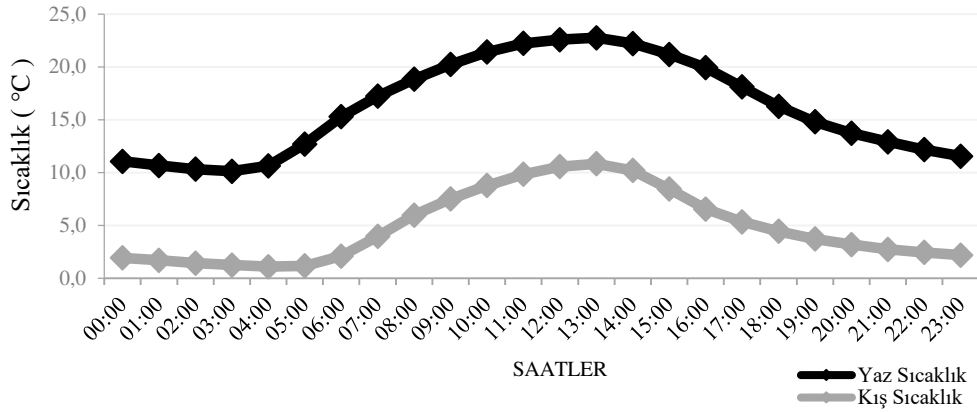
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık	0,0	3,1	4,6	8,7	14,9	19,3	19,0	19,6	15,6	12,8	6,6	2,1



Şekil 4.76 2019 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri Değişimi

Tablo 4.65 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri (°C)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz Sıcaklık	11,1	10,7	10,3	10,1	10,6	12,7	15,3	17,2	18,8	20,2	21,4	22,2
Kış Sıcaklık	1,9	1,7	1,4	1,2	1,1	1,2	2,1	3,9	6,0	7,5	8,8	9,8
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz Sıcaklık	22,6	22,8	22,2	21,2	19,9	18,1	16,3	14,8	13,7	12,9	12,2	11,5
Kış Sıcaklık	10,6	10,8	10,2	8,4	6,5	5,3	4,4	3,7	3,2	2,7	2,4	2,2

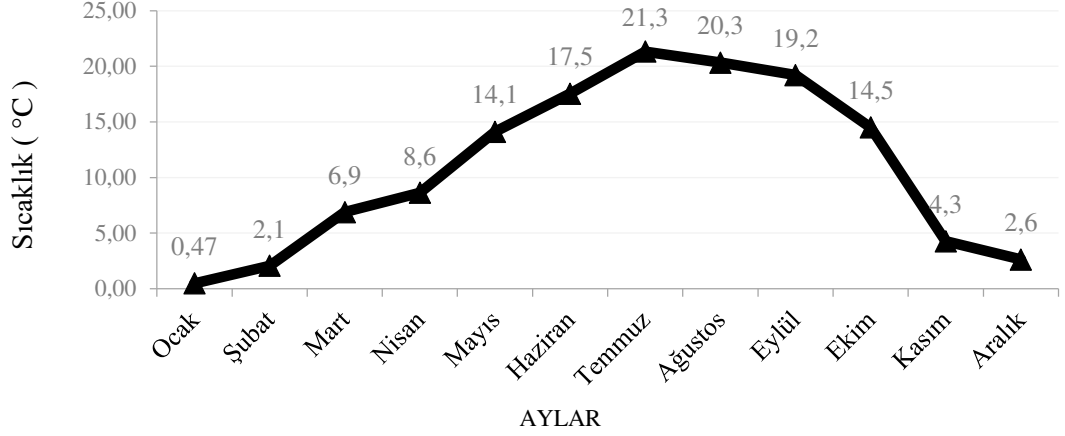


Şekil 4.77 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri Değişimi

2019 yılının aylık sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu ayın 19,6°C ile Ağustos ayı olduğu Tablo 4.64 ve Şekil 4.76'dan anlaşıldığı, Tablo 4.65 ve Şekil 4.77 incelenerek saatlik olarak değerlendirildiğinde ise yaz aylarında ortalama 22,8°C en sıcak saatin 13.00, kış aylarında ise ortalama 10,8°C ile yine 13.00 saati olduğu görülmektedir.

Tablo 4.66 2020 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri (°C)

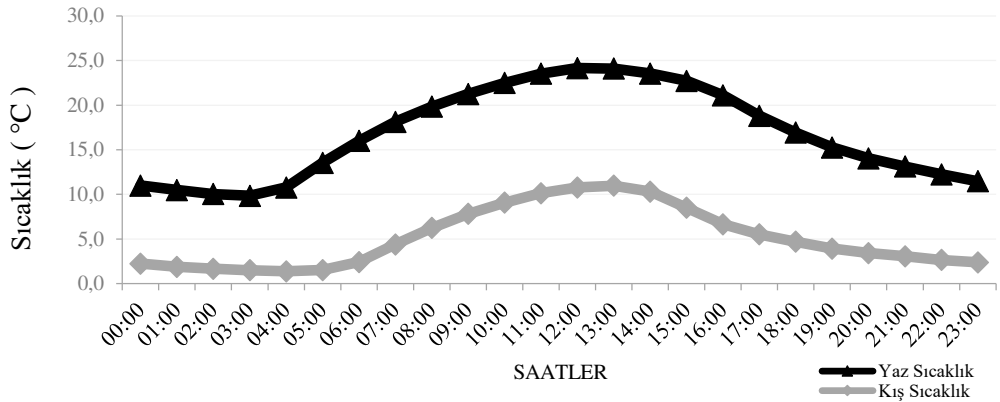
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık	0,47	2,1	6,9	8,6	14,1	17,5	21,3	20,3	19,2	14,5	4,3	2,6



Şekil 4.78 2020 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri Değişimi

Tablo 4.67 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri (°C)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz Sıcaklık	11,0	10,5	10,1	9,9	10,8	13,5	16,0	18,1	19,8	21,3	22,5	23,5
Kış Sıcaklık	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,5	2,4	4,4	6,2	7,8	9,1	10,1
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz Sıcaklık	24,2	24,1	23,5	22,7	21,1	18,8	16,9	15,3	14,0	13,1	12,2	11,5
Kış Sıcaklık	10,8	11,0	10,3	8,5	6,7	5,5	4,7	3,9	3,4	3,1	2,7	2,4



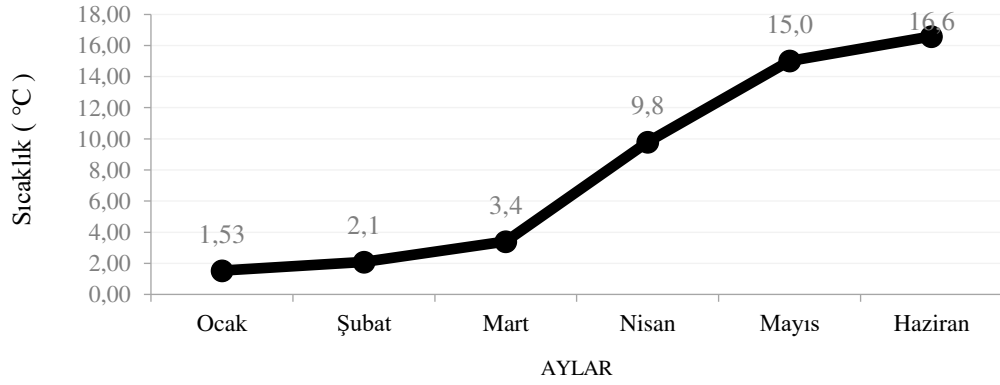
Şekil 4.79 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri Değişimi

2020 yılının aylık sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu ayın 21,3°C ile Temmuz ayı olduğu Tablo 4.66 ve Şekil 4.78’den anlaşıldığı, Tablo 4.67 ve Şekil 4.79

incelenerek saatlik olarak değerlendirildiğinde ise yaz aylarında ortalama 24,2°C en sıcak saatin 12.00, kış aylarında ise ortalama 11,0°C ile yine 13.00 saati olduğu görülmektedir.

Tablo 4.68 2021 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri (°C)

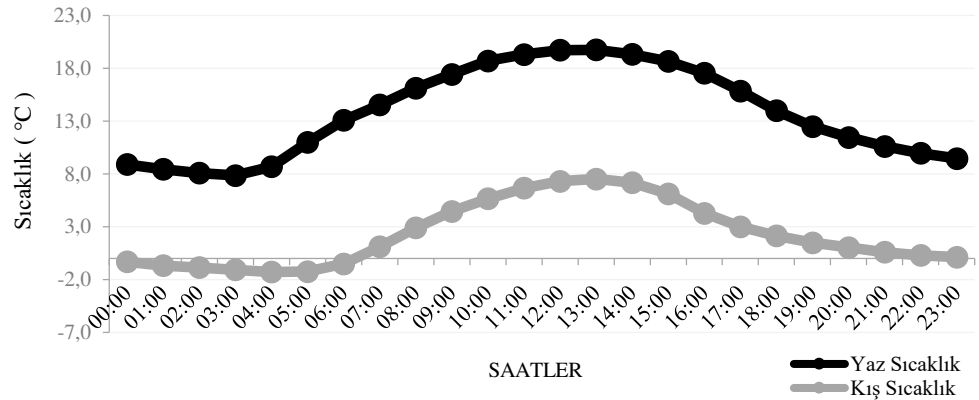
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık	1,53	2,1	3,4	9,8	15,0	16,6						



Şekil 4.80. 2021 Yılı Aylık Sıcaklık Değerleri Değişimi

Tablo 4.69 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri (°C)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz Sıcaklık	8,9	8,4	8,1	7,9	8,7	11,0	13,1	14,5	16,1	17,4	18,7	19,3
Kış Sıcaklık	-0,3	-0,7	-0,8	-1,1	-1,3	-1,2	-0,5	1,1	2,9	4,5	5,7	6,7
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz Sıcaklık	19,7	19,7	19,3	18,7	17,5	15,9	14,0	12,5	11,5	10,6	10,0	9,5
Kış Sıcaklık	7,3	7,5	7,2	60,1	4,3	3,0	2,2	1,5	1,0	0,6	0,3	0,1



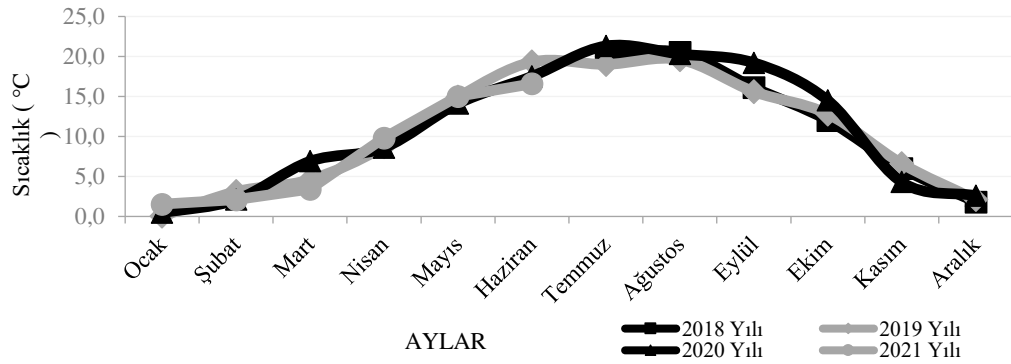
Şekil 4.81 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri Değişimi

2021 yılının aylık sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu ayın 16,6°C ile Haziran ayı olduğu Tablo 4.68 ve Şekil 4.80’den anlaşıldığı, Tablo 4.69 ve Şekil 4.81 incelenerek saatlik olarak değerlendirildiğinde ise yaz aylarında ortalama 19,7°C ile en sıcak saatin 12.00 – 13.00, kış aylarında ise ortalama 7,5 °C ile yine 13.00 saati olduğu, en soğuk saatin ise -1,3 °C ile gece 04.00’de gerçekleştiği görülmektedir.

Sıcaklık değerlerinin 2018, 2019, 2020 ve 2021 yıllarında aylık ve saatlik değerleri aşağıdaki tablo ve şekillerde karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.70 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Sıcaklık Değerleri (°C)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018							20,1	20,5	16,1	12,0	6,0	1,8
2019	0,02	3,1	4,6	8,7	14,9	19,3	19,0	19,6	15,6	12,8	6,6	2,1
2020	0,47	2,1	6,9	8,6	14,1	17,5	21,3	20,3	19,2	14,5	4,3	2,6
2021	1,53	2,1	3,4	9,8	15,0	16,6						



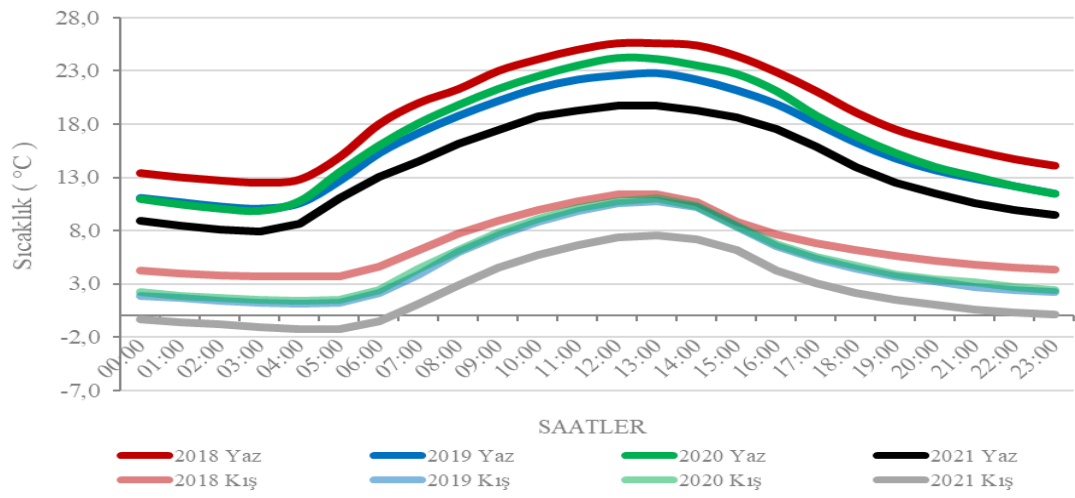
Şekil 4.82 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Sıcaklık Değerleri Değişimi

Tablo 4.71 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri (°C)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
2018 Yaz Sıcaklık	13,4	13,0	12,7	12,5	12,8	14,9	18,0	20,0	21,6	23,0	24,1	25,0
2019 Yaz Sıcaklık	11,1	10,7	10,3	10,1	10,6	12,7	15,3	17,2	18,8	20,2	21,4	22,2
2020 Yaz Sıcaklık	11,0	10,5	10,1	9,9	10,8	13,5	16,0	18,1	19,8	21,3	22,5	23,5
2021 Yaz Sıcaklık	8,9	8,4	8,1	7,9	8,7	11,0	13,1	14,5	16,1	17,4	18,7	19,3
2018 Kış Sıcaklık	4,2	4,0	3,8	3,7	3,7	3,7	4,6	6,2	7,7	8,9	9,9	10,8
2019 Kış Sıcaklık	1,9	1,7	1,4	1,2	1,1	1,2	2,1	3,9	6,0	7,5	8,8	9,8
2020 Kış Sıcaklık	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,5	2,4	4,4	6,2	7,8	9,1	10,1
2021 Kış Sıcaklık	-0,3	-0,7	-0,8	-1,1	-1,3	-1,2	-0,5	1,1	2,9	4,5	5,7	6,7

Tablo 4.71'in devamı

	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
2018 Yaz Sıcaklık	25,6	25,6	25,4	24,4	22,9	21,1	19,1	17,5	16,4	15,5	14,7	14,1
2019 Yaz Sıcaklık	22,6	22,8	22,2	21,2	19,9	18,1	16,3	14,8	13,7	12,9	12,2	11,5
2020 Yaz Sıcaklık	24,2	24,1	23,5	22,7	21,1	18,8	16,9	15,3	14,0	13,1	12,2	11,5
2021 Yaz Sıcaklık	19,7	19,7	19,3	18,7	17,5	15,9	14,0	12,5	11,5	10,6	10,0	9,5
2018 Kış Sıcaklık	11,4	11,4	10,7	8,8	7,6	6,8	6,2	5,6	5,2	4,8	4,5	4,3
2019 Kış Sıcaklık	10,6	10,8	10,2	8,4	6,5	5,3	4,4	3,7	3,2	2,7	2,4	2,2
2020 Kış Sıcaklık	10,8	11,0	10,3	8,5	6,7	5,5	4,7	3,9	3,4	3,1	2,7	2,4
2021 Kış Sıcaklık	7,3	7,5	7,2	6,1	4,3	3,0	2,2	1,5	1,0	0,6	0,3	0,1



Şekil 4.83 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik Sıcaklık Değerleri Değişimi

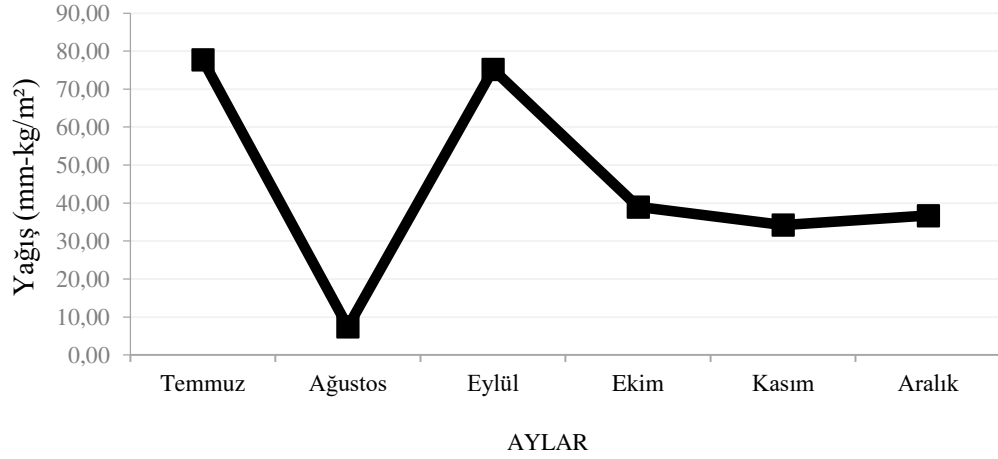
Tablo 4.70 ile Şekil 4.82 beraber değerlendirildiğinde, aylık ortalama sıcaklık değerlerinin 2021 yılı yaz döneminde diğer yıllardan biraz yüksek, kış döneminde ise tüm yılların birbirine yakın değerlerde seyrettiği gözlemlenmiştir. Yaz ve kış aylarında en yüksek ortalama saatlik değerlerinin ise 2018 yılında diğer yıllardan bir miktar yüksek derecede gerçekleştiği Tablo 4.71 ile Şekil 4.83'ten anlaşılmaktadır.

4.2.4.2. Yağış

Tezin konusunun inceleme aralığı olan Temmuz 2018 – Haziran 2021 tarihleri arasında Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmış Kastamonu şehir merkezine ait m^2 'ye düşen yağış miktarları aşağıdaki tablo ve şekillerde aylık ve saatlik olarak incelenmiştir.

Tablo 4.72 2018 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm-kg/m²)

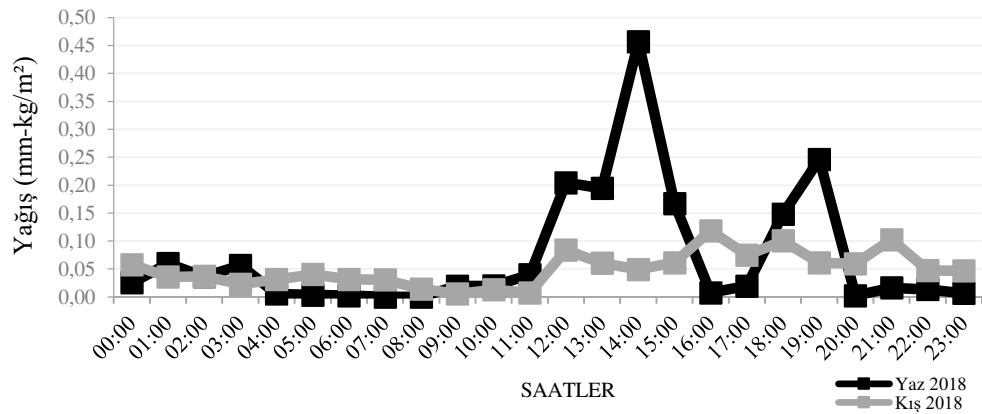
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yağış Miktarı	77,70	7,40	75,20	39,00	34,20	36,70



Şekil 4.84 2018 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları Değişimi

Tablo 4.73 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları (mm-kg/m²)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz	0,03	0,06	0,04	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,04
Kış	0,06	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz	0,20	0,19	0,46	0,17	0,01	0,02	0,15	0,25	0,00	0,02	0,01	0,01
Kış	0,08	0,06	0,05	0,06	0,12	0,07	0,10	0,06	0,06	0,10	0,05	0,05

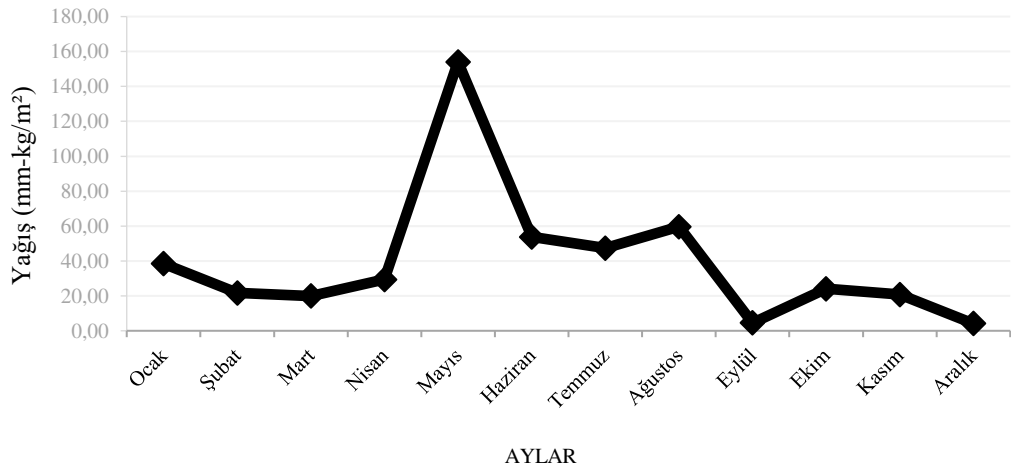


Şekil 4.85 2018 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları Değişimi

Tablo 4.72 ve Şekil 4.84 incelendiğinde 2018 yılında en fazla yağışın kış aylarından çok yaz ayları olan Temmuz ve Eylül aylarında gerçekleştiği, en çok ortalama yağış alınan saatlerin ise yaz aylarında öğle ve akşam saatlerinde, kış aylarında ise gündüz 12.00 ile 21.00 arasındaki zaman dilimi olduğu Tablo 4.73 ve Şekil 4.85’den anlaşılmaktadır.

Tablo 4.74 2019 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm-kg/m²)

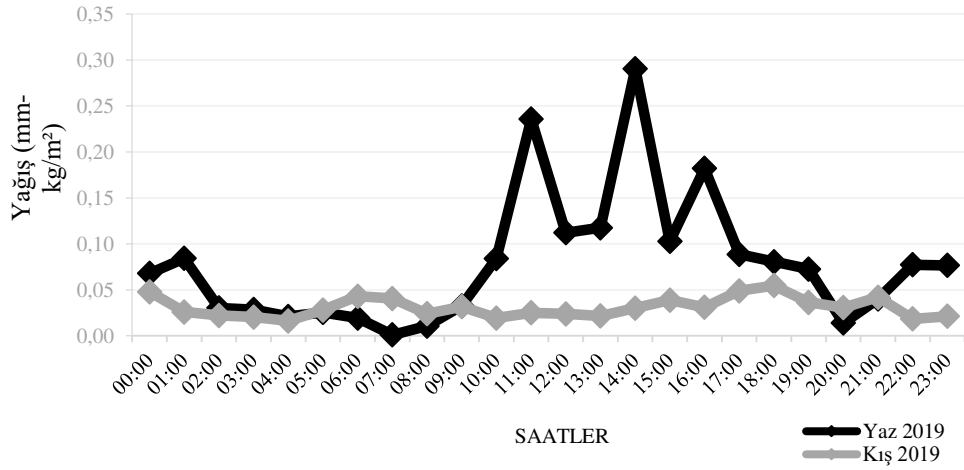
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yağış	38,50	21,70	20,00	29,40	154,0	53,80	47,40	59,70	4,60	24,10	20,80	4,20



Şekil 4.86 2019 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları Değişimi

Tablo 4.75 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları (mm-kg/m²)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz	0,07	0,08	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,00	0,01	0,03	0,08	0,24
Kış	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz	0,11	0,12	0,29	0,10	0,18	0,09	0,08	0,07	0,01	0,04	0,08	0,08
Kış	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02	0,02

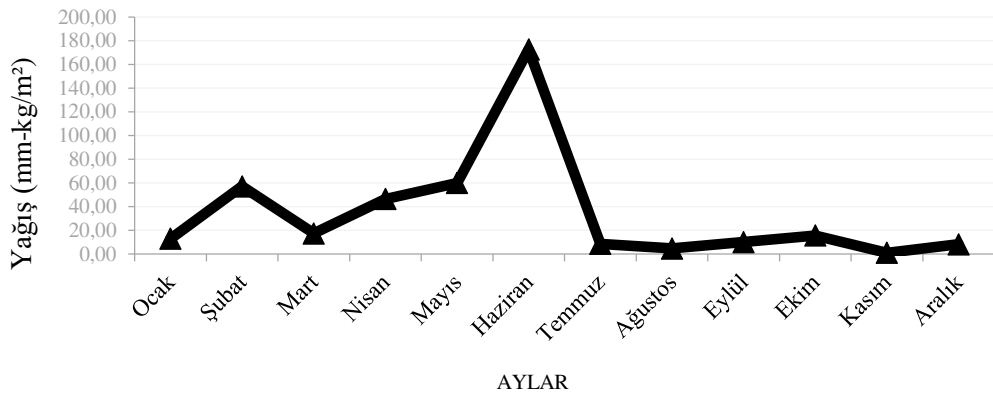


Şekil 4.87 2019 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları Değişimi

Tablo 4.74 ve Şekil 4.86 incelendiğinde 2019 yılında en fazla yağışın kış aylarından çok yaz ayları olan Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleştiği, en çok ortalama yağış alınan saatlerin ise yaz aylarında öğle ve akşam saatlerinde, kış aylarında ise gece 01.00 – 05.00 saatleri dışındaki zaman diliminde genel itibariyle birbirine yakın miktarlarda yağış olduğu Tablo 4.75 ve Şekil 4.87’den anlaşılmaktadır.

Tablo 4.76 2020 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm-kg/m²)

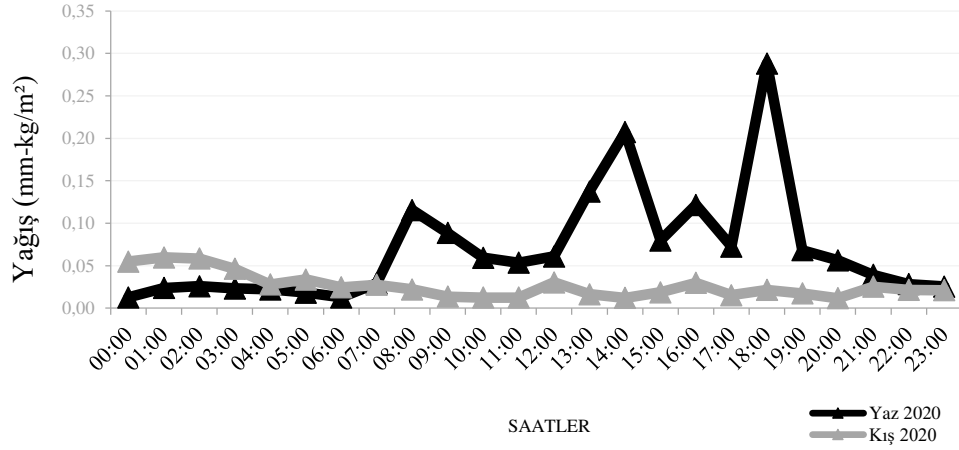
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yağış	13,00	57,20	17,50	46,50	60,00	172,60	8,70	4,70	10,20	15,20	1,10	8,20



Şekil 4.88. 2020 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları Değişimi

Tablo 4.77 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları (mm-kg/m²)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,12	0,09	0,06	0,05
Kış	0,05	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz	0,06	0,14	0,21	0,08	0,12	0,07	0,29	0,07	0,06	0,04	0,03	0,03
Kış	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02

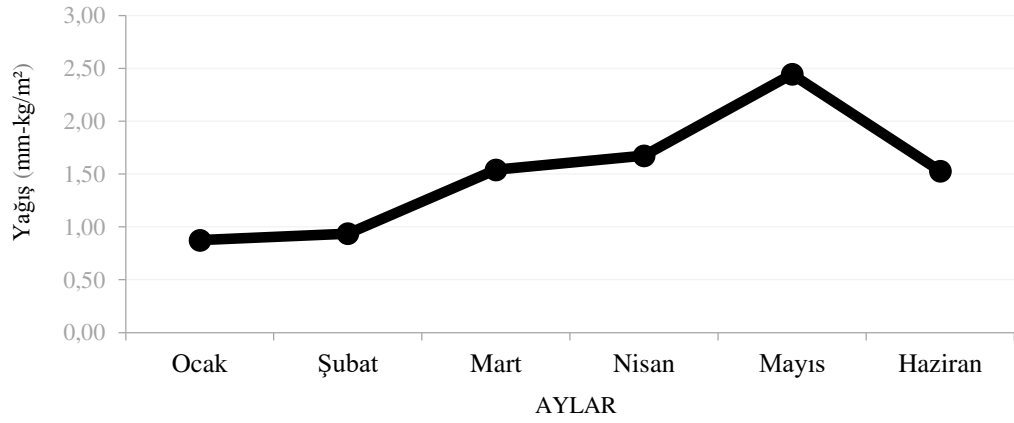


Şekil 4.89 2020 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları Değişimi

Tablo 4.76 ve Şekil 4.88 incelendiğinde 2020 yılında en fazla yağışın Ocak-Haziran arası aylarda gerçekleştiği, hatta yıl içerisinde en fazla yağış alınan ayın Haziran ayı olduğu, en çok ortalama yağış alınan saatlerin ise yaz aylarında öğle ve akşam saatlerinde, kış aylarında ise gece 00.00 – 05.00 saatleri dışındaki zaman diliminde genel itibariyle birbirine yakın miktarlarda yağış olduğu Tablo 4.77 ve Şekil 4.89'dan anlaşılmaktadır.

Tablo 4.78 2021 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm-kg/m²)

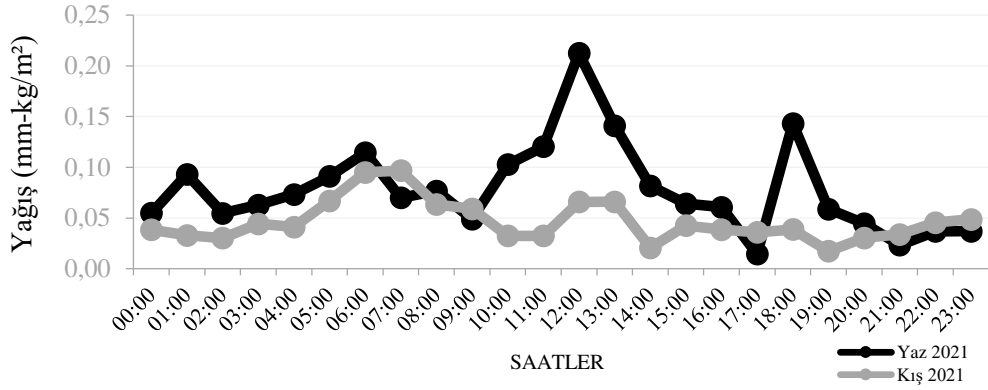
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yağış	0,87	0,94	1,54	1,67	2,44	1,53						



Şekil 4.90 2021 Yılı Aylık Toplam Yağış Miktarları Değişimi

Tablo 4.79. 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları (mm-kg/m²)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
Yaz	0,05	0,09	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,07	0,08	0,05	0,1	0,12
Kış	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,07	0,1	0,1	0,06	0,06	0,03	0,03
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
Yaz	0,21	0,14	0,08	0,06	0,06	0,01	0,14	0,06	0,04	0,02	0,04	0,04
Kış	0,07	0,07	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05

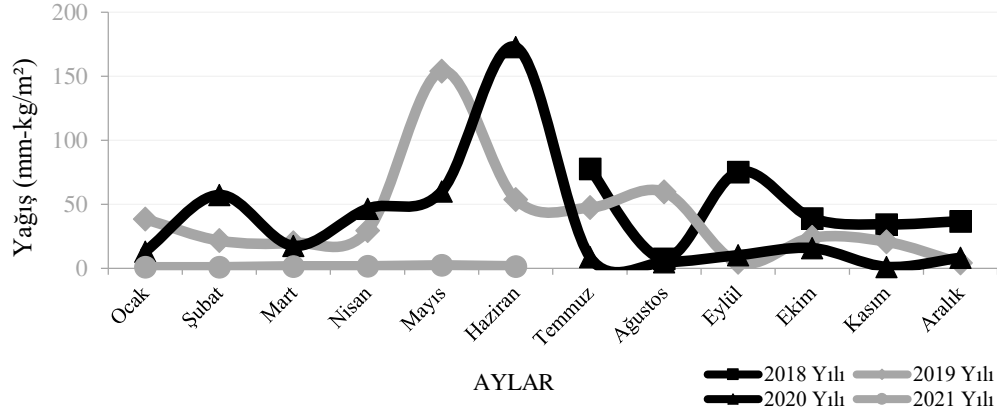


Şekil 4.91 2021 Yılı Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları Değişimi

Tablo 4.78 ve Şekil 4.90 incelendiğinde 2021 yılında en fazla yağışın Mayıs ayında gerçekleştiği, en çok ortalama yağış alınan saatlerin ise yaz aylarında öğle ve akşam saatlerinde, kış aylarında ise gece 04.00 – 09.00 ile 11.00 – 14.00 saatleri dışındaki zaman diliminde genel itibariyle birbirine yakın miktarlarda yağış olduğu Tablo 4.79 ve Şekil 4.91’den anlaşılmaktadır.

Tablo 4.80 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Toplam Yağış Miktarları (mm-kg/m²)

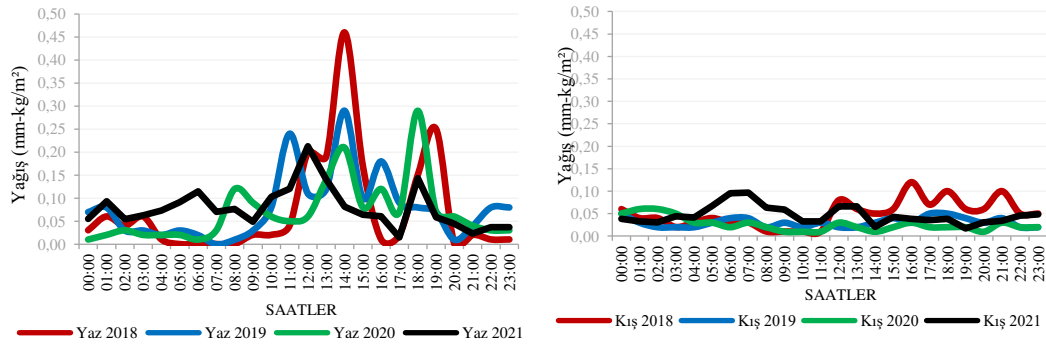
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018							77,70	7,40	75,20	39,00	34,20	36,70
2019	38,50	21,70	20,00	29,40	154,0	53,80	47,40	59,70	4,60	24,10	20,80	4,20
2020	13,00	57,20	17,50	46,50	60,00	172,6	8,70	4,70	10,20	15,70	1,10	8,20
2021	0,87	0,94	1,54	1,67	2,44	1,53						



Şekil 4.92 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Toplam Yağış Miktarları Değişimi

Tablo 4.81 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları (mm-kg/m²)

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
2018 Yaz Yağış	0,03	0,06	0,04	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,04
2019 Yaz Yağış	0,07	0,08	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,00	0,01	0,03	0,08	0,24
2020 Yaz Yağış	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,12	0,09	0,06	0,05
2021 Yaz Yağış	0,05	0,09	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,07	0,08	0,05	0,1	0,12
2018 Kış Yağış	0,06	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
2019 Kış Yağış	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03
2020 Kış Yağış	0,05	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03
2021 Kış Yağış	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,07	0,1	0,1	0,06	0,06	0,03	0,03
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
2018 Yaz Yağış	0,20	0,19	0,46	0,17	0,01	0,02	0,15	0,25	0,00	0,02	0,01	0,01
2019 Yaz Yağış	0,11	0,12	0,29	0,10	0,18	0,09	0,08	0,07	0,01	0,04	0,08	0,08
2020 Yaz Yağış	0,06	0,14	0,21	0,08	0,12	0,07	0,29	0,07	0,06	0,04	0,03	0,03
2021 Yaz Yağış	0,21	0,14	0,08	0,06	0,06	0,01	0,14	0,06	0,04	0,02	0,04	0,04
2018 Kış Yağış	0,08	0,06	0,05	0,06	0,12	0,07	0,10	0,06	0,06	0,10	0,05	0,05
2019 Kış Yağış	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02
2020 Kış Yağış	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02
2021 Kış Yağış	0,07	0,07	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05



Şekil 4.93 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz – Kış Saatlik Yağış Miktarları Değişimi

Aylık verile yıllar itibariyle karşılaştırıldığında, endüşük yağışın 2021 yılının ilk altı ayında gerçekleştiği, en yüksek yağışın Haziran 2020 ile Mayıs 2019 gerçekleştiği Tablo 4.80 ve Şekil 4.92’den anlaşılmaktadır. Saatlik olarak bakıldığında yaz aylarında genel itibariyle gündüz zaman dilimi olan saat 08.00 – 20.00 aralığında, kış aylarında ise 2019 ve 2020 yıllarındaki tüm saatlerdeki yağış miktarının birbirine yakın miktarda, 2018 yılında 12.00 – 21.00 2021 yılında 05.00 – 13.00 saatleri arasında gerçekleştiği Tablo 4.81 ve Şekil 4.93’ten görülmektedir.

4.2.4.3. Rüzgâr

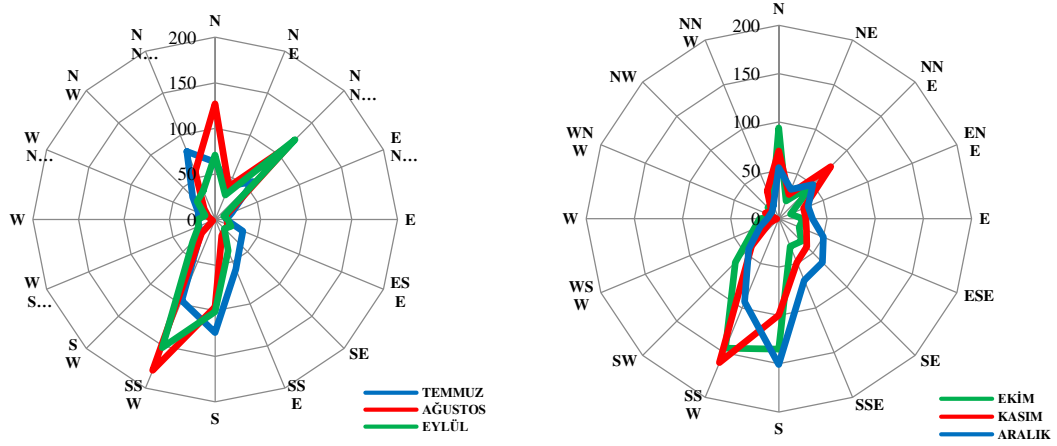
Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınmış Kastamonu şehir merkezine ait hâkim rüzgâr yönleri ve hızları ile esme sayıları aşağıdaki tablo ve şekillerde aylık ve saatlik olarak incelenmiştir.

Tablo 4.82 2018 Yılı Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)

	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Rüzgâr Hızı	1,5	1,7	1,5	0,9	1,1	1,2

Tablo 4.83 2018 Yılı Rüzgâr Esme Sayılarının Aylara Göre Dağılımı

	N	NE	NN E	EN E	E	ES E	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WN W	NW	NNW
Temmuz	63	40	59	20	12	33	39	59	124	96	23	19	19	20	35	81
Ağustos	127	39	115	13	13	15	15	19	96	179	21	3	4	8	17	57
Eylül	71	29	124	10	14	19	14	37	101	152	35	20	19	12	28	34
Ekim	94	20	50	13	25	23	33	31	135	145	64	28	20	7	16	18
Kasım	70	27	76	28	28	31	41	49	100	161	40	10	2	15	11	31
Aralık	53	33	50	33	35	50	64	69	151	93	44	21	12	10	10	15



Şekil 4.94 2018 Yılı Aylık Hâkim Rüzgâr Yönleri

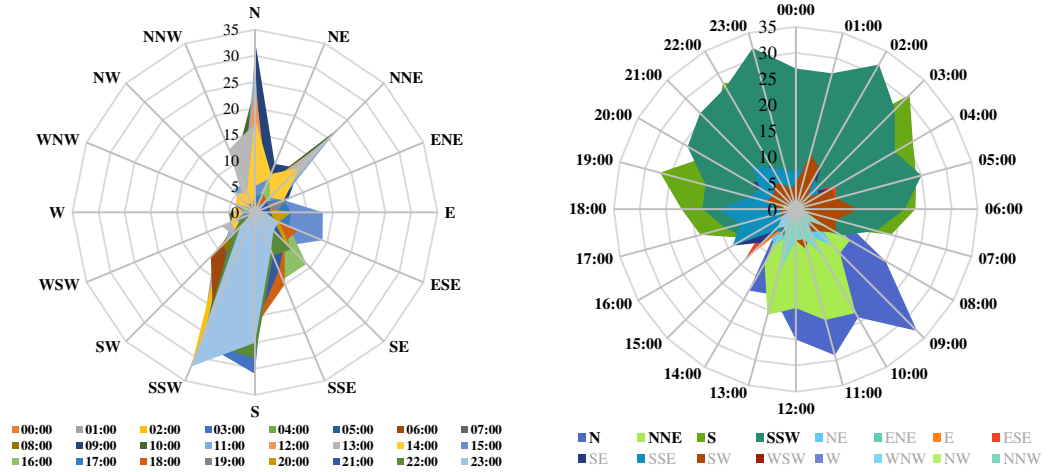
2018 yılındaki aylar itibariyle hâkim rüzgâr yönünün SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible), N (Kuzey - Yıldız) ve NNE (Yıldız - Poyraz) yönlerinde estiği Tablo 4.82, Tablo 4.83 ile Şekil 4.94’den anlaşılmaktadır.

Tablo 4.84 2018 Yılı Kış Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
N	3	1	4	2	4	0	2	10	20	33	24	29
NE	0	2	1	2	0	0	2	4	5	10	6	4
NNE	2	4	1	5	5	5	2	7	12	12	23	22
ENE	1	1	0	1	0	2	5	2	2	7	3	5
E	4	5	3	3	1	5	2	5	3	0	1	1
ESE	4	2	3	5	9	8	6	1	4	0	1	1
SE	7	7	10	5	8	4	7	6	1	1	0	0
SSE	7	9	7	6	5	5	6	3	2	2	0	0
S	25	22	17	31	26	24	23	19	7	2	1	2
SSW	27	27	32	27	22	25	21	16	10	5	4	1
SW	5	11	9	3	8	8	12	8	9	6	5	8
WSW	3	1	1	0	1	2	2	0	4	2	5	5
W	1	0	1	1	1	0	0	6	0	4	5	0
WNW	0	0	0	1	2	0	0	0	3	1	2	2
NW	1	0	0	0	0	1	1	0	2	4	2	6
NNW	0	0	2	0	0	2	1	2	7	3	10	6

Tablo 4.84'ün devamı

	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
N	25	17	18	5	2	3	1	1	5	2	1	5
NE	6	5	8	7	7	4	4	2	1	0	0	0
NNE	19	21	12	4	4	3	3	2	1	3	1	3
ENE	3	4	6	6	4	6	3	7	2	3	0	1
E	4	3	4	13	5	7	1	4	7	3	2	2
ESE	0	1	2	14	7	7	9	5	5	4	1	5
SE	1	0	3	9	14	9	8	5	10	8	10	5
SSE	0	0	5	6	14	11	15	9	8	12	9	8
S	4	3	3	3	11	19	22	27	20	22	28	25
SSW	3	2	2	5	11	14	18	48	24	26	27	32
SW	6	6	5	3	3	3	3	6	5	6	6	4
WSW	6	7	5	4	1	1	1	0	2	2	3	1
W	2	0	4	2	2	3	0	0	0	1	1	0
WNW	3	4	4	5	3	1	0	0	0	0	0	1
NW	4	3	5	1	1	0	2	3	1	0	0	0
NNW	6	13	4	1	1	0	2	1	1	0	2	0



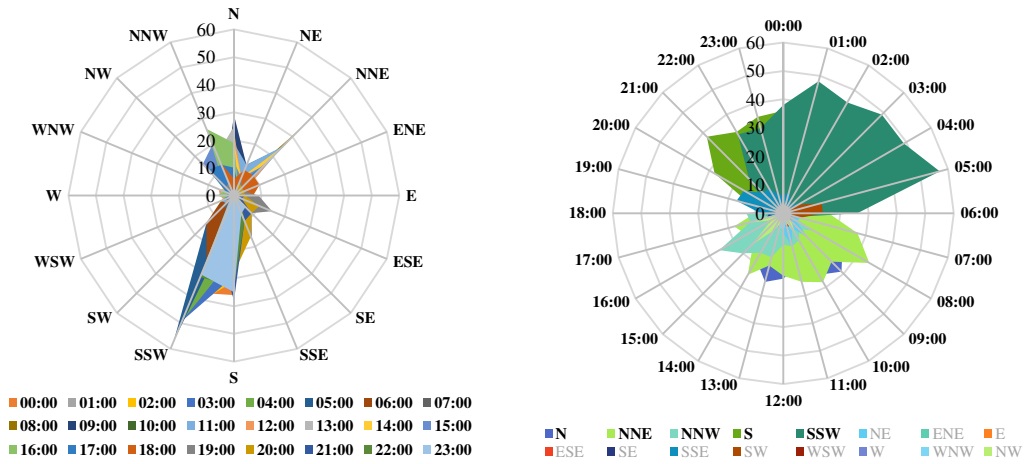
Şekil 4.95 2018 Yılı Kış Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri

Tablo 4.85 2018 Yılı Yaz Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
N	0	3	0	0	0	1	8	27	24	29	25	19
NE	1	0	1	0	0	2	3	7	5	12	6	12
NNE	1	1	1	1	1	2	16	27	35	24	28	25
ENE	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2	4
E	0	0	0	0	1	1	0	1	0	2	0	0
ESE	4	3	2	3	4	2	1	2	0	1	2	0
SE	2	1	2	3	1	0	1	1	0	1	0	0
SSE	6	8	5	4	8	4	1	1	1	0	0	0
S	36	21	31	29	22	8	8	1	1	0	0	0
SSW	38	48	45	49	49	57	26	5	3	2	0	2
SW	3	3	3	2	6	14	14	6	2	5	1	4
WSW	0	1	0	0	0	0	5	1	3	2	5	5
W	1	1	0	0	0	0	3	1	2	0	1	2
WNW	0	0	0	0	0	0	2	3	1	1	2	4
NW	0	0	1	0	0	0	2	4	2	4	9	3
NNW	0	0	0	1	0	1	2	3	12	8	11	12

Tablo 4.85 'in devamı

	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
N	23	25	19	12	19	10	6	1	1	4	2	3
NE	7	4	7	7	4	4	10	7	5	2	1	1
NNE	22	19	25	15	15	18	10	4	4	1	2	1
ENE	4	2	2	1	2	2	10	4	4	1	0	1
E	0	1	0	2	1	3	7	9	4	4	2	1
ESE	0	1	0	1	1	3	6	15	10	3	2	1
SE	1	0	0	4	3	6	2	9	9	9	4	6
SSE	0	3	1	1	1	3	8	17	16	10	10	7
S	3	1	1	0	0	5	8	12	28	38	33	35
SSW	0	1	2	2	1	1	3	5	8	17	32	31
SW	3	2	1	1	1	2	0	0	1	1	2	2
WSW	4	3	2	2	3	5	1	0	0	0	0	0
W	5	5	5	6	6	2	2	0	0	0	0	0
WNW	6	5	4	2	4	3	2	0	1	0	0	0
NW	3	4	7	16	5	13	1	4	0	0	1	1
NNW	11	15	16	20	26	12	13	5	1	1	0	1



Şekil 4.96 2018 Yılı Yaz Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri

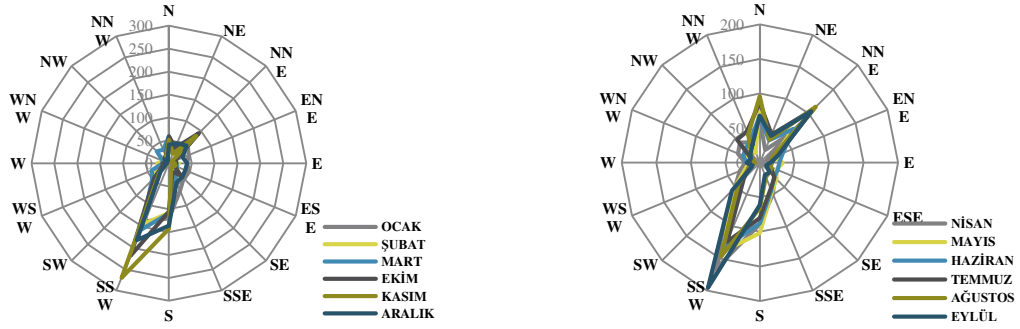
2018 yılındaki yaz ve kış aylarındaki saatlik hâkim rüzgârların SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible), N (Kuzey - Yıldız) ve NNE (Yıldız - Poyraz) yönlerinde estiği, kış aylarında geceleri SSW (Kible - Lodos), sabah saatlerinde ise N (Kuzey - Yıldız) yönünde estiği, yaz aylarında ise geceleri SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible) sabah saatlerinde ise NNE (Yıldız - Poyraz) estiği tablo ve şekillerden anlaşılmaktadır.

Tablo 4.86 2019 Yılı Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Rüzgâr Hızı	1,1	1,4	1,7	1,5	1,3	1,3	1,6	1,6	1,2	0,9	0,9	0,9

Tablo 4.87 2019 Yılı Rüzgâr Esme Sayılarının Aylara Göre Dağılımı

	N	NE	NN E	EN E	E	ES E	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WN W	NW	NNW
Ocak	46	48	58	47	40	48	46	64	120	137	48	20	4	5	5	7
Şubat	56	22	82	10	22	20	28	42	108	143	50	23	25	12	12	17
Mart	59	31	84	15	17	19	25	38	109	156	52	40	13	14	37	32
Nisan	63	20	54	11	12	16	30	49	89	166	51	31	21	34	41	32
Mayıs	88	37	68	22	33	26	34	45	102	139	52	22	16	22	19	16
Haziran	68	35	69	36	28	28	29	43	88	132	41	12	19	26	29	36
Temmuz	87	44	110	27	17	17	30	41	80	124	33	17	9	12	47	49
Ağustos	96	36	114	19	16	18	20	22	66	147	44	16	7	10	18	44
Eylül	68	42	105	29	15	10	20	19	61	196	57	11	19	14	19	28
Ekim	59	37	93	15	16	12	37	20	105	218	45	15	14	6	13	17
Kasım	51	22	84	4	13	15	10	13	143	270	29	5	2	2	10	15
Aralık	41	47	55	33	40	39	42	45	136	181	25	7	4	6	12	6

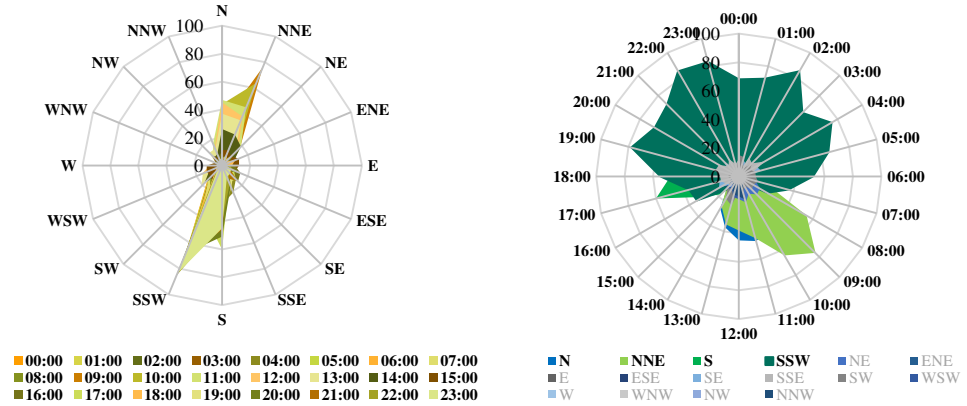


Şekil 4.97. 2019 Yılı Aylık Hâkim Rüzgâr Yönleri

2019 yılındaki aylar itibariyle hâkim rüzgâr yönünün kış aylarında (Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım, Aralık) SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible) ve NNE (Yıldız - Poyraz) yönlerinde, yaz aylarında (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül) ise SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible), NNE (Yıldız - Poyraz) ve N(Kuzey - Yıldız) yönlerinden estiği Tablo 4.87 ve Şekil 4.97’den anlaşılmaktadır.

Tablo 4.88 2019 Yılı Kış Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlara Göre Dağılımı

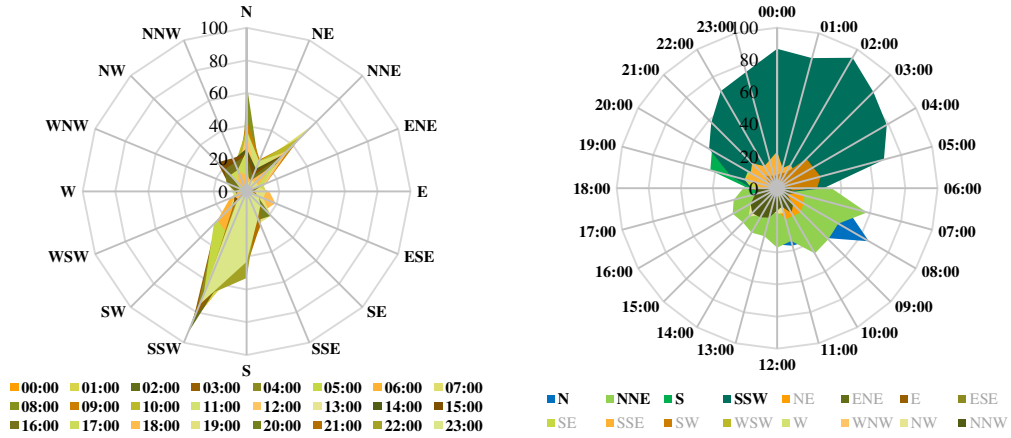
	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
N	3	1	5	3	2	2	0	8	18	30	44	47
NE	6	5	4	5	7	4	7	20	55	76	64	45
NNE	3	3	6	3	3	4	4	12	17	18	14	19
ENE	1	4	3	2	4	5	8	11	9	4	6	3
E	2	7	7	10	10	9	10	9	9	1	5	1
ESE	8	12	6	12	6	10	8	3	4	2	0	4
SE	8	12	10	9	14	16	7	4	1	0	3	1
SSE	12	6	15	13	21	10	12	8	1	4	1	0
S	43	39	32	42	28	42	51	36	9	5	5	1
SSW	68	71	85	63	75	65	52	36	23	7	7	7
SW	15	14	6	13	9	12	12	14	12	13	8	12
WSW	1	4	1	2	1	2	4	4	2	6	6	5
W	4	0	0	0	0	0	0	1	1	2	5	7
WNW	1	0	0	1	0	0	0	1	3	4	5	3
NW	2	3	1	1	1	0	0	1	3	6	2	9
NNW	0	1	0	0	0	0	0	0	7	3	5	17
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
N	45	37	26	11	10	5	3	2	3	4	1	2
NE	38	35	24	12	4	8	8	4	5	7	5	8
NNE	16	13	19	9	11	4	4	10	5	4	3	3
ENE	4	5	9	13	6	5	10	2	3	3	2	2
E	3	4	9	12	9	5	7	4	3	4	5	3
ESE	1	1	3	10	14	9	4	4	11	6	8	7
SE	0	3	6	8	16	14	8	11	7	16	6	8
SSE	3	1	5	8	10	13	13	17	16	10	14	9
S	3	5	5	18	29	60	48	37	51	46	41	45
SSW	9	6	7	14	34	36	55	78	68	71	85	83
SW	11	21	18	11	6	6	8	6	6	5	6	5
WSW	16	15	10	12	4	5	4	1	2	2	0	1
W	9	4	8	11	4	1	0	0	1	1	2	1
WNW	1	5	4	5	6	2	3	0	0	0	1	0
NW	9	13	8	10	5	3	2	2	1	3	1	3
NNW	14	13	9	6	7	5	3	3	0	0	0	1



Şekil 4.98 2019 Yılı Kış Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri

Tablo 4.89 2019 Yılı Yaz Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
N	1	1	5	4	7	14	30	44	66	44	38	37
NE	0	3	3	2	4	8	4	17	19	21	20	20
NNE	2	3	1	2	5	17	34	58	44	45	47	34
ENE	1	2	0	1	3	4	6	3	3	13	8	10
E	2	3	1	4	1	2	4	6	4	2	5	0
ESE	4	4	7	1	4	3	3	0	3	1	0	3
SE	8	11	8	5	7	4	1	0	2	0	0	0
SSE	23	13	17	15	9	5	1	1	2	0	0	5
S	39	41	30	33	20	6	6	3	7	4	4	2
SSW	87	84	94	85	79	69	29	9	4	5	6	2
SW	8	10	11	26	26	28	25	7	3	8	7	14
WSW	2	2	1	0	5	5	11	6	8	8	8	8
W	0	1	0	0	1	3	5	7	4	5	8	9
WNW	0	0	0	0	6	2	8	4	4	7	5	11
NW	1	1	1	1	0	4	5	5	3	6	9	16
NNW	1	0	0	0	2	5	8	12	7	14	18	12
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
N	35	22	26	23	22	25	10	5	2	2	3	4
NE	14	14	15	13	10	4	7	7	4	3	0	2
NNE	37	31	32	30	32	28	21	8	0	2	5	2
ENE	13	11	6	8	8	11	7	8	12	5	0	1
E	8	10	6	4	8	12	14	12	4	5	1	3
ESE	1	2	2	3	4	9	19	11	7	7	9	8
SE	1	5	4	2	5	8	16	21	21	12	10	12
SSE	2	3	2	2	7	7	9	21	19	22	16	18
S	6	1	2	5	10	17	18	43	47	46	53	43
SSW	7	8	13	10	7	8	16	30	49	58	70	75
SW	10	15	13	11	6	6	7	3	6	11	9	8
WSW	3	5	6	8	3	4	8	3	2	2	0	1
W	7	8	7	4	7	7	5	2	0	0	0	1
WNW	9	14	9	12	13	4	2	1	4	1	2	0
NW	16	15	19	25	19	14	7	3	2	0	1	0
NNW	14	19	21	22	19	14	13	1	0	2	0	1



Şekil 4.99 2019 Yılı Yaz Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri

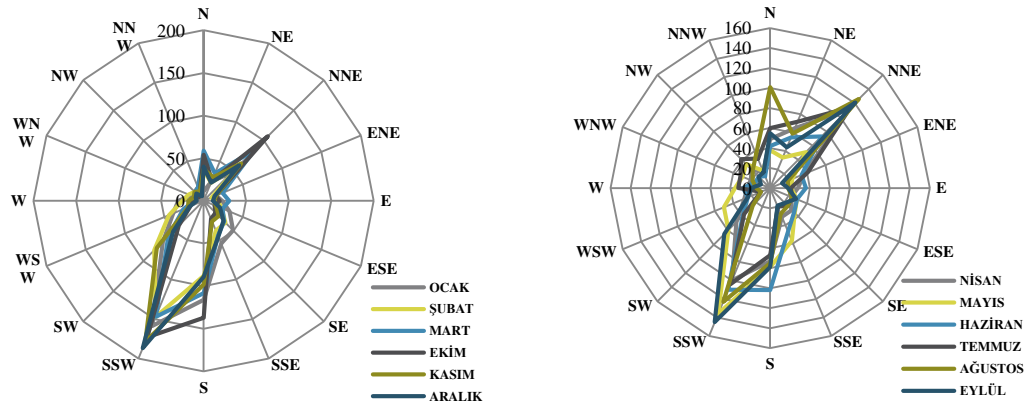
2019 yılındaki yaz ve kış aylarındaki saatlik hâkim rüzgârların SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible), N (Kuzey - Yıldız) ve NNE (Yıldız - Poyraz) yönlerinde estiği, kış aylarında geceleri SSW (Kible - Lodos), sabah saatlerinde NNE (Yıldız - Poyraz), öğlen saatleri N (Kuzey - Yıldız) ve akşama doğru ise S (Güney - Kible) yönünde estiği, yaz aylarında ise geceleri SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible) sabah saatlerinde N (Kuzey - Yıldız) ve diğer gündüz zaman diliminde ise NNE (Yıldız - Poyraz) yönünde estiği tablo ve şekillerden anlaşılmaktadır.

Tablo 4.90 2020 Yılı Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Rüzgâr Hızı	1,0	1,3	1,2	1,6	1,3	1,1	1,5	1,5	1,4	1,0	1,0	0,8

Tablo 4.91 2020 Yılı Rüzgâr Esme Sayılarının Aylara Göre Dağılımı

	N	NE	NN E	EN E	E	ES E	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WN W	NW	NNW
Ocak	11	25	46	16	22	33	49	54	116	159	68	39	30	16	15	17
Şubat	36	23	59	10	17	23	36	38	88	147	82	44	25	19	15	11
Mart	59	35	84	24	30	24	34	44	108	147	59	26	11	12	14	17
Nisan	49	65	111	37	28	23	31	31	73	100	48	28	23	21	26	18
Mayıs	38	33	51	24	21	29	35	57	79	136	59	50	35	30	34	19
Haziran	42	55	73	34	36	29	34	47	102	110	39	24	27	16	16	13
Temmuz	60	72	114	41	21	24	25	20	67	104	37	10	32	32	41	32
Ağustos	101	59	126	19	18	24	25	28	75	123	25	10	14	19	25	37
Eylül	55	44	121	13	18	28	21	19	79	145	65	24	19	10	16	17
Ekim	54	26	107	15	19	14	20	23	137	173	41	17	15	9	7	12
Kasım	37	30	62	16	12	16	25	26	98	179	78	20	18	12	15	12
Aralık	40	23	59	14	11	21	33	45	89	187	51	18	8	10	12	6



Şekil 4.100 2020 Yılı Aylık Hâkim Rüzgâr Yönleri

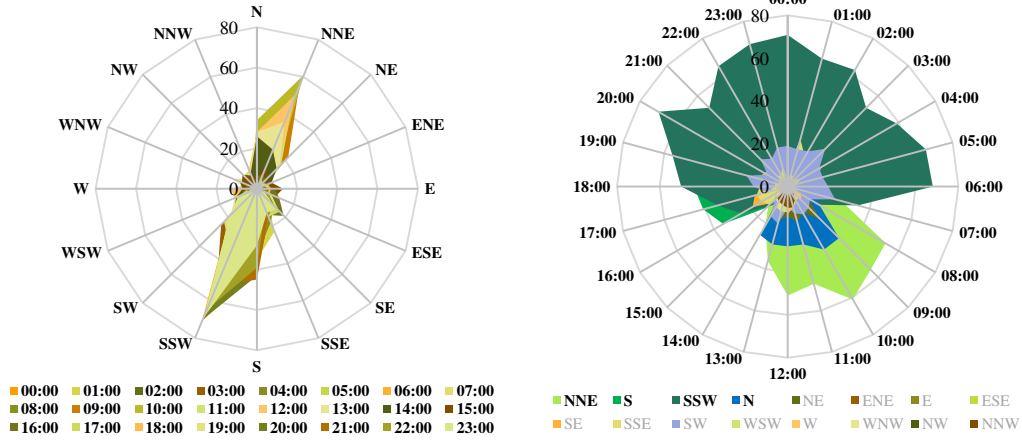
2020 yılındaki aylar itibariyle hâkim rüzgâr yönünün kış aylarında (Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım, Aralık) SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible) ve NNE (Yıldız - Poyraz) yönlerinde, yaz aylarında (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül) ise SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible), NNE (Yıldız - Poyraz) ve N(Kuzey - Yıldız) yönlerinden estiği Tablo 4.91 ve Şekil 4.100'den anlaşılmaktadır.

Tablo 4.92 2020 Yılı Kış Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
N	1	1	1	2	2	0	3	12	17	34	34	28
NE	1	0	3	6	2	4	5	8	11	22	14	17
NNE	3	4	1	3	4	5	2	26	53	55	61	47
ENE	0	2	3	2	3	5	1	2	5	4	6	6
E	2	3	3	3	3	4	5	6	1	4	1	1
ESE	5	5	7	3	7	9	6	5	2	0	1	4
SE	11	8	12	8	12	12	1	2	0	1	3	0
SSE	9	23	16	14	18	15	12	3	3	0	3	1
S	40	35	40	43	33	31	35	25	6	3	4	4
SSW	71	62	63	52	59	67	68	34	17	11	9	10
SW	19	18	19	25	17	17	19	23	12	14	15	13
WSW	3	6	5	4	8	4	2	2	7	7	8	10
W	0	2	0	5	4	0	2	3	7	9	5	10
WNW	0	2	3	1	0	0	1	2	3	5	3	7
NW	4	1	1	2	2	1	1	3	4	3	7	9
NNW	1	2	0	1	1	0	0	1	3	4	6	10

Tablo 4.92'nin devamı

	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
N	28	28	26	5	6	0	2	2	1	0	3	1
NE	14	16	14	7	6	4	1	3	1	1	0	2
NNE	51	36	21	13	8	6	3	2	3	4	3	3
ENE	4	4	8	8	5	6	6	6	4	2	1	2
E	4	11	6	13	9	5	7	5	6	3	4	2
ESE	1	1	8	10	12	8	7	8	6	5	7	4
SE	2	3	5	11	19	16	8	14	13	11	10	14
SSE	0	0	3	12	14	15	13	9	8	15	11	13
S	4	3	8	14	35	41	44	33	43	45	39	28
SSW	15	11	9	13	25	34	50	56	70	52	65	69
SW	10	18	16	9	6	10	16	20	11	18	15	19
WSW	12	12	11	6	8	10	6	6	4	7	6	10
W	13	5	7	7	6	4	5	1	6	1	3	2
WNW	5	13	9	8	5	3	1	3	0	2	1	1
NW	5	7	4	10	0	3	1	2	1	2	3	2
NNW	10	9	8	7	2	3	2	4	0	0	1	0



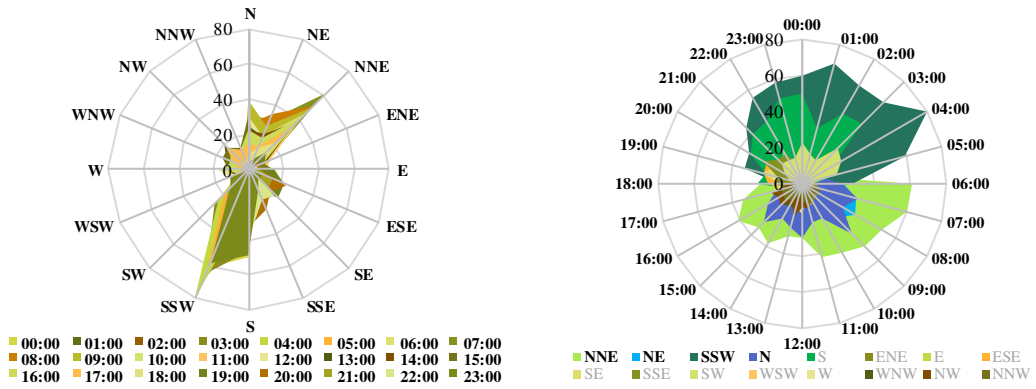
Şekil 4.101 2020 Yılı Kış Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri

Tablo 4.93 2020 Yılı Yaz Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
N	1	1	0	1	3	13	22	32	26	39	22	22
NE	5	4	2	1	2	18	23	31	34	27	21	20
NNE	2	2	2	4	7	14	61	60	51	49	44	42
ENE	1	4	4	1	3	5	8	9	11	10	12	13
E	5	1	0	2	1	7	4	5	5	4	8	10
ESE	3	10	4	3	4	2	2	1	1	3	4	2
SE	6	11	11	9	3	1	0	0	1	2	3	1
SSE	10	16	13	12	12	1	2	0	0	3	2	2
S	50	32	45	47	19	19	6	4	2	4	3	3
SSW	60	69	63	64	80	59	28	8	3	3	5	7
SW	23	17	15	28	25	20	5	7	7	5	7	7
WSW	3	3	10	3	8	3	5	2	9	4	12	13
W	1	5	7	0	3	3	2	6	6	5	9	8
WNW	2	2	2	2	2	2	3	3	6	9	7	6
NW	0	1	0	0	1	3	3	4	8	8	10	14
NNW	1	1	1	1	1	4	2	9	12	7	12	12

Tablo 4.93'ün devamı

	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
N	30	25	22	30	22	15	9	3	3	3	0	1
NE	21	21	22	12	19	14	13	6	1	4	3	4
NNE	30	30	38	34	41	34	23	14	6	5	2	1
ENE	8	11	11	10	10	6	6	9	7	3	5	1
E	12	7	7	5	2	8	16	15	6	6	5	1
ESE	3	3	6	2	3	12	19	22	23	15	2	8
SE	1	3	0	4	2	15	13	23	18	15	21	8
SSE	1	2	4	4	4	9	15	14	25	19	19	13
S	2	6	6	6	5	9	25	21	33	39	40	49
SSW	6	8	5	4	4	5	13	33	34	44	55	58
SW	10	6	5	5	8	6	3	7	11	16	15	15
WSW	11	6	8	6	7	5	2	6	5	2	2	11
W	17	13	13	12	14	5	8	3	3	3	2	2
WNW	9	14	14	16	11	9	3	1	2	0	2	1
NW	13	19	11	17	15	18	7	1	3	1	1	0
NNW	9	6	10	13	12	12	4	1	0	0	3	3



Şekil 4.102 2020 Yılı Yaz Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri

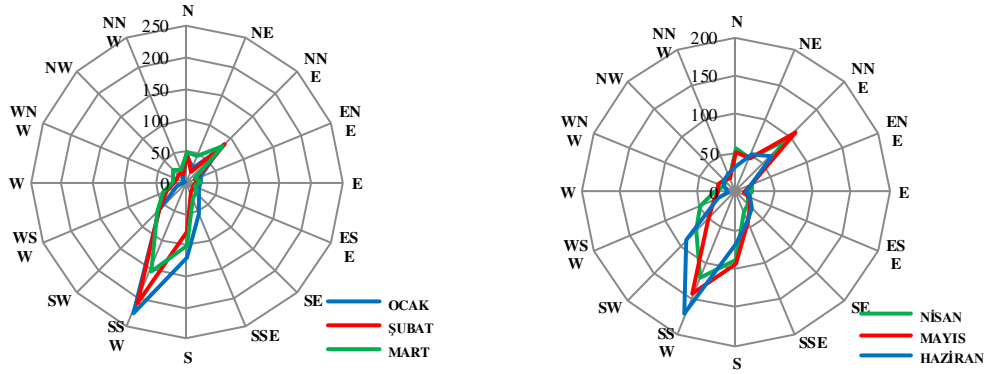
2020 yılındaki yaz ve kış aylarındaki saatlik hâkim rüzgârların SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible) ve NNE (Yıldız - Poyraz) yönlerinde estiği, kış aylarında geceleri SSW (Kible - Lodos), sabah saatlerinde NNE (Yıldız - Poyraz) ve akşama doğru ise S (Güney - Kible) yönünde estiği, yaz aylarında ise geceleri SSW (Kible - Lodos) ve gündüz zaman diliminde ise NNE (Yıldız - Poyraz) yönünde estiği tablo ve şekillerden anlaşılmaktadır.

Tablo 4.94 2021 Yılı Aylara Göre Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Rüzgâr Hızı	1,3	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4

Tablo 4.95 2021 Yılı Rüzgâr Esme Sayılarının Aylara Göre Dağılımı

	N	NE	NNE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Ocak	44	27	72	26	23	22	29	54	119	225	61	16	4	4	6	12
Şubat	48	20	87	13	15	11	13	16	78	208	62	33	18	17	18	15
Mart	50	46	84	16	23	15	23	26	100	152	67	39	23	23	30	22
Nisan	56	46	92	22	20	17	23	28	88	121	71	51	27	17	19	22
Mayıs	51	46	110	19	11	21	25	43	95	145	52	30	24	25	22	20
Haziran	33	53	66	20	14	19	30	41	69	172	90	24	11	16	22	25



Şekil 4.103 2021 Yılı Aylık Hâkim Rüzgâr Yönleri

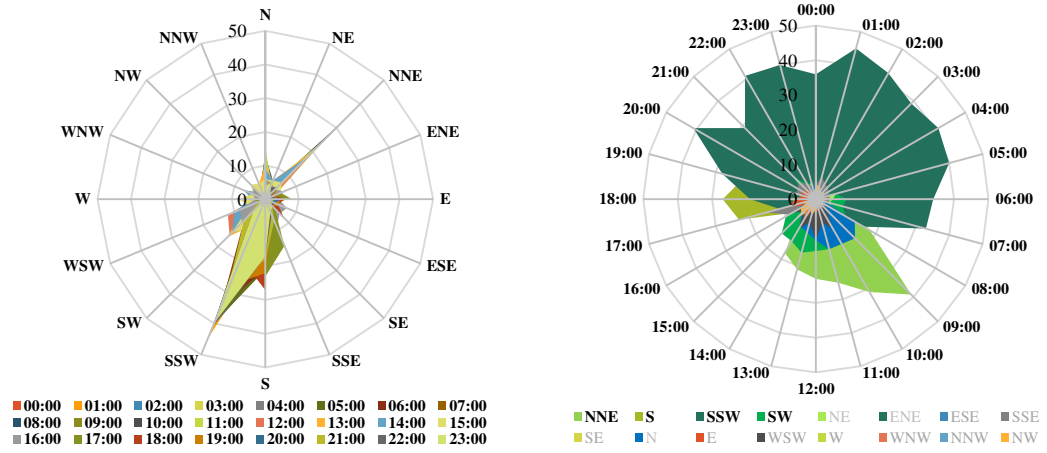
2021 yılındaki aylar itibariyle hâkim rüzgâr yönünün kış aylarında (Ocak, Şubat, Mart) SSW (Kible - Lodos), S (Güney - Kible) ve NNE (Yıldız - Poyraz) yönlerinde, yaz aylarında (Nisan, Mayıs, Haziran) ise SSW (Kible - Lodos), SW (Güneybatı – Lodos), S (Güney - Kible) ve NNE (Yıldız - Poyraz) yönlerinden estiği Tablo 4.95 ve Şekil 4.103'den anlaşılmaktadır.

Tablo 4.96 2021 Yılı Kış Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlara Göre Dağılımı

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
N	4	2	4	3	0	4	0	3	13	16	15	15
NE	3	3	1	1	0	6	5	4	6	2	4	5
NNE	4	1	3	3	7	1	4	11	18	39	31	25
ENE	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3
E	2	2	2	5	1	2	0	0	1	1	0	0
ESE	5	1	0	4	5	0	2	0	2	0	0	0
SE	2	3	3	3	3	2	4	2	2	3	0	0
SSE	4	7	5	5	4	4	4	4	1	0	0	0
S	17	15	12	18	20	21	21	17	5	0	1	2
SSW	36	45	42	39	41	40	34	33	16	3	5	7
SW	2	2	4	3	3	6	9	8	10	12	12	15
WSW	2	0	3	1	1	2	2	2	3	4	10	7
W	0	0	0	1	1	1	3	1	5	2	2	2
WNW	1	1	1	0	1	0	0	1	1	3	3	3
NW	4	4	3	1	0	0	0	2	2	3	2	2
NNW	1	1	4	2	2	0	1	1	4	1	3	3

Tablo 4.96'nın devamı

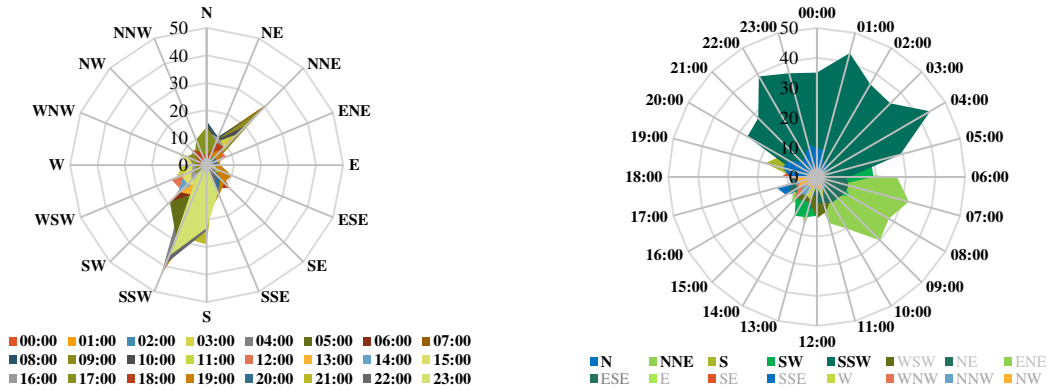
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
N	12	10	9	6	6	4	4	0	2	4	2	4
NE	3	6	6	6	5	4	2	2	4	6	4	5
NNE	23	21	18	7	4	2	4	5	3	2	5	2
ENE	3	2	1	5	6	5	3	3	2	2	2	2
E	2	2	3	4	4	8	6	4	5	3	3	1
ESE	1	0	0	4	7	2	4	5	3	2	0	1
SE	1	0	3	2	6	4	8	3	3	3	2	3
SSE	0	1	1	3	9	15	1	6	6	7	5	4
S	0	2	0	2	8	23	27	22	12	18	17	17
SSW	5	8	9	9	4	11	19	28	41	29	41	40
SW	15	16	14	14	10	2	4	5	5	9	5	5
WSW	12	7	10	5	8	2	2	1	1	2	0	1
W	3	2	4	8	3	4	1	0	0	0	1	1
WNW	4	3	7	4	4	1	2	1	2	1	0	0
NW	3	5	3	6	5	2	2	0	0	1	2	2
NNW	2	5	2	5	1	1	1	5	1	1	1	1



Şekil 4.104 2021 Yılı Kış Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri

Tablo 4.97 2021 Yılı Yaz Ayları Rüzgâr Esme Sayılarının Saatlere Göre Dağılımı

	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
N	1	2	1	0	3	2	9	8	16	15	15	9
NE	1	3	4	2	5	4	10	11	11	10	10	9
NNE	5	2	1	5	4	6	27	32	28	30	20	16
ENE	1	0	1	0	2	5	0	2	2	4	1	3
E	1	1	0	3	2	3	1	1	0	1	3	2
ESE	1	4	2	2	1	3	1	0	0	0	0	1
SE	6	4	3	5	1	4	0	2	0	0	0	0
SSE	10	9	4	7	3	1	2	0	0	0	0	3
S	23	16	22	20	11	8	1	2	3	3	2	2
SSW	35	43	36	35	44	29	11	7	5	3	6	2
SW	6	4	11	7	11	19	19	9	13	8	8	12
WSW	0	0	2	2	1	1	4	5	4	9	9	12
W	0	0	0	0	1	0	1	4	0	1	4	9
WNW	0	0	1	0	0	1	1	3	3	0	3	2
NW	0	0	1	1	1	1	2	0	2	2	4	5
NNW	0	0	1	0	0	1	1	3	2	4	5	4
	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00
N	8	4	9	6	12	14	3	0	0	1	0	2
NE	9	5	4	6	11	9	9	5	3	4	0	0
NNE	7	17	10	12	9	7	9	8	4	2	4	3
ENE	8	1	4	2	5	2	5	5	4	1	2	1
E	3	1	0	2	1	0	4	5	4	2	2	3
ESE	3	1	1	0	2	4	5	10	3	6	3	4
SE	0	4	3	3	1	4	12	9	7	4	5	1
SSE	0	3	3	1	5	3	9	12	11	7	8	11
S	5	3	4	3	3	5	8	18	14	29	24	23
SSW	8	12	5	8	4	5	2	8	27	28	39	36
SW	13	14	15	10	8	5	4	1	5	3	3	5
WSW	14	9	9	10	6	5	0	2	1	0	0	0
W	3	8	7	6	5	4	4	3	1	1	0	0
WNW	3	3	4	11	7	8	3	0	1	1	0	0
NW	3	3	6	3	7	6	8	2	2	1	0	1
NNW	4	3	7	8	5	10	5	1	3	0	0	0



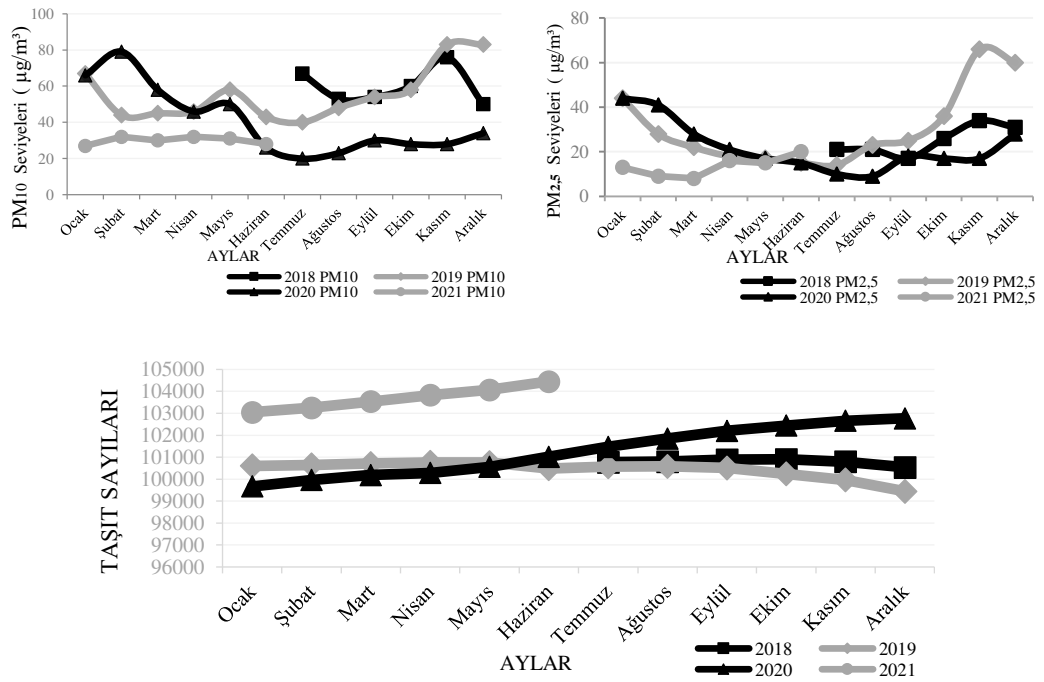
Şekil 4.105 2021 Yılı Yaz Ayları Saatlik Hâkim Rüzgâr Yönleri

2021 yılındaki yaz ve kış aylarındaki saatlik hâkim rüzgârların SSW (Kıble - Lodos), S (Güney - Kıble), SW(Güneybatı – Lodos) ve NNE (Yıldız - Poyraz) yönlerinde estiği, kış aylarında geceleri SSW (Kıble - Lodos), sabah saatlerinde NNE (Yıldız - Poyraz), öğlen saatleri SW(Güneybatı – Lodos) ve akşama doğru ise S (Güney - Kıble) yönünde estiği, yaz aylarında ise geceleri SSW (Kıble - Lodos), S (Güney - Kıble) sabah saatlerinde NNE (Yıldız - Poyraz) ve diğer gündüz zaman diliminde ise SW(Güneybatı – Lodos), N (Kuzey - Yıldız) ve NNE (Yıldız - Poyraz) yönlerinde estiği tablo ve şekillerden anlaşılmaktadır.

5. BULGULAR

Önceki bölümlerde Tablo ve Şekillerle verilmiş olan PM₁₀, PM_{2,5}, NO, NO₂, NO_x ve CO değerlerindeki değişimine taşıt ve konut sayısının, doğalgaz kullanımındaki değişiklik ile meteorolojik faktörlerin etkileri aşağıda ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

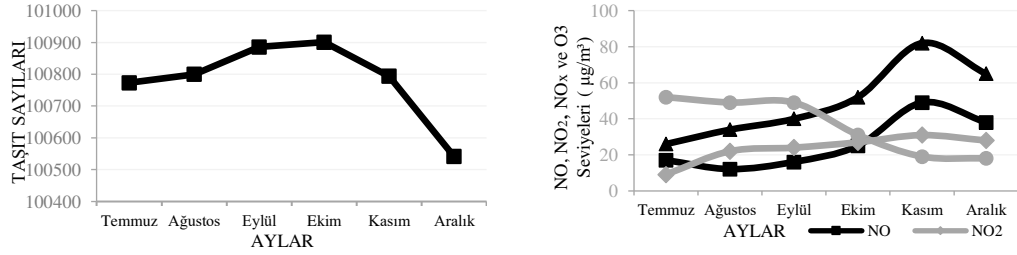
5.1. Trafikteki Taşıt Verilerinin Hava Kalitesine Etkileri



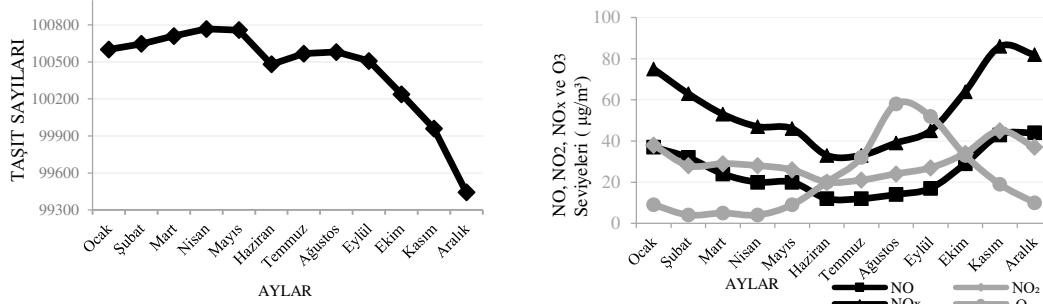
Şekil 5.106 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

Trafik taşıt sayılarındaki değişimin PM₁₀ ve PM_{2,5} değerleri ile karşılaştırıldığında 2018 yılındaki taşıt sayılarının Ekim ayına kadar yükselerek sonrasında düşme eğiliminde olduğu, 2019 yılında ise devamlı araç sayısının azaldığı, diğer yıllarda ise devamlı artış gösterdiği Şekil 5.106'da anlaşılmaktadır. Partikül madde değerlerinin ise taşıt sayıları yükselirken tersine düşüşe geçtiği, ancak Kasım ayı itibari ile taşıt sayıları ile aynı doğrultuda düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir. 2019 yılına bakıldığında taşıt sayılarının Ağustos ayından itibaren azaldığı, partikül madde değerlerinin ise aksine Kasım ayına kadar yükselerek bu aydan sonra bir miktar düşüş gösterdiği Şekil 5.106'dan görülmektedir. 2020 yılında ise taşıt sayıları

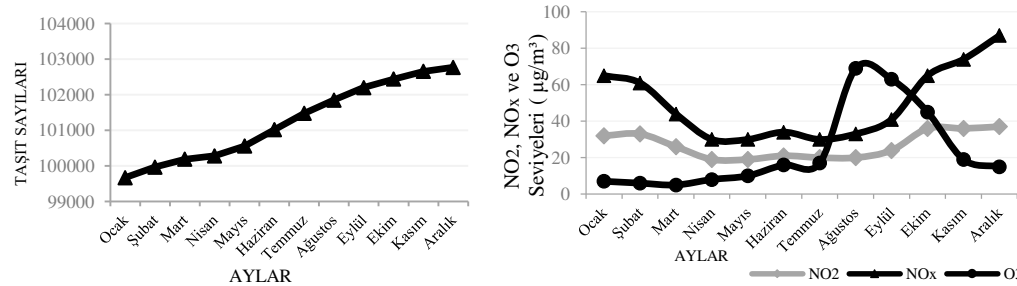
devamlı artarken PM_{10} değerlerinin tersine düşüş gösterdiği, 2021 yılında ise araç sayısındaki artışa rağmen PM_{10} değerlerinin fazla değişim göstermediği, keza $PM_{2,5}$ değerlerinin de araç sayılarındaki değişimle paralel hareket etmediği şekillerden anlaşılmaktadır. Bu şekillerden taşıt sayıları ile PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerindeki aylar itibari ile değişimlerin birbiri ile direk bağıntılı hareket etmediği, daha çok mevsimsel değişiklik gösterdiği, hatta taşıt sayısının en yüksek olduğu 2020 ve 2021 yılı PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin diğer yıllardan daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca trafikteki taşıtların ulaşım yolu olarak şehrin her iki tarafında bulunan çevre yolunu tercih etmesi trafikten kaynaklı hava kirliliğinde iyileşmeye yol açabilmektedir



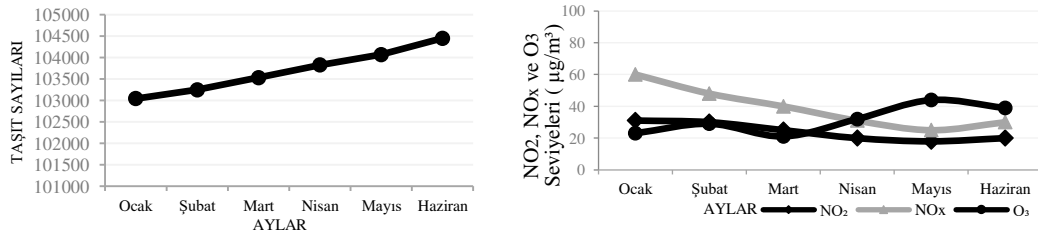
Şekil 5.107 2018 Yılı Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri



Şekil 5.108 2019 Yılı Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

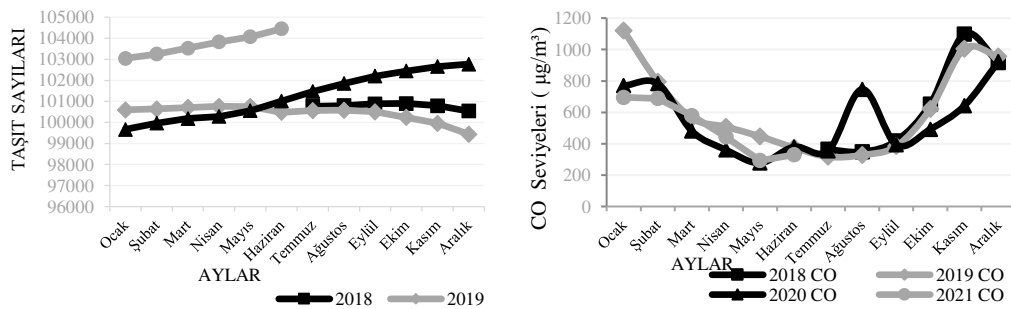


Şekil 5.109 2020 Yılı Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri



Şekil 5.110 2021 Yılı Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

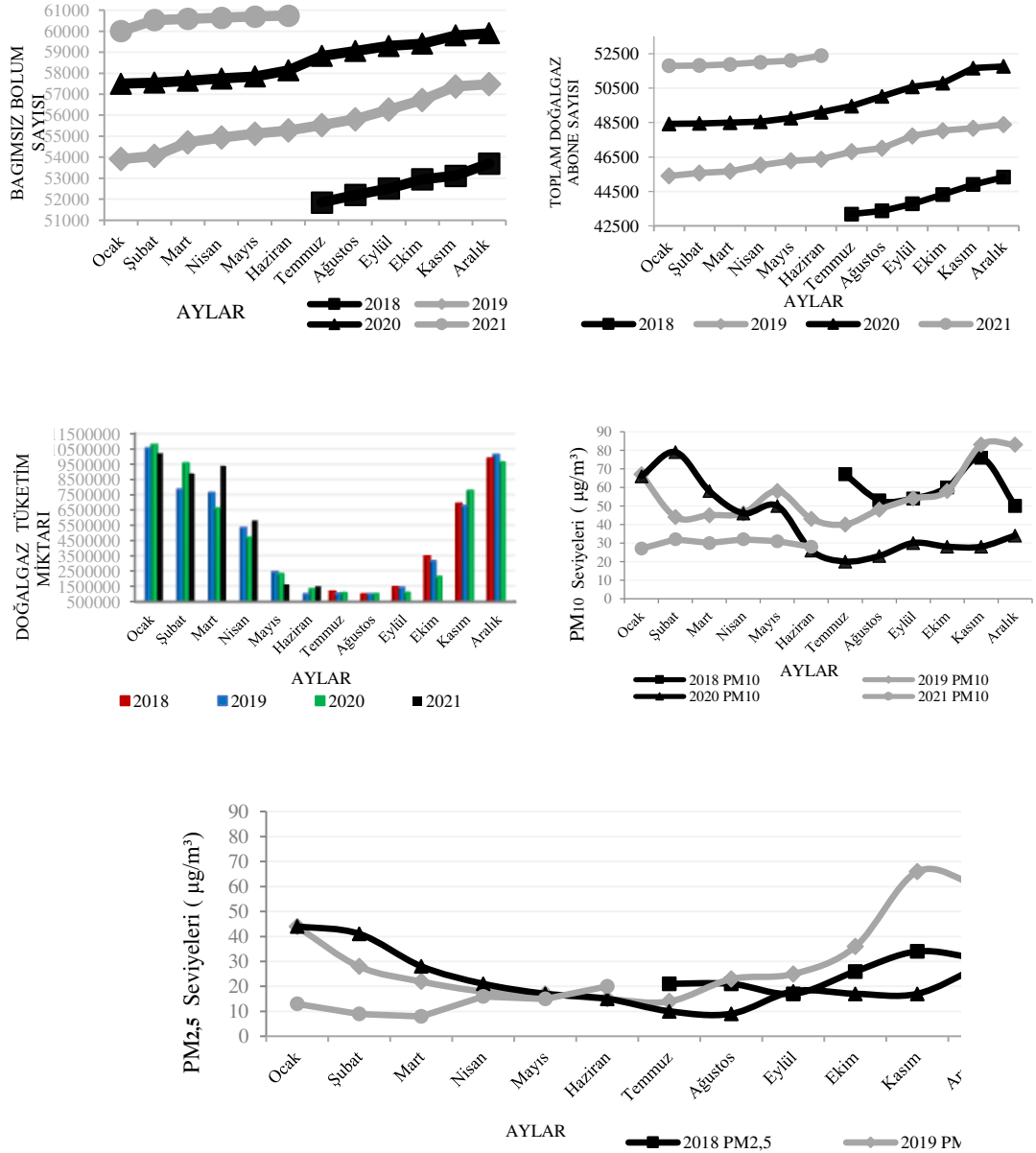
Trafik taşıt sayılarındaki değişimin NO, NO₂, NO_x ve O₃ değerleri ile karşılaştırıldığında 2018 yılındaki taşıt sayılarının Ekim ayına kadar yükselerek sonrasında düşme eğilimi gösterdiği Şekil 5.107'den anlaşılmaktadır. Azot oksit değerlerinin ise taşıt sayıları yükselirken aynı doğrultuda yükseliş eğiliminde olmadığı, hatta taşıt sayılarının düştüğü Ekim ve Kasım aylarında yükseldiği, Aralık ayında düştüğü görülmektedir. 2019 yılına ait verilerin gösterildiği Şekil 5.108'e bakıldığında taşıt sayılarının Ağustos ayından itibaren azaldığı, azot oksitlerin değerlerinin ise aksine Kasım ayına kadar yükselerek bu aydan sonra bir miktar düşüş gösterdiği, ozon değerlerinin ise azot oksitler ile tersi istikamette bir yön çizdiği görülmektedir. 2020 ve 2021 yıllarında taşıt sayıları devamlı artış gösterdiği azot oksit değerlerindeki değişimin ise bu artış ile aynı doğrultuda hareket etmediği Şekil 5.109 ve 5.110'dan görülmektedir. Bu şekillerden taşıt sayılarındaki değişimin azot oksit ve ozon değerlerine birinci derecede etkisinin olmadığı ve aylar itibari ile değişimlerin birbiri ile direk bağıntılı hareket etmediği, ayrıca azot oksit değerlerinin en yüksek konsantrasyonlara taşıt sayısının az olduğu 2018 ve 2019 yıllarında ulaştığı anlaşılmaktadır. Ayrıca trafikteki taşıtların ulaşım yolu olarak şehrin her iki tarafında bulunan çevre yolunu tercih etmesi trafikten kaynaklı hava kirliliğinde iyileşmeye yol açabilmektedir.



Şekil 5.111 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Motorlu Kara Taşıt Sayıları ile CO Değişimleri

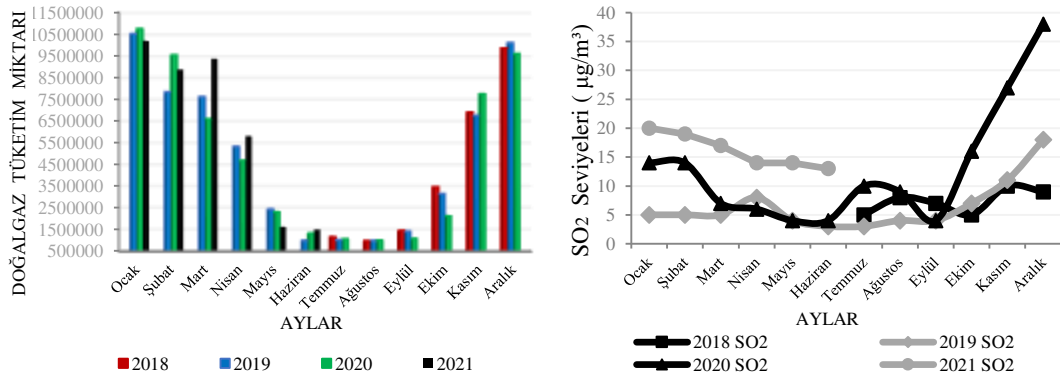
Yılların gösterildiği Şekil 5.111 değerlendirildiğinde karbon monoksit değerlerinin kış aylarında artış gösterdiği, yaz aylarında azaldığı, taşıt sayılarının 2018 ve 2019 yıllarında devamlı olarak azaldığı, 2020 ile 2021 yıllarında ise devamlı olarak artış gösterdiği görülmekte olup, değerlerin birbiri ile tersi yönde seyir izlediği, hatta en yüksek karbon monoksit konsantrasyonlarının taşıt sayısının en düşük olduğu aylarda olduğu gözlemlenmektedir. Karbon monoksit değerlerine taşıt sayılarının direk etkisinin olduğunu bu veriler ışığında söylemek biraz zordur.

5.2. Konut ve Yakıt Kullanımı Verilerinin Hava Kalitesine Etkileri



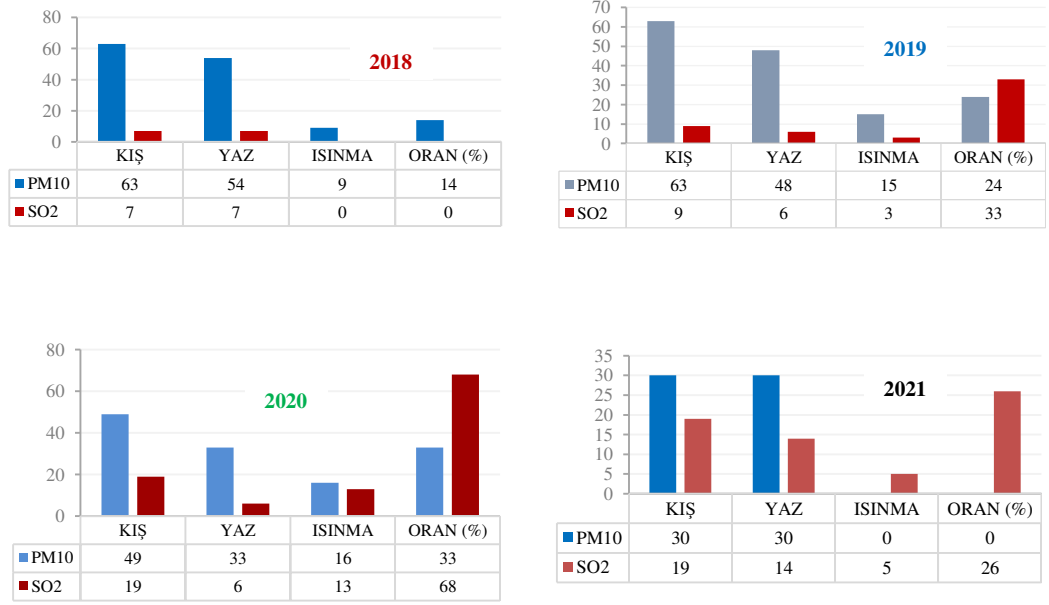
Şekil 5.112 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Bağımsız Bölüm, Doğalgaz Abone Sayıları ve Doğalgaz Tüketim Miktarları ile PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

Her dört yılda da bağımsız bölüm ve toplam doğal gaz abone sayıları aylar itibari ile devamlı artış göstermekte olup, ancak doğalgaz tüketim miktarları ise Eylül ayından itibaren artıp Ocak ayından sonra düştüğü, PM₁₀ ve PM_{2,5} değerlerinin de doğalgaz tüketimleri gibi genel itibariyle Ocak ayı ile düşüşe eğiliminde olup Temmuz-Ağustos ayından sonra tekrar yükseldiği Şekil 5.112'den gözlemlenmektedir. Bu veriler ışığında partikül maddelerdeki değişimlerin ısınmada kullanılan doğalgaz tüketimleri ile ilintili olduğu anlaşılmaktadır.



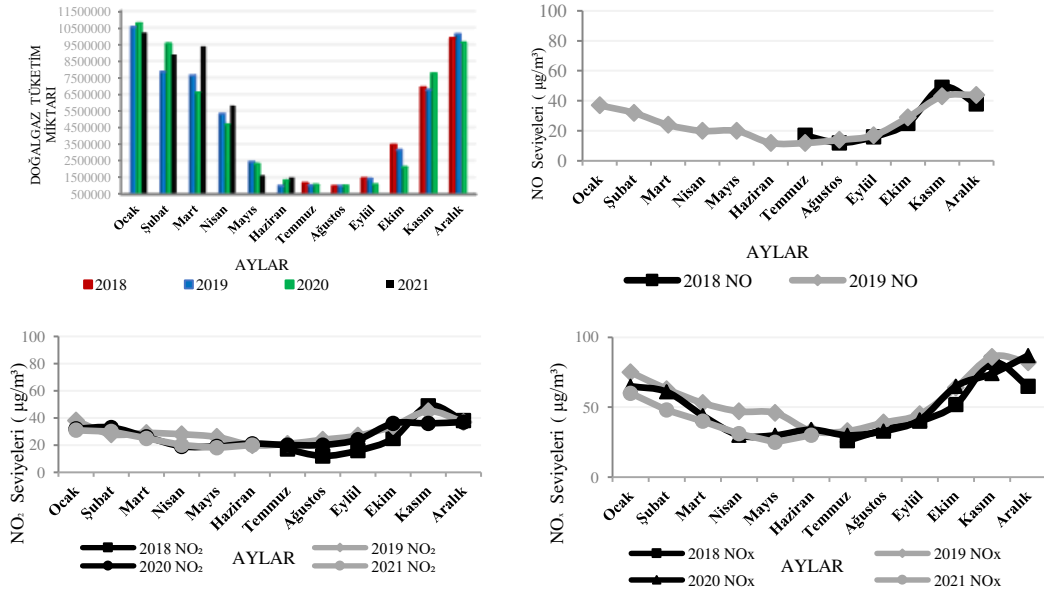
Şekil 5.113 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Doğalgaz Tüketim Miktarları ile SO₂ Değişimleri

Kükürtdioksit (SO₂) verilerinin doğalgaz tüketim miktarları ile karşılaştırıldığı Şekil 5.113 değerlendirildiğinde; kükürtdioksit (SO₂) değerlerinin 2018 yılında inişli-çıkışlı bir seyir izlediği, 2019 ve 2020 yıllarında Eylül ayna kadar çok fazla değişim göstermeyip bu aydan itibaren yükseliş trendinde olduğu ve doğalgaz tüketimleri ile Eylül ayından itibaren aynı yükseliş özelliklerini gösterdiği, ancak diğer aylarda ise benzer özellikte hareket etmediği gözlemlenmektedir. Hatta kükürtdioksit değerinin en yüksek olduğu 2020 yılı Ekim ve Aralık aylarında doğalgaz tüketiminin diğer yıllardan biraz daha düşük olduğu görülmekte olup, genel itibariyle değerlendirildiğinde kükürtdioksit (SO₂) değerlerinin değişiminde ısınmanın etkisinin (2018 yılı hariç) olduğu söylenebilir.



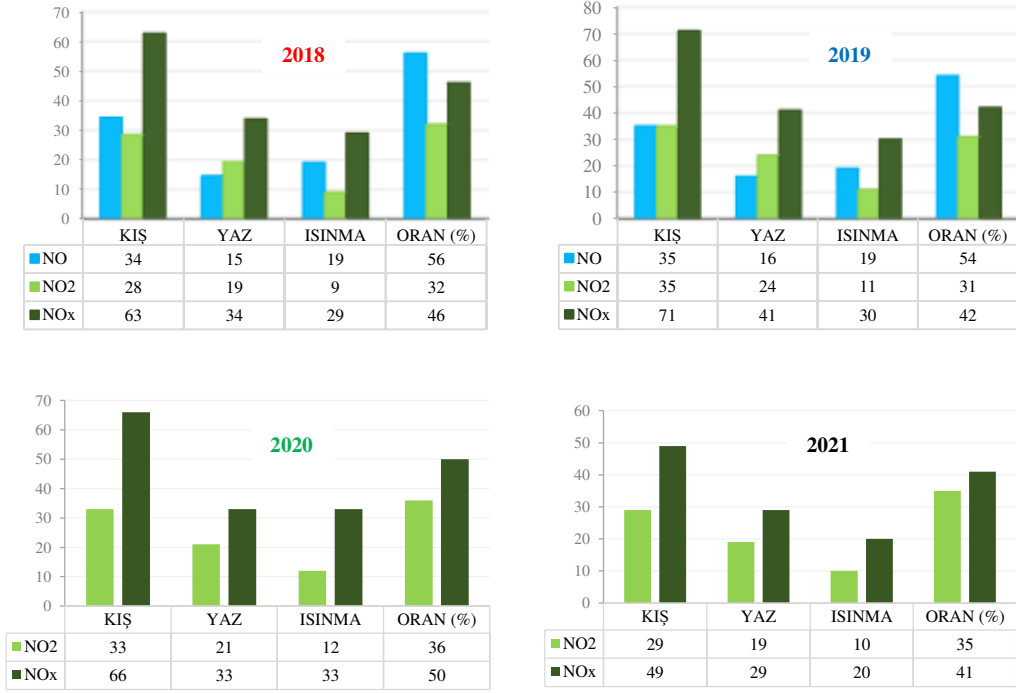
Şekil 5.114 2018-2019-2020-2021 Yılları Isınmanın PM₁₀ ve SO₂ Değerlerine Etkisi

Isınmanın PM₁₀ ve SO₂ değerlerine olan etkisinin gösterildiği Şekil 5.114'ya bakıldığında; değerlendirilen tüm yıllarda ısınmanın PM₁₀ ve SO₂ parametreleri üzerinde önemli derecede etkili olduğu, hatta SO₂ değerlerine partikül maddeden daha fazla etkili olduğu anlaşılmaktadır.



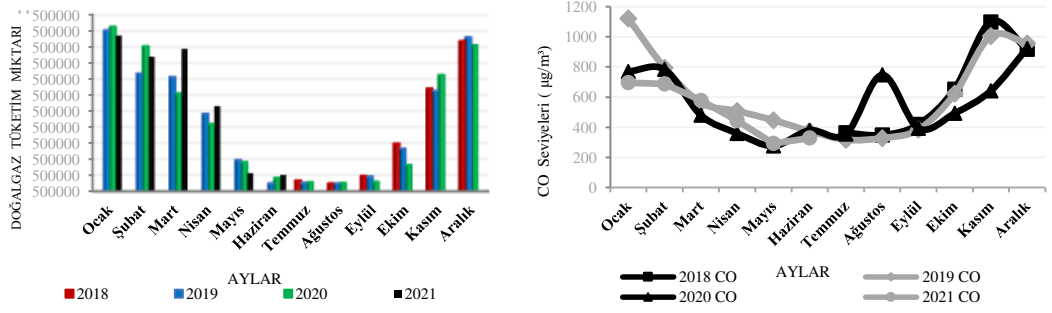
Şekil 5.115 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Doğalgaz Tüketim Miktarları ile NO, NO₂ ve NO_x Değişimleri

Değerlendirme yapılan tüm yıllarda genel itibariyle azot oksitlerin değerlerindeki değişimin doğalgaz tüketimindeki aylık değişimler ile aynı özellikte seyrettiği, Ocak-Temmuz arası düşüş Temmuz-Kasım arasında ise yükseliş eğilimi gösterdiği, yalnızca 2020 yılı Aralık ayında farklılık gösterdiği Şekil 5.115’den görülmektedir. Şekillerde görülen azot oksitlerin değerlerin üzerindeki değişimde ısınmanın etkili olduğu söylenebilir.

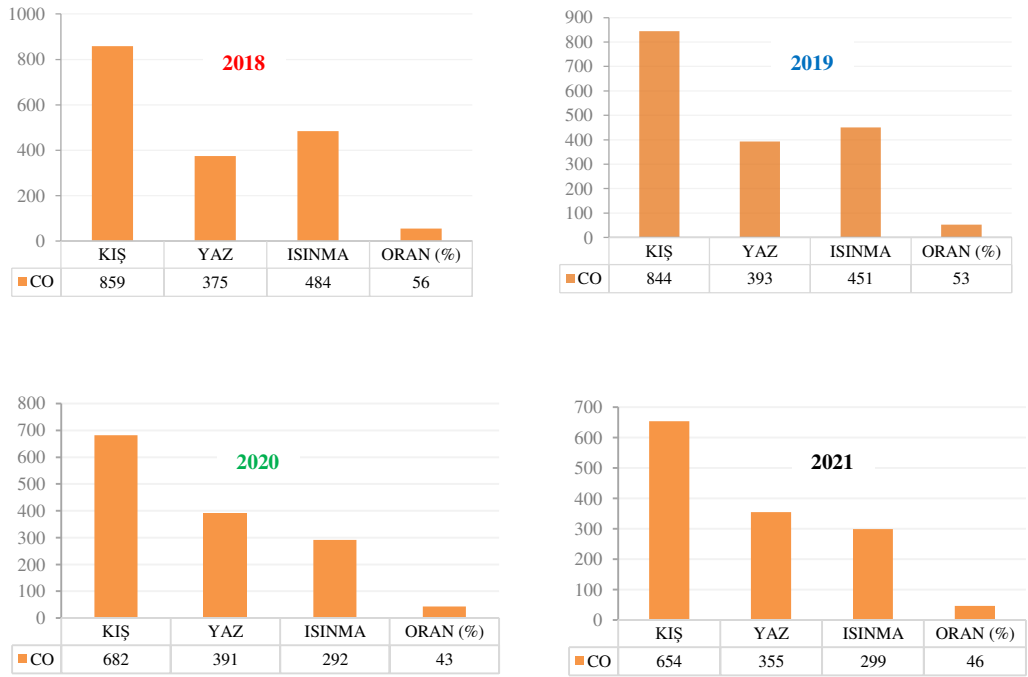


Şekil 5.116 201-2019-2020-2021 Yılları Isınmanın NO, NO₂ ve NO_x Değerlerine Etkisi

Azot oksitlerin değerleri üzerinde ısınmanın etkisinin birinci derecede etkili olduğu Şekil 5.115 ve 5.116’daki verilerdeki değişim özellikleri de destekler niteliktedir. Azot oksit parametresinin kaynakları arasında ısınmadan sonra motorlu taşıtların da etkisinin büyük olduğu söylenebilir. Trafikteki taşıtların ulaşım yolu olarak şehrin her iki tarafında bulunan çevre yolunu tercih etmesi trafikten kaynaklı hava kirliliğinde iyileşmeye yol açabilmektedir.

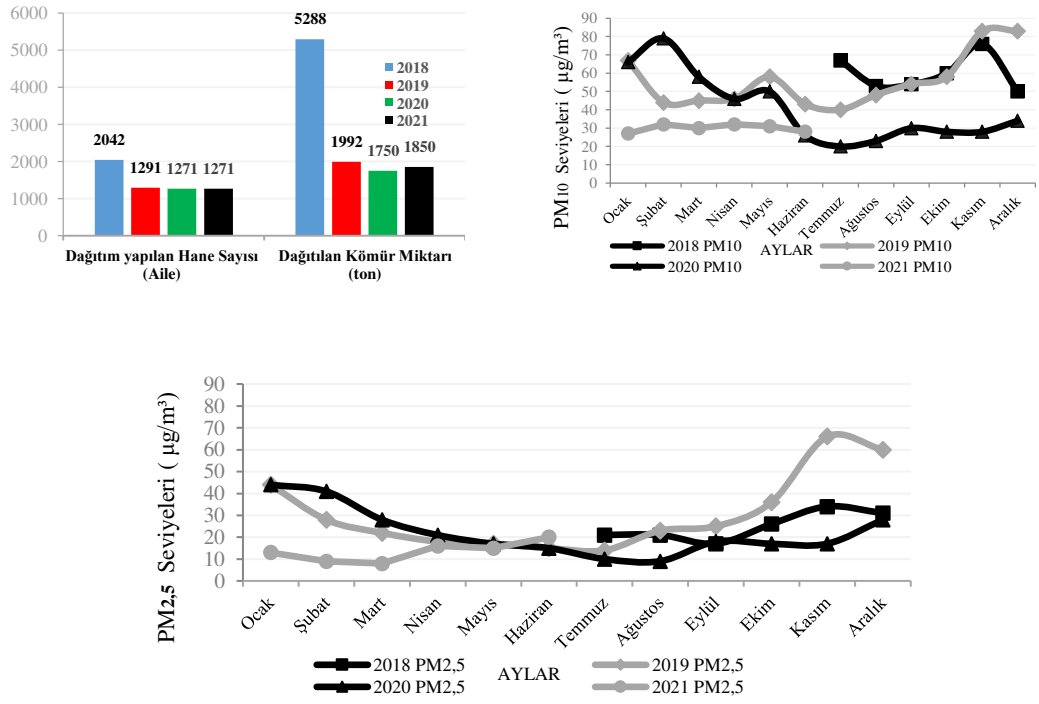


Şekil 5.117 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Doğalgaz Tüketim Miktarları ile CO Değişimleri

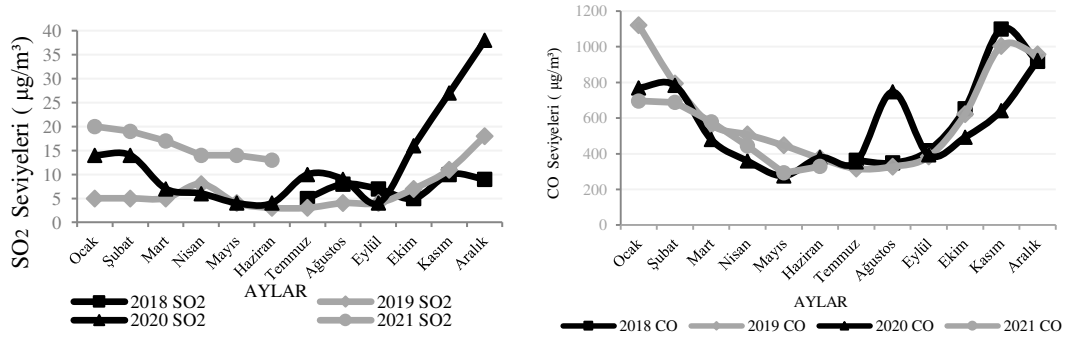


Şekil 5.118 2018-2019-2020-2021 Yılları Isınmanın CO Değerlerine Etkisi

Karbon monoksit değerlerindeki değişim Şekil 5.117 ve Şekil 5.118 beraber değerlendirildiğinde, doğalgaz tüketiminin aylar itibarıyla değişimi karbon monoksit değerlerindeki değişim ile aynı özellikte hareket ettiği (Ağustos 2020 hariç), sadece 2018-2019Aralık ayında doğalgaz tüketimi artarken karbon monoksit değerlerinde bir miktar düşüş yaşanmıştır. Diğer aylardaki yükselme ve düşme eğilimleri birbiri ile aynı özelliği göstermektedir. Bu verilerin birbiri ile aynı paralelde hareket etmesi ve Şekil 5.118'deki veriler ışığında karbon monoksitin oluşumunda ısınmanın etkisi olduğu anlaşılmaktadır.



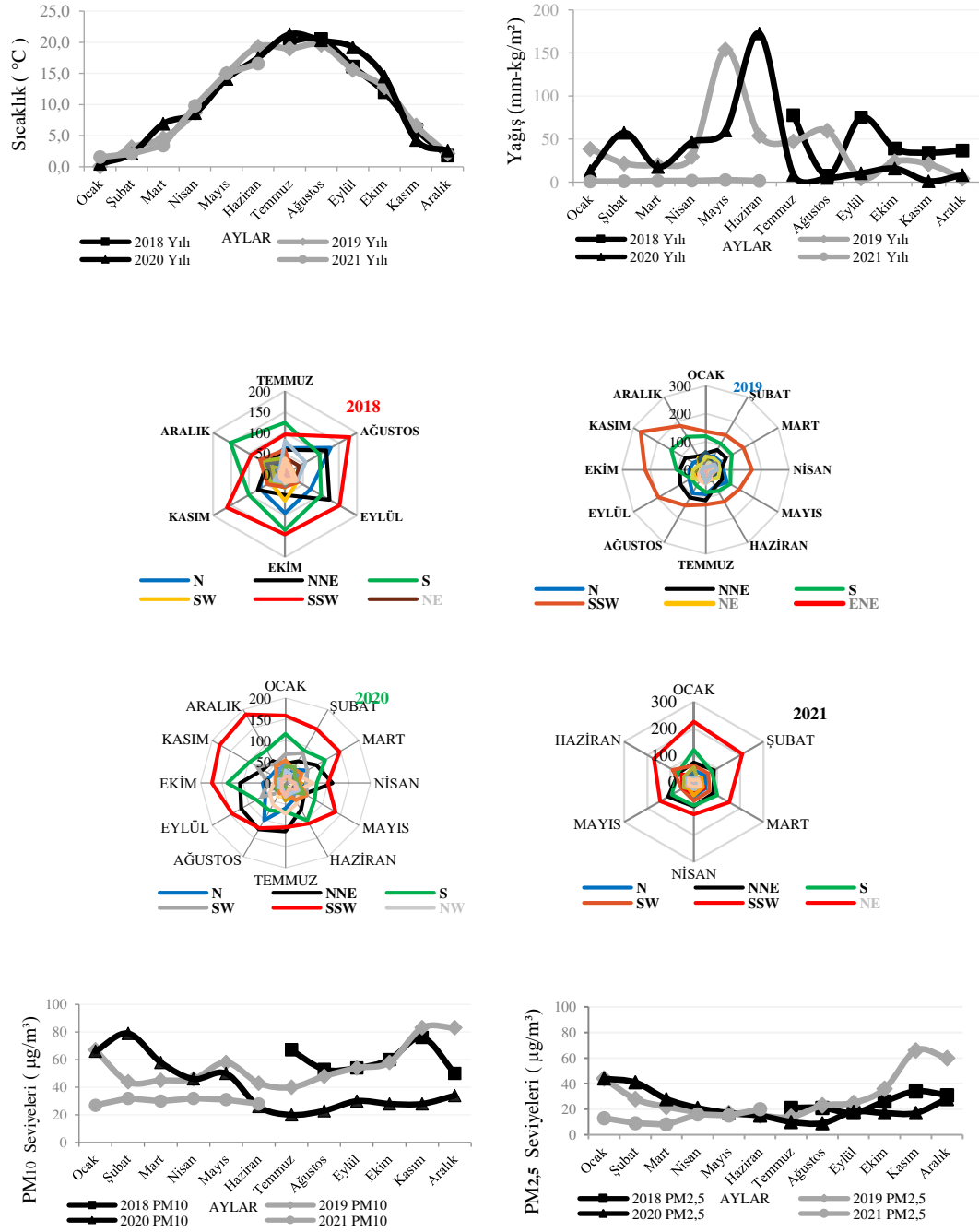
Şekil 5.119 2018-2019-2020-2021 Yılları Dağıtımı Yapılan Yerli Kömür Miktarları ile PM₁₀ ve PM_{2,5} Değerleri Değişimleri



Şekil 5.120 2018-2019-2020-2021 Yılları Dağıtımı Yapılan Yerli Kömür Miktarları ile SO₂ ve CO Değerlerine Değişimleri

Şekil 5.119 ve 5.120'deki veriler değerlendirildiğinde, 2018 yıllarından sonra dağıtımı yapılan yerli kömür miktarlarının ve hane sayısının azaldığı, buna rağmen kükürdioksit parametresinin değerlerinin yıllar itibarıyla bir miktar artış gösterdiği gözlemlenmektedir.

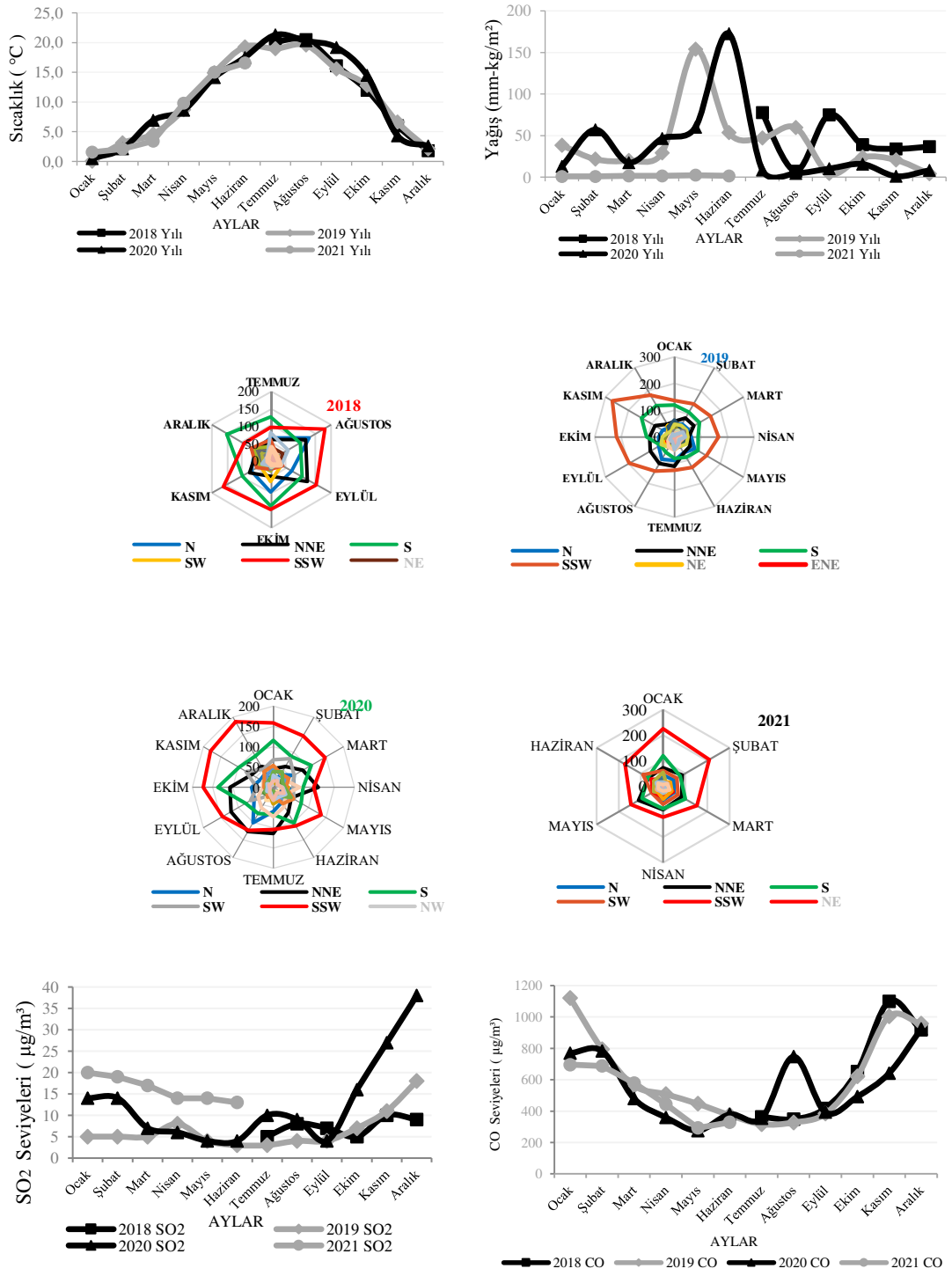
5.3. Meteorolojik Verilerin Hava Kalitesine Etkileri (Sıcaklık, Yağış ve Rüzgâr)



Şekil 5.121 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile PM₁₀ ve PM_{2,5} Değişimleri

Aylık olarak bakıldığında, Ocak–Haziran arasında sıcaklıkların birbirine yakın, yağışların ise dalgalı bir seyir izlediği, en az yağışın 2021 yılında en fazla yağışın ise 2020 yılında gerçekleştiği; Temmuz-Aralık arasında ise sıcaklıkların birbirine yakın ve 2020 yılındaki sıcaklığın diğer yıllardan biraz yüksek olduğu, yağışların ise

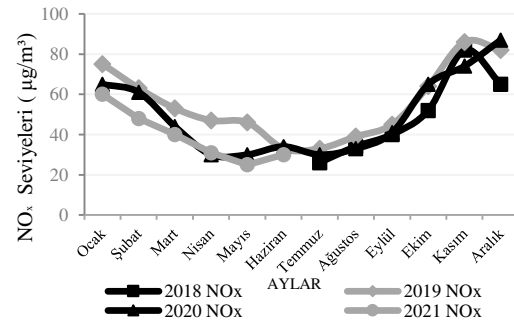
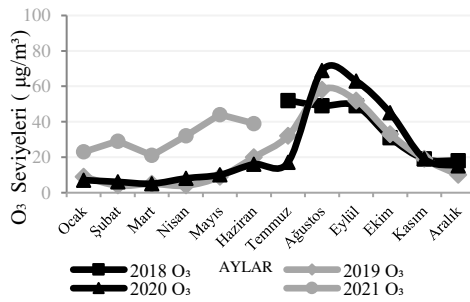
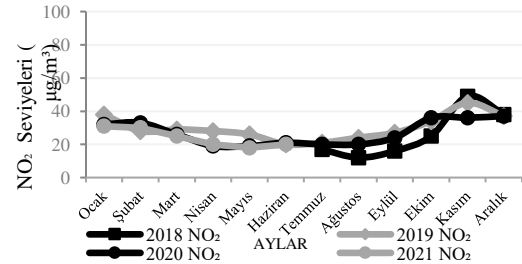
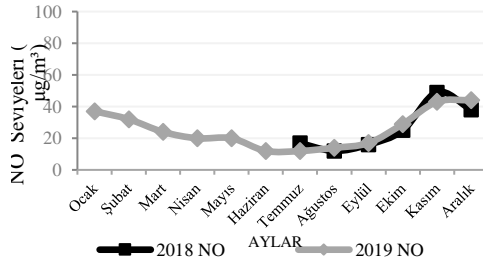
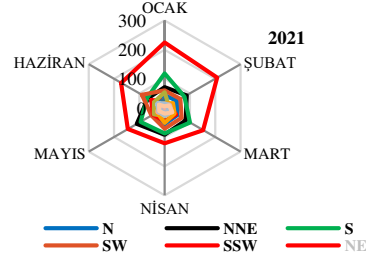
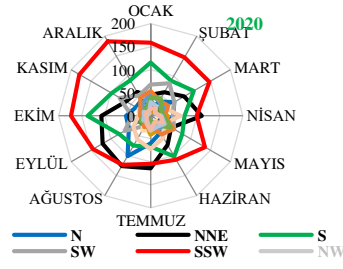
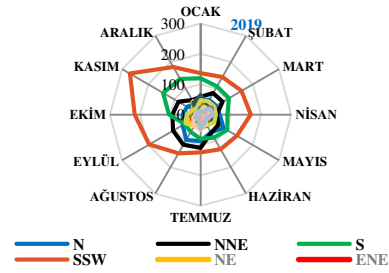
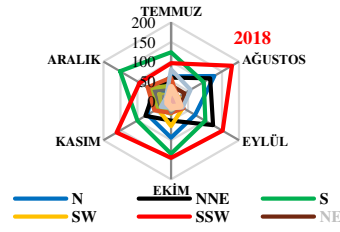
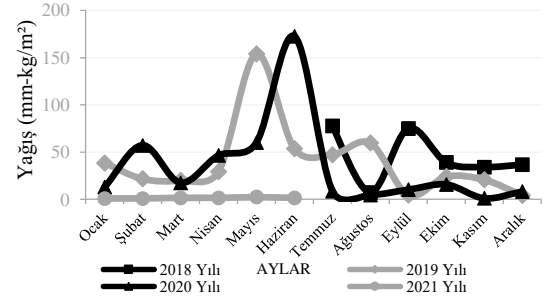
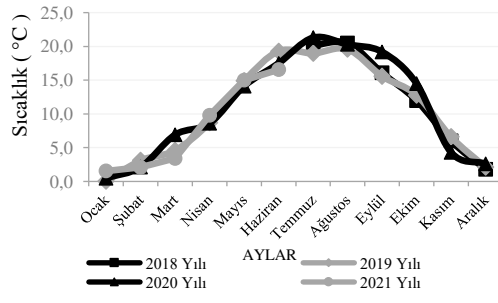
dalgalı bir seyir izlediği Ağustos ayı hariç 2018 yılı yağış miktarının 2019 ve 2020 yıllarından fazla olduğu Şekil 5.121'den görülmektedir. Ocak-Haziran ayları arasında PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin en düşük 2021 yılında, en yüksek ise 2020 yılında (Mayıs-Haziran hariç) gerçekleştiği ve 2020 yılı Mayıs-Haziran aylarında ise düşük seviyelerde olduğu bu dönemde yağışların en yüksek gerçekleştiği görülmektedir. Temmuz-Aralık aylarında ise en düşük PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin 2020 yılında gerçekleştiği ve bu zaman aralığında ise sıcaklıkların 2018 ve 2019 yıllarından daha yüksek yağışların ise daha düşük gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Rüzgâr yönünün ise 2018 yılında diğer yıllardan farklı olarak Temmuz ve Aralık aylarında S (Güney-Kible), 2020 yılında Nisan, Temmuz ve Ağustos aylarında NNE (Yıldız - Poyraz) estiği, diğer aylarda ise tüm yıllarda en fazla SSW (Kible - Lodos) ve ikinci hâkim rüzgâr yönü olarak ise S (Güney-Kible) yönlerinde estiği anlaşılmaktadır. PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin yüksek olduğu Ocak, Şubat, Kasım ve Aralık aylarında aylarda rüzgârın SSW (Kible - Lodos) ve S (Güney-Kible) yönünde estiği görülmektedir.



Şekil 5.122 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile SO₂ Değişimleri

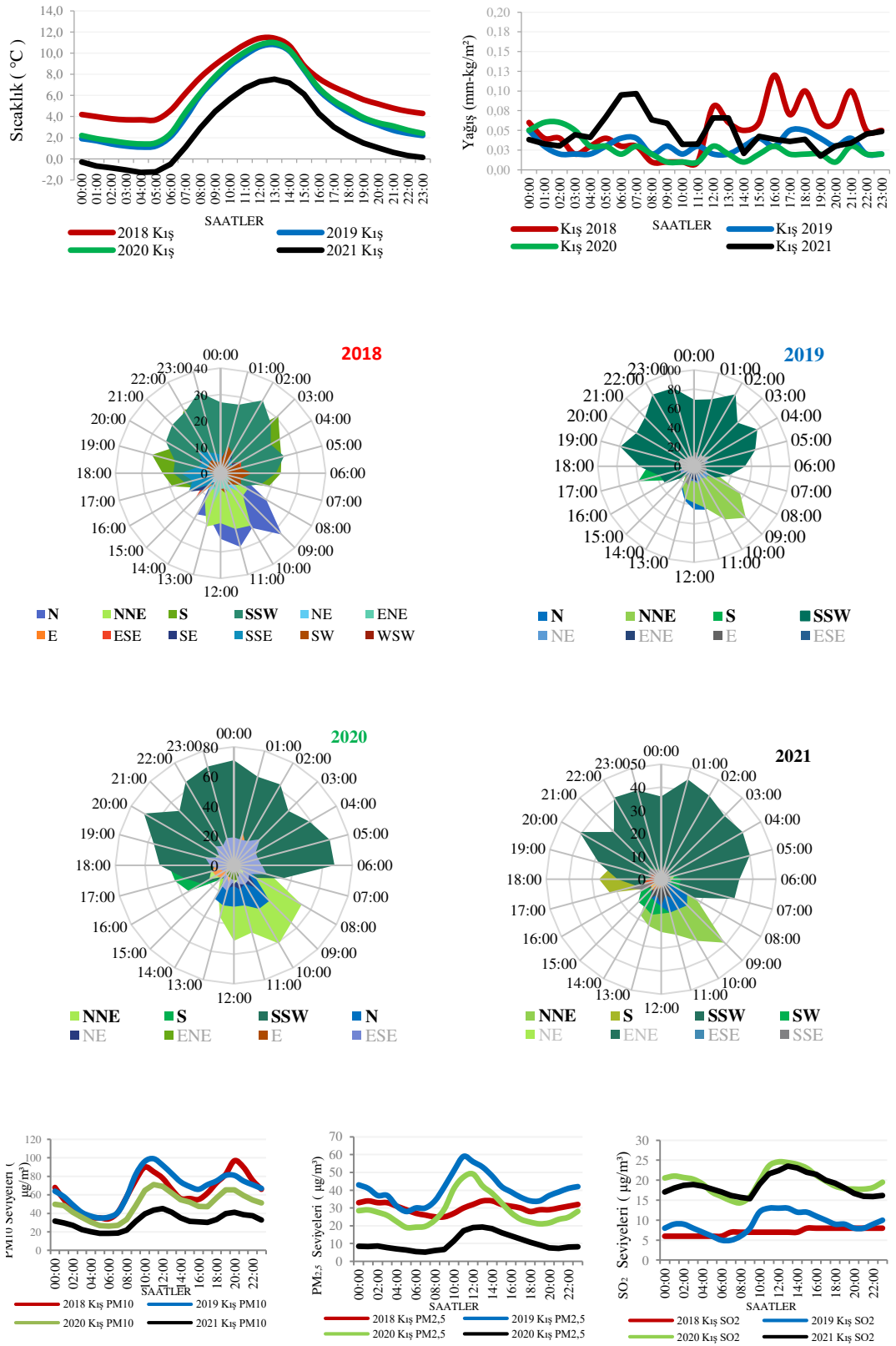
SO₂ değerlerinin genellikle 2020 değerlerinin 2018 ve 2019 yılındaki değerlerden 2021 yılı değerlerinin tüm yıllarda daha yüksek olduğu, SO₂ değerlerinin 2021 yılında en yüksek olduğu Ocak-Haziran arasında sıcaklığın diğer yıllarla aynı doğrultuda, yağışın ise en düşük seviyede ve hâkim rüzgârların güney yönlerinde

gerçekleştirdiği, 2020 yılında ise en yüksek olduğu Aralık ayında sıcaklık ve yağışın en az ve rüzgâr yönünün ise güney yönlerinden estiği anlaşılmaktadır. Yağışın az olduğu ve rüzgârların güney yönlerinden estiği aylarda SO₂ değerlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yağışın en yüksek olduğu 2018 yılı Temmuz ve Ağustos ayları, 2019 yılı Mayıs, 2020 yılı Haziran aylarındaki SO₂ değerlerinin rüzgâr yönünün (Güney yönlerden) değişmemesine rağmen diğer aylara göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Şehrin güney tarafında büyük bir tesis ile daha çok ısınma da kömür kullanılan konutların yoğun olması sonucu oluşan emisyonların güney rüzgârları ile ölçüm istasyonuna doğru taşınması sonucu ölçüm değerlerini etkilediği düşünülmektedir. Ayrıca kamu binalarının ve ticari faaliyetlerin şehrin merkezinde toplanmasının bir etkisi olarak ta trafik yoğunluğunun en fazla olduğu bu merkezi kısımda oluşan trafik kaynaklı emisyonların ve yollarda oluşabilecek tozumanın güney rüzgârları ile taşınması da ölçüm sonuçlarına etki edebilmektedir. 2019 ve 2020 yıllarındaki SO₂ değerlerinin Eylül ayından itibaren sıcaklığın düşmesine paralel olarak arttığı, 2018 yılındaki değerlerin ise benzer şekilde hareket etmediği ve 2021 yılında ise sıcaklık artışına paralel düşüş eğiliminde olduğu görülmüştür. Tüm yıllarda CO değerlerinin sıcaklık azalırken artış gösterdiği, sıcaklık artarken azaldığı sadece Ağustos ve Aralık ayında farklılık gösterdiği Şekil 5.122'den görülmektedir. Değerlendirme yapılan tüm yıllarda yağış miktarları ve rüzgâr yönlerinin değişimi ile CO değerleri arasında bir bağıntı kurulamamış ve birbirinden bağımsız hareket göstermişlerdir.



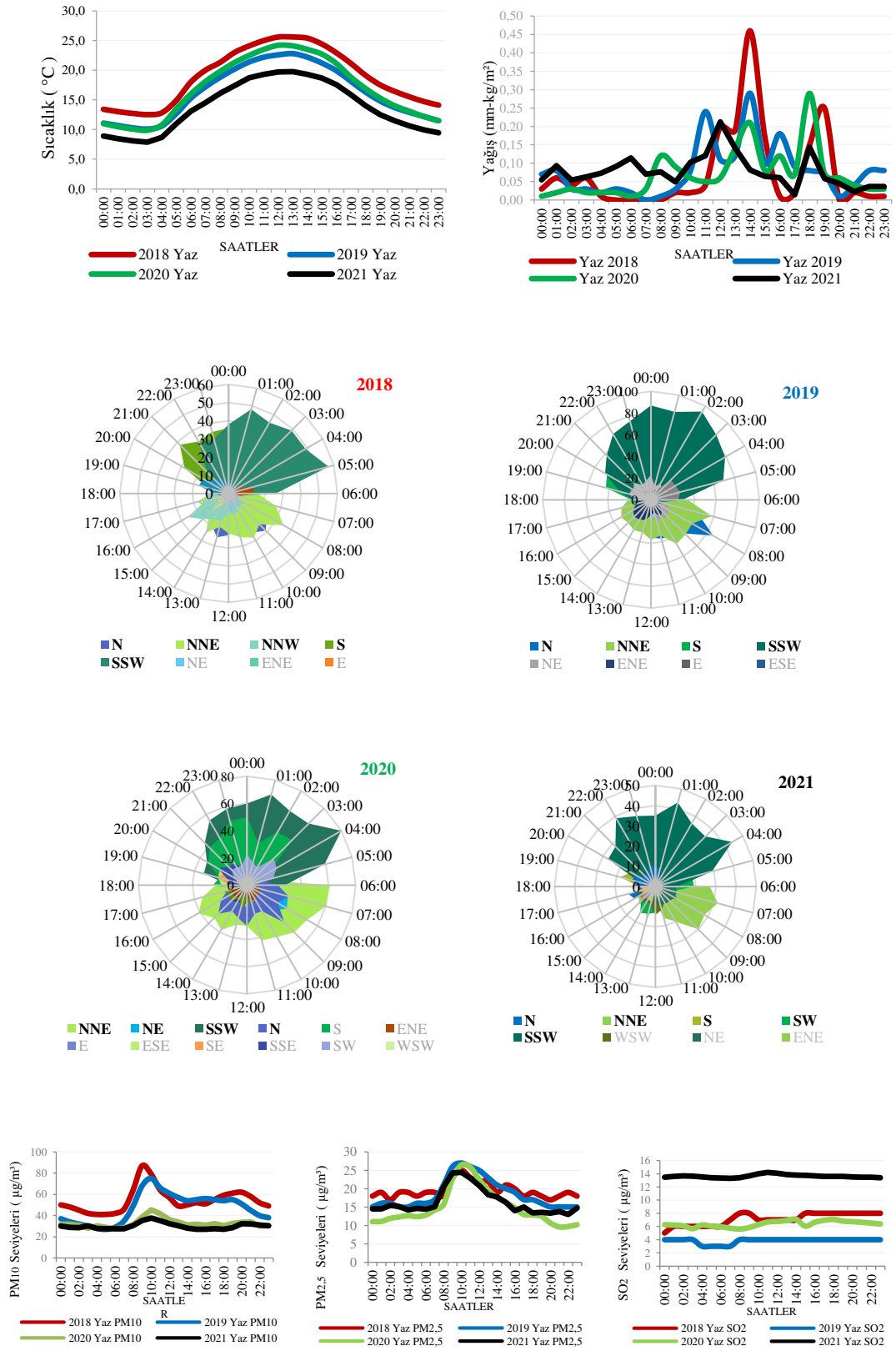
Şekil 5.123 2018-2019-2020-2021 Yılları Aylık Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

2018 yılında NO, NO₂ ve NO_x Aralık ayı hariç devamlı yükseliş gösterdiği, sıcaklığın ise düşüş eğiliminde olduğu, yağışın ise en az olduğu Ağustos ayında değerlerin diğer aylardaki değişimle bir farkının olmadığı, en yüksek NO, NO₂ ve NO_x değerlerine ulaşıldığı Kasım ayında yağışın Ekim ve Aralık ayından farklı bir miktarda olmadığı rüzgâr yönünün de diğer aylarla benzerlik gösterdiği Şekil 5.123'den anlaşılmaktadır. Yine Şekil 5.123'e bakıldığında 2019 yılındaki değerlerin incelenen tüm yıllardan daha yüksek olduğu, yağışın en yüksek olduğu Mayıs ayında ölçülen değerlerin Haziran ve Temmuz aylarındaki değerlerden rüzgâr yönünün değişmemesine rağmen daha yüksek olduğu görülmektedir. 2020 yılında Temmuz ayından sonra diğer yıllara göre daha az yağış almasına rağmen değerlerin 2018 yılından yüksek 2019 yılından ise düşük olduğu, yalnız bu aylarda ise O₃ değerlerinin en yüksek olduğu yılın 2020 olduğu görülmektedir. 2021 yılında yağış, NO₂ ve NO_x değerlerinin diğer yıllardan daha düşük, O₃ değerlerinin incelenen aylara göre diğer yıllardan yüksek olduğu, sıcaklığın ise yakın değerlerde gerçekleştiği ve hâkim rüzgâr yönünün ise önceki yıllar da olduğu gibi aynı yönde güney yönlerinde estiği görülmektedir. NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin, sıcaklık değerleri artmaya başladığında azaldığı, sıcaklığın azaldığında ise arttığı, O₃ değerlerinin ise sıcaklık yükselirken yükseldiği, sıcaklık değerleri düşerken azaldığı yaklaşık olarak benzer hareket ettiği ve hâkim rüzgârların genel itibariyle güney yönlerinden estiği gözlemlenmiştir.



Şekil 5.124 2018-2019-2020-2021 Yılları Kış Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile PM₁₀, PM_{2,5} ve SO₂ Değişimleri

Tüm yıllarda kış aylarındaki sıcaklığın sabah saatlerinden itibaren artmaya başladığı saatlerde PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin artış gösterdiği, fakat sıcaklığın en yüksek olduğu saatlerde (12.00–13.00) PM_{10} değerlerinin ise azaldığının görüldüğü, yağışların tüm yıllarda gün içerisinde bariz bir şekilde çok fazla dalgalanma göstermediği, 2018 yılında 12.00 - 22.00, 2021 yılında ise 04.00 – 14.00 saatleri arasında yağışların diğer yıllardan bir miktar fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu veriler ışığında PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarına yağışın etkileri tam olarak görülememektedir. PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin yüksek olduğu sabah saatlerinde genellikle rüzgârın N (Kuzey-Yıldız) ve NNE (Yıldız-Poyraz) yönünde, PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin düşmeye başladığı saatler de ise yine aynı yönde olmasına rağmen havanın durgun olduğu, akşam PM_{10} değerlerinin 16.00-17.00 saatlerinden sonra tekrar yükselmeye başladığında ise rüzgâr yönünün S (Güney-Kible) ve SSW (Kible-Lodos) olarak yön değiştirip sabah saatlerine kadar aynı yönde estiği görülmektedir. Rüzgârın kuzey yönlerinde estiği ve havanın durgun olduğu saatlerde PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin yükseldiği, güney yönlerde estiği saatlerde ise PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin yükselmesine rağmen kuzey rüzgârlarındaki kadar yüksek olmadığı Şekil 5.124'den görülmektedir. SO_2 değerlerinin 2018 yılında saatler arasında çok fazla değişim göstermediği, diğer yıllarda (2019, 2020, 2021) ise sabah saatlerinden itibaren yükselerek en yüksek değere öğle saatlerinde ulaşip sonra akşam 19.00-20.00 saatlerinden sonra tekrar yükseldiği, değerlerin en yüksek olduğu zaman diliminde rüzgâr hızının en düşük olduğu Şekil 5.124'den görülmektedir. Hatta SO_2 değerlerinin en düşük olduğu 2019 yılındaki sabah 06.00 – 08.00 saatlerinde de rüzgâr hızının çok düşük olduğu Şekil 5.124'den anlaşılmaktadır. Ayrıca 2018 yılında SO_2 değerlerinin yüksek seyrettiği öğleden sonraki zaman diliminde yağışların olduğu saatlerin birbiri ile benzerlik gösterdiği, 2019 ve 2020 yıllarında ise yağışın az ve tüm saatlerde birbirine yakın miktarda gerçekleştiği, 2021 yılında ise yağışların en yüksek olduğu 06.00-07.00 arasında SO_2 değerlerinin düşük ancak 12.00-13.00 saatlerinde ise SO_2 değerlerinin günün en yüksek değerlerinde gerçekleştiği göz önüne alındığında yağışın SO_2 değerlerine olan etkileri bariz olarak verilerden anlaşılamamaktadır. SO_2 değerlerinin rüzgârın güney yönlerinde estiği ve havanın biraz daha durgun olduğu saatlerde kuzey yönlerinden estiği saatlere göre daha düşük olduğu şekillerden anlaşılmaktadır.

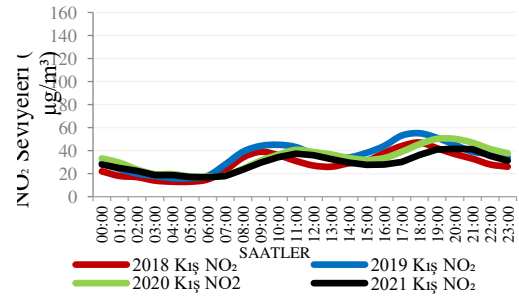
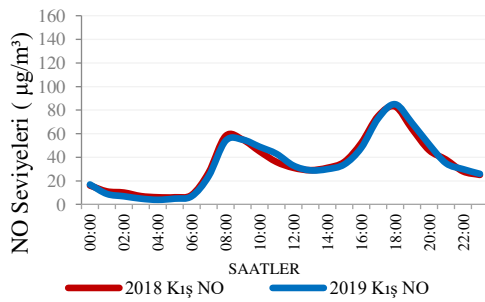
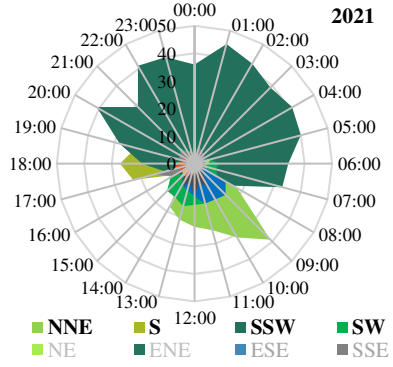
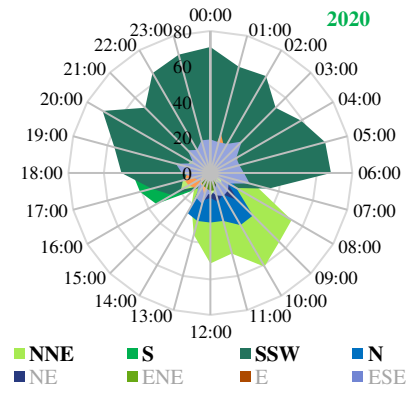
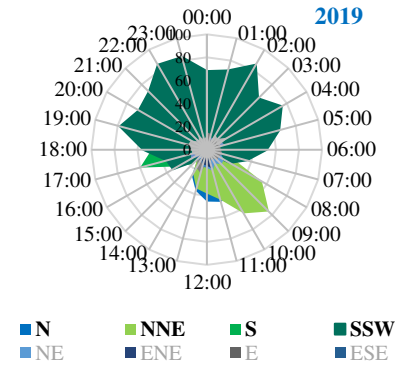
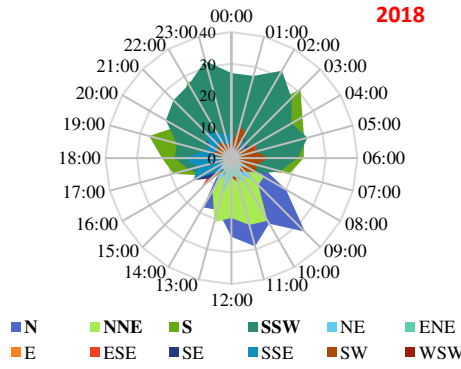
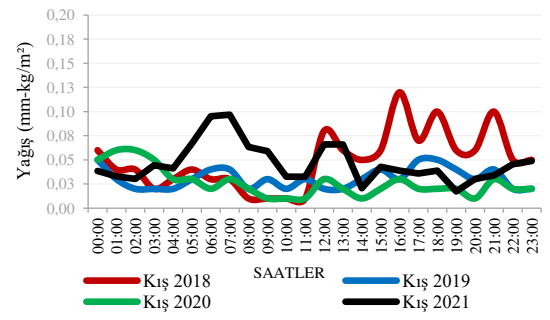
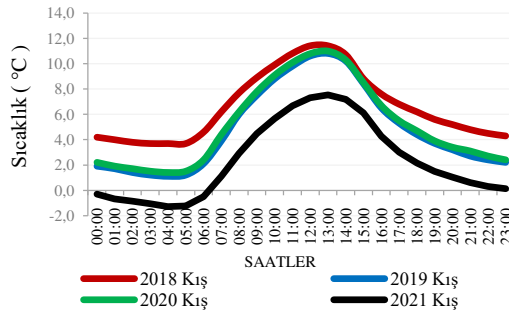


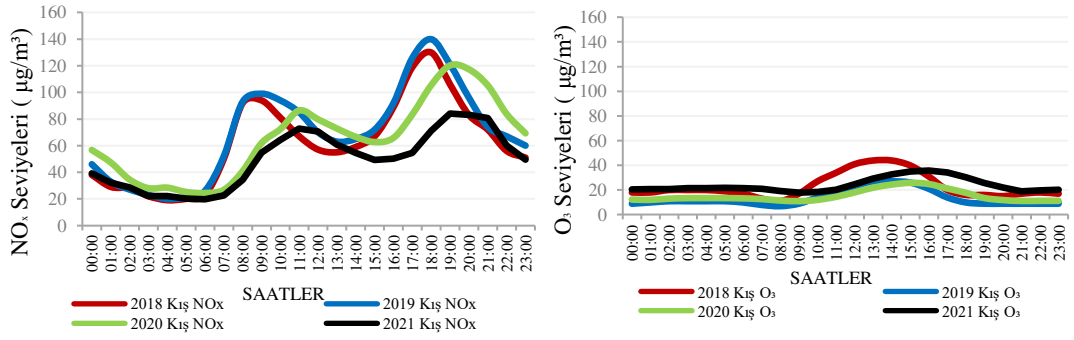
Şekil 5.125 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile PM₁₀, PM_{2,5} ve SO₂ Değişimleri

Tüm yıllarda yaz aylarındaki sıcaklığın sabah saatlerinden itibaren artmaya başladığı saatlerde PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin artış gösterdiği, fakat sıcaklığın en yüksek olduğu saatlerde (12.00–13.00) PM_{10} değerlerinin ise azaldığının görüldüğü, yağışların ise 2018 yılında genellikle 11.00 – 16.00 ile 17.00 – 20.00 saatleri arasında gerçekleştiği dikkate alındığında PM_{10} değerlerinin 11.00 – 16.00 saatleri arasında düşük olduğu, 17.00 – 20.00 saatleri arasında ise PM_{10} değerlerinin biraz yükseldiği, $PM_{2,5}$ değerlerinin ise bu saatlerde dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. 2019 yılında yağışların genel itibariyle 08.00 – 20.00 saatleri arasında dalgalı bir şekilde gerçekleştiği ve 10.00, 14.00 ile 16.00 saatlerinde en yüksek yağışın yağdığı göz önüne alındığında PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin en yüksek olduğu saat 10.00’da yağışında en yüksek miktarda gerçekleştiği Şekil 5.125’den anlaşılmaktadır. 2020 yılında ise yağışların genel itibariyle 07.00 – 19.00 saatleri arasında dalgalı bir şekilde gerçekleştiği, yağışın en yüksek miktarda gerçekleştiği 14.00 ile 18.00 saatlerinde PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin düşük olduğu gözlemlenmektedir. 2021 yılında yağışların gün boyunca inişli çıkışlı bir şekil oluşturduğu, en yüksek yağışın 12.00 ile 18.00 saatlerinde gerçekleştiği ve bu saatlerde ise PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin düşüş eğilimi gösterdiği, değerlerin en yüksek olduğu 10.00 saatinde ise yüksek miktarda yağış gözlemlenmemektedir. PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin yüksek olduğu sabah saatlerinde genellikle rüzgârın N (Kuzey-Yıldız) ve NNE (Yıldız-Poyraz) yönünde, değerlerin düşmeye başladığı saatler de ise yine aynı yönde olmasına rağmen havanın durgun olduğu, akşam PM_{10} değerlerinin biraz yükselmeye başladığında ise rüzgâr yönünün S (Güney-Kible) ve SSW (Kible-Lodos) olarak yön değiştirip sabah saatlerine kadar aynı yönde estiği görülmektedir. Rüzgârın kuzey yönlerinde estiği ve havanın durgun olduğu saatlerde PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin yükseldiği, güney yönlerde estiği saatlerde ise PM_{10} ve $PM_{2,5}$ değerlerinin yükselmesine rağmen kuzey rüzgârlarındaki kadar yüksek olmadığı Şekil 5.125’den görülmektedir.

SO_2 değerlerinin 2018 yılında saatler arasında çok fazla değişim göstermediği, 2019 yılında ise sabah saatlerinden itibaren yükselerek gün boyunca aynı değerde gerçekleştiği, 2020 yılında ise gün boyunca $5-7\mu g/m^3$, 2021 yılında ise $13-14\mu g/m^3$ arasında seyrettiği görülmektedir. Değerlendirilen tüm yıllar arasında SO_2 değerlerinin en düşük olduğu 2019 yılı sabah 04.00 – 07.00 saatlerinde rüzgâr hızının

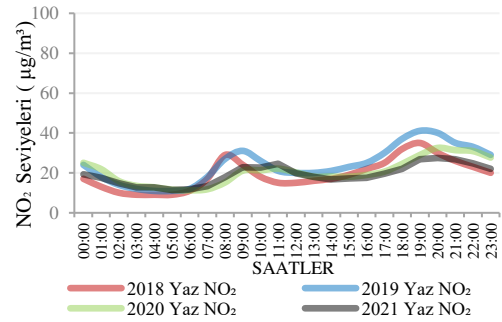
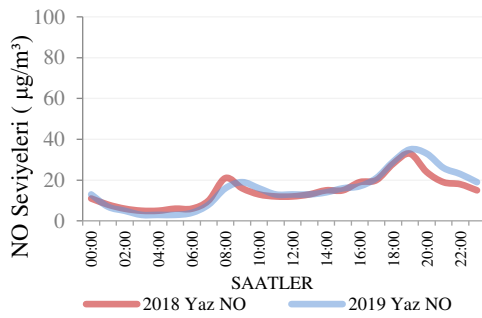
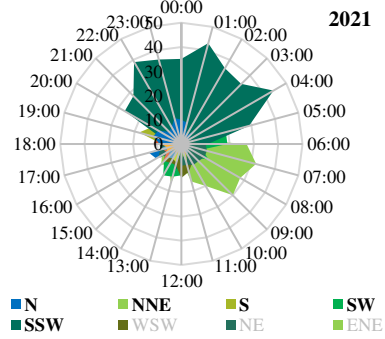
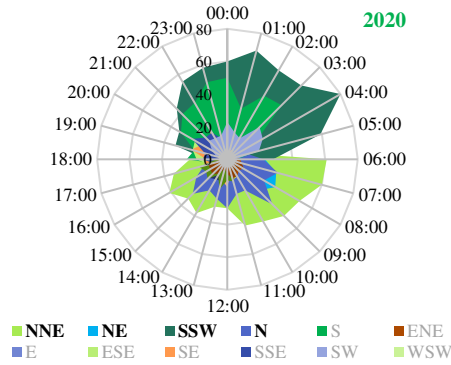
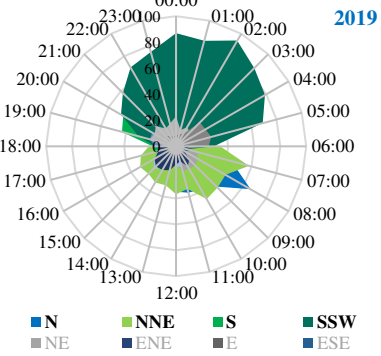
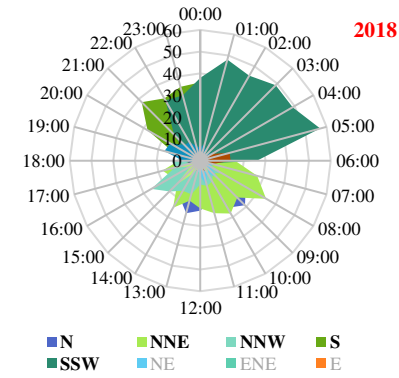
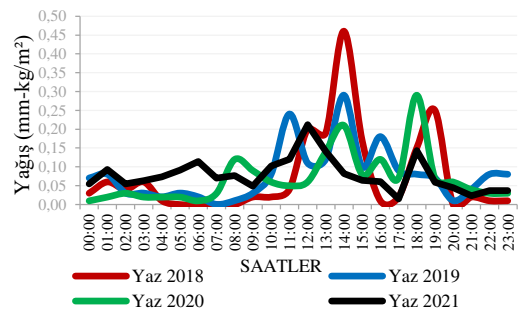
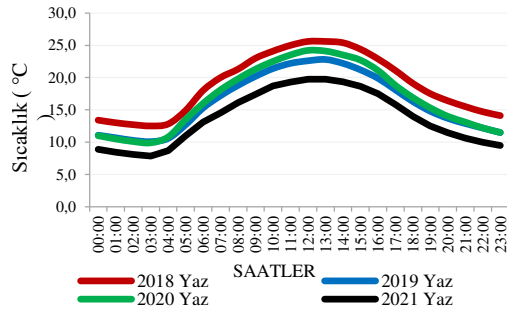
da saat 05.00-07.00 arasında çok düşük olduğu ve 04.00 saatinde de rüzgârın güney yönünden estiği, genel olarak tüm yıllarda SO₂ değerlerinin sabah saatlerinde dalgalanma yaşadığı ve bu saatlerde de rüzgârların kuzey yönlerinden (N, NNE) estiği Şekil 5.125'den anlaşılmaktadır. Ayrıca yağışların 2018 yılında genellikle 11.00 – 16.00 ile 17.00 – 20.00 saatleri arasında gerçekleştiği dikkate alındığında SO₂ değerlerinin düşme ve yükselme eğilimleri gösterip saat 15.00 dan sonra sabit değerlerde olduğu, 2019 yılında ise SO₂ değerlerinin sabit değerlerde gerçekleşmesi ve yağışların genel itibariyle 08.00 – 20.00 saatleri arasında dalgalı bir şekilde gerçekleştiği ve 10.00, 14.00 ile 16.00 saatlerinde ise en yüksek yağışın yağdığı, 2020 yılında en fazla yağışın olduğu 14.00 ile 18.00 saatlerinde SO₂ değerlerinin de yüksek olduğu, yağışın düşük olduğu saatlerde değerlerin düştüğü, 2021 yılında ise en yüksek yağışın 12.00 ile 18.00 saatlerinde gerçekleştiğinde SO₂ değerlerinin diğer saatlerdeki değerlere yakın olduğu göz önüne alındığında yağışın SO₂ değerlerine olan etkileri bariz olarak verilerden anlaşılamamaktadır.

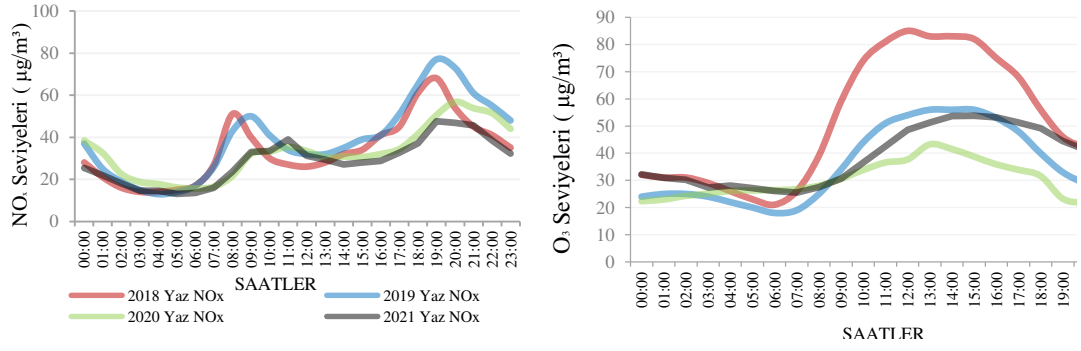




Şekil 5.126 2018-2019-2020-2021 Yılları Kış Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

Kış aylarında NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin sabah 06.00 dan itibaren yükselmeye başlayıp 09.00-11.00'da en yüksek değerlere ulaştığı, sonrasında tekrar düşüş göstererek 13.00-15.00 saatleri arasında en düşük değere ulaştığı göz önüne alındığında sıcaklığın sabah saatlerinden itibaren en yüksek değere 12.00-13.00'da ulaşarak tekrar akşam düşüş eğilimi göstermesi ve sıcaklığın en yüksek olduğu saatlerde ise NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin düşük değerlerde olması sıcaklık ile arasında bağlantı olduğunu göstermektedir. Kış aylarında yağış miktarlarının tüm yıllarda gün içerisinde bariz bir şekilde çok fazla dalgalanma göstermediği, 2018 yılında 12.00 - 22.00, 2021 yılında ise 04.00 – 14.00 saatleri arasında yağışların diğer yıllardan bir miktar fazla olduğu, 2018 yılında yağışların fazla olduğu 12.00 - 22.00 saatleri ile 2021 yılı 04.00 – 14.00 saatleri arasında azot oksit değerlerinin yükseliş ve düşüş gösterdiği dalgalı bir seyir izlediği, hatta 2018 yılında yağışın en yüksek miktarda olduğu 18.00 ile 2021 yılı 12.00 saatlerinde azot oksit değerlerinin de yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Kış aylarında NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin yüksek olduğu 09.00-11.00 saatleri arasında rüzgar yönünün 2018 yılında N (Kuzey-Yıldız) 2019, 2020 ve 2021 yıllarında NNE (Yıldız-Poyraz) olup, 2019 yılındaki NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin diğer yıllardan biraz yüksek olduğu, tüm yıllarda da değerlerin düşük olduğu öğleden sonra havanın durgunlaştığı ve kirletici değerlerinde yükselmeye başladığı saat 16.00-17.00'da rüzgarın S (Güney-Kıble) ve SSW (Kıble - Lodos) esmeye başlayarak gece boyunca devam ettiği Şekil 5.126'dan görülmektedir. O₃ değerlerinin ise meteorolojik parametrelerden daha çok sıcaklık ile aynı paralellik gösterdiği, diğer parametreler yağış ve rüzgâr ile bir bağıntısının olduğu görülememiştir.

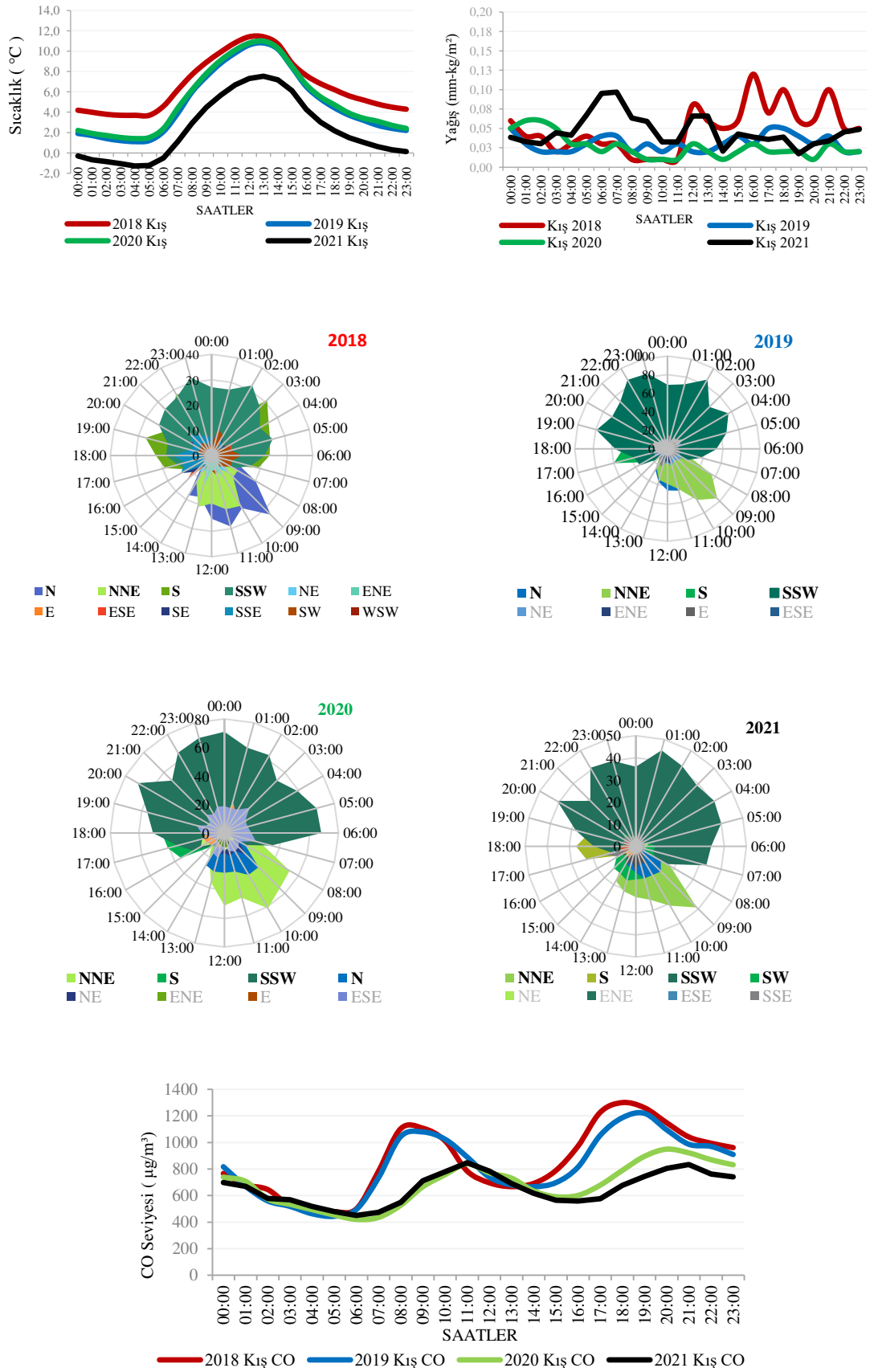




Şekil 5.127 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile NO, NO₂, NO_x ve O₃ Değişimleri

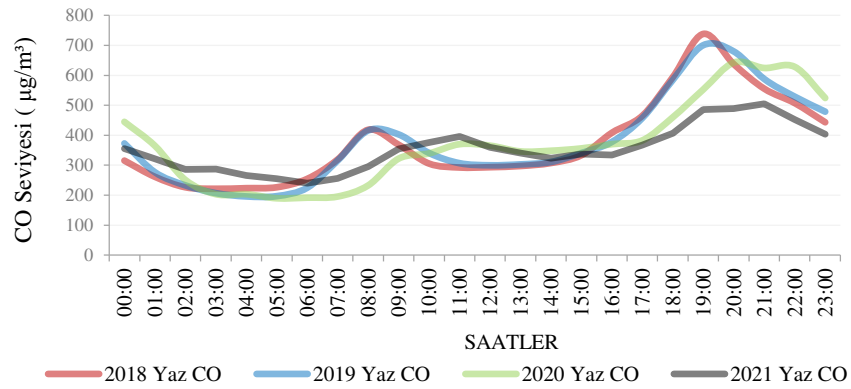
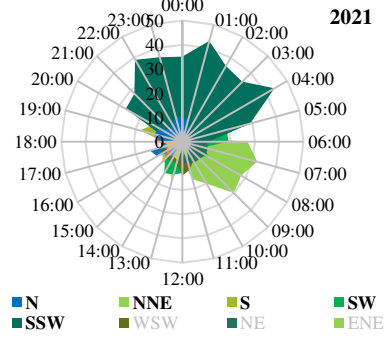
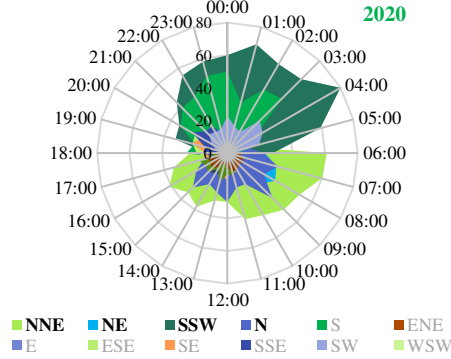
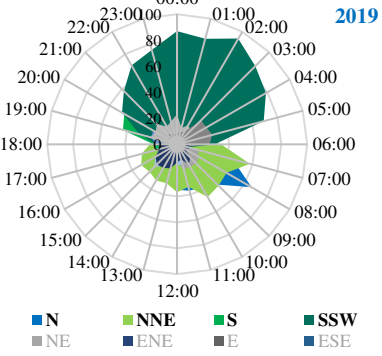
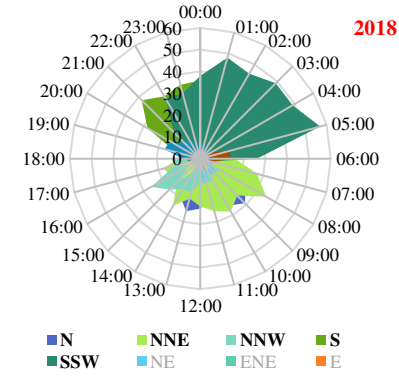
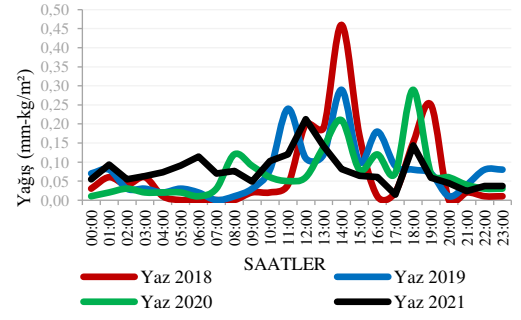
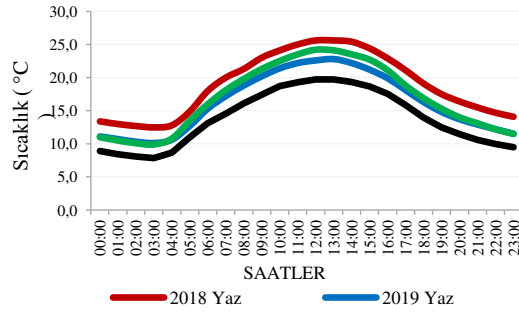
Yaz aylarında NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin sabah 06.00 dan itibaren yükselmeye başlayıp 2018-2019 yıllarında 08.00-09.00, 2020-2021 yıllarında ise 11.00’da en yüksek değerlere ulaştığı, sonrasında tekrar düşüş göstererek 12.00-14.00’da en düşük konsantrasyonların olduğu göz önüne alındığında sabah saatlerinden itibaren en yüksek sıcaklık değerlerinin gerçekleştiği 12.00-13.00 göz önüne alındığında azot oksitlerle sıcaklığın birbirleriyle bağıntılı olduğu ve sıcaklığın en yüksek olduğu saatlerde azot oksit değerlerinin düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Bu dört yıllardaki sabah ve akşam en yüksek değere ulaştığı saatler arasındaki farklılığın pandemi dönemindeki kapanmanın etkisinin olduğu düşünülmektedir. Yaz aylarında yağış miktarlarının tüm yıllarda gün içerisinde bariz bir şekilde çok fazla dalgalanma gösterdiği ve özellikle 2018 yılında 14.00 ile 19.00, 2019 yılında 10.00, 14.00 ile 16.00 ve 2020 yılında ise 08.00, 14.00 ile 18.00 saatlerinde yükseldiği gözlemlenmiştir. Yaz aylarındaki yağışların 2018 yılında genellikle 11.00 – 16.00 ile 17.00 – 20.00 saatleri arasında gerçekleştiği dikkate alındığında azot oksit değerlerinin 11.00 – 16.00 saatleri arasında düşük olduğu, 17.00 – 20.00 saatleri arasında ise değerlerin biraz yükseldiği görülmektedir. 2019 yılında yağışların genel itibariyle 08.00 – 20.00 saatleri arasında dalgalı bir şekilde gerçekleştiği ve 10.00, 14.00 ile 16.00 saatlerinde en yüksek yağışın yağdığı saatler arasında azot oksit değerlerinin en düşük miktarlarda gerçekleştiği Şekil 5.127’den anlaşılmaktadır. 2020 yılında ise yağışların genel itibariyle 07.00 – 19.00 saatleri arasında dalgalı bir şekilde gerçekleştiği, yağışın en yüksek miktarda gerçekleştiği 14.00 ile 18.00 saatlerinde azot oksitlerin değerlerinin düşük olduğu gözlemlenmektedir. 2021 yılında yağışların gün boyunca inişli çıkışlı bir şekil oluşturduğu, en yüksek yağışın 12.00 ile 18.00 saatlerinde gerçekleştiği ve bu saatlerde ise azot oksitlerin

değerlerinin dalgalı bir seyir gösterdiği, değerlerin en yüksek olduğu 11.00 ile 19.00 saatlerinde ise yüksek miktarda yağış gözlemlenmemektedir. Yaz aylarında NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin kış aylarına göre daha düşük olduğu ve rüzgâr yönlerinin kış aylarında olduğu gibi sabah saatlerinde hâkim rüzgârın N (Kuzey-Yıldız) ve NNE (Yıldız-Poyraz) yönünde, değerlerin düşmeye başladığı saatler de ise yine aynı yönde olmasına rağmen havanın durgun olduğu, akşam değerlerin yükselmeye başladığında ise rüzgâr yönünün S (Güney-Kıble) ve SSW (Kıble-Lodos) olarak yön değiştirip sabah saatlerine kadar aynı yönde estiği görülmektedir. Rüzgârın kuzey yönlerinde estiği ve havanın durgun olduğu saatlerde azot oksitlerin değerlerinin yükseldiği, güney yönlerde estiği saatlerde ise değerlerin kuzey yönlü rüzgârların estiği saatlerde oluşan değerlerden daha yüksek olmadığı Şekil 5.127'den görülmektedir. Genellikle tüm yıllarda sabah saatlerinde hakim rüzgarların N (Kuzey-Yıldız -) ve NNE (Yıldız-Poyraz), akşam saatlerinde ise S (Güney-Kıble) ve SSW (Kıble-Lodos) yönlerinde estiği, hatta NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin gün içerisinde en yüksek olduğu 19.00-20.00 saatlerinde havanın tüm yıllarda durgun olduğu görülmektedir. O₃ değerlerinin ise genellikle sıcaklık ile aynı paralellik gösterdiği, diğer parametreler ile bağıntılı bir hareketi görülememiştir.



Şekil 5.128 2018-2019-2020-2021 Yılları Kış Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile CO Değişimi

Kış aylarındaki saatlik karbon monoksit (CO) değerinin en düşük olduğu sabah 05.00-07.00'da sıcaklığında en düşük seviyede olduğu ve sıcaklık devamlı artarken CO değeri ise saat 09.00-11.00'da yüksek değere ulaşarak sonrasında düşüş eğilimi gösterdiği ve ikinci en düşük seviyeye 2018 ve 2019 yıllarında sıcaklığın en yüksek olduğu 12.00-13.00 saatlerinde, 2020 ve 2021 yıllarında ise sıcaklığın düşmeye başladığı 15.00-16.00 saatlerinde ulaştığı ve sonrasında tekrar yükselerek en yüksek seviyeye 2018 ve 2019 yıllarında 18.00-19.00'da 2020 ve 2021 yıllarında ise 20.00-21.00 saatlerinde ulaştığında ise sıcaklık seviyelerinin düşüş eğiliminin devam ettiği Şekil 5.128'dan anlaşılmaktadır. Bu dört yıldardaki sabah ve akşam en yüksek değere ulaştığı saatler arasındaki farklılığın pandemi dönemindeki kapanmanın etkisinin olduğu düşünülmektedir. Kış aylarında yağış miktarlarının tüm yıllarda gün içerisinde bariz bir şekilde çok fazla dalgalanma göstermediği, 2018 yılında 12.00 - 22.00, 2021 yılında ise 04.00 – 14.00 saatleri arasında yağışların diğer yıllardan bir miktar fazla olduğu, diğer yıllarda gün içerisinde fazla bir değişim olmadığı, 2018 yılında yağışların fazla olduğu 12.00 - 22.00 saatleri ile 2021 yılı 04.00 – 14.00 saatleri arasında karbon monoksit değerlerinin yükseliş ve düşüş gösterdiği dalgalı bir seyir izlediği, hatta 2018 yılında yağışın en yüksek miktarda olduğu 18.00 ile 2021 yılı 12.00 saatlerinde karbon monoksit değerlerinin de günün en yüksek değerlerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Kış aylarında CO değerlerinin yüksek olduğu sabah saat 09.00'da Kış aylarında CO değerlerinin yüksek olduğu saat 09.00-11.00'da rüzgâr yönünün 2018 yılında N (Kuzey-Yıldız), 2019, 2020 ve 2021 yıllarında NNE (Yıldız-Poyraz) olup, 2018 yılındaki CO değerlerinin diğer yıllardan biraz yüksek olduğu, öğleden önceki değerlerde diğer yıllarda en düşük değerlerin 2020, öğleden sonraki saatlerde ise 2021 değerlerinin diğer yıllardan dahah düşük olduğu, tüm yıllarda değerlerin düşük olduğu öğleden sonra havanın durgunlaştığı ve kirletici değerlerinin de yükselmeye başladığı akşam saatlerine doğru rüzgârın S (Güney-Kible) ve SSW (Kible - Lodos) esmeye başlayarak gece boyunca devam ettiği Şekil 5.128'den görülmüştür.



Şekil 5.129 2018-2019-2020-2021 Yılları Yaz Ayları Saatlik Rüzgâr Yönleri, Sıcaklık ve Yağış Miktarları ile CO Değişimi

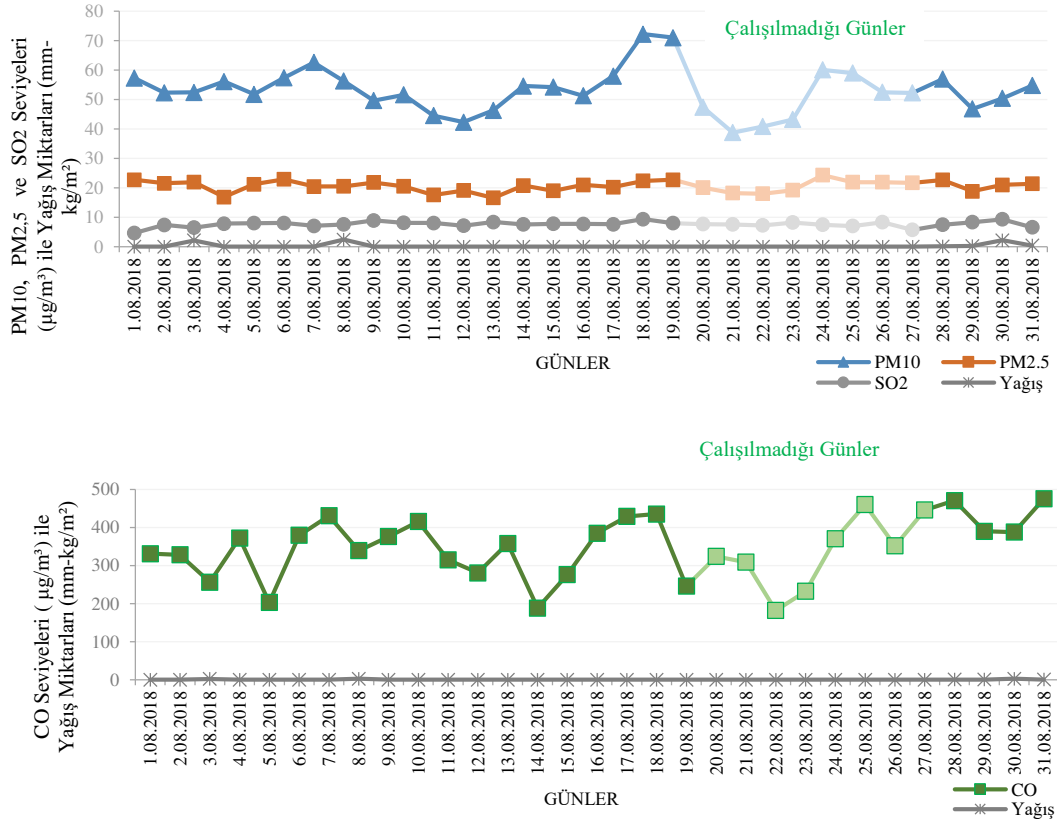
Yaz aylarındaki saatlik karbon monoksit (CO) deęerinin en dūřuk olduęu sabah 04.00-06.00'da sıcaklıęında en dūřuk seviyede olduęu ve sıcaklık devamlı artarken CO deęeri ise saat 08.00-11.00'da yūkssek deęere ulařarak sonrasında dūřūř eęilimi gōsterdięi ve ikinci en dūřuk seviyeye 2018 ve 2019 yıllarında sıcaklıęın en yūkssek olduęu 12.00-13.00 saatlerinde, 2020 ve 2021 yıllarında ise sıcaklıęın biraz dūřmeye bařladıęı 14.00-15.00 saatlerinde ulařtıęı ve sonrasında tekrar yūkselerek en yūkssek seviyeye 2018 ve 2019 yıllarında 19.00'da 2020 ve 2021 yıllarında ise 20.00-21.00 saatlerinde ulařtıęında ise sıcaklık seviyelerinin dūřūř eęiliminin devam ettięi řekil 5.129'dan anlařılmaktadır. Bu dōrt yıllardaki sabah ve akřam en yūkssek deęere ulařtıęı saatler arasındaki farklılıęın pandemi dōnemindeki kapanmanın etkisinin olduęu dūřūnőlmektedir. Yaęıřların Yaz aylarındaki yaęıřların 2018 yılında genellikle 11.00 – 16.00 ile 17.00 – 20.00 saatleri arasında geręekleřtięi dikkate alındıęında CO deęerlerinin 11.00 – 16.00 saatleri arasında dūřuk olduęu, 17.00 – 20.00 saatleri arasında ise deęerlerin yūkselerek gūn ięerisindeki en yūkssek konsantrasyonlara ulařtıęı gōrőlmektedir. 2019 yılında genel itibariyle 08.00 – 20.00 saatleri arasında yaęıřların dalgalı bir řekilde geręekleřtięi ve 10.00, 14.00 ile 16.00 saatlerinde en yūkssek yaęıřın yaędıęı saatler arasında CO deęerlerinin en dūřuk miktarlarda geręekleřtięi řekilden anlařılmaktadır. 2020 yılında ise genel itibariyle 07.00 – 19.00 saatleri arasında yaęıřların dalgalı bir řekilde geręekleřtięi, yaęıřın en yūkssek miktarda geręekleřtięi 14.00 ile 18.00 saatlerinde CO deęerlerinin gece deęerlerine gōre dūřuk őęleden őnceki deęerlere gōre yūkssek olduęu gōzlemlenmektedir. 2021 yılında yaęıřların gūn boyunca iniřli ıkıkıřlı bir řekil oluřturduęu, en yūkssek yaęıřın 12.00 ile 18.00 saatlerinde geręekleřtięi ve bu saatlerde ise CO deęerlerinin dūřūř ve yūkseliř gōsterdięi, deęerlerin en yūkssek olduęu 21.00 saatlerinde ise çok dūřuk miktarda yaęıř gōzlemlenmektedir. Rūzgār yōnlerinin sabah saatlerinde tūm yıllarda N (Kuzey-Yıldız) ve NNE (Yıldız-Poyraz), akřam saatlerinde ise S (Gūney-Kıble) ve SSW (Kıble-Lodos) yōnlerinde estięi, karbonmonoksit deęerlerinin rūzgārın gūney yōnlerinden estięi akřam ve gece saatlerinde dūřūř gōstermesine raęmen kuzey yōnlerinden estięi sabah saatlerine gōre daha yūkssek deęerlerde olduęu, hatta havanın durgun olduęu 17.00-20.00 saatlerinde ise CO deęerlerinin yūkseliř gōstererek gūn ięerisindeki en yūkssek deęerlere ulařtıęı gōrőlmektedir.

5.4. Sanayi Tesislerinin Hava Kalitesine Etkisi

Şehir merkezinin hava kalitesini etkileyecek şekilde kentin kuzey ve güney yönünde büyük yakma sistemlerine sahip iki adet orman ürünleri tesisi bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda her iki tesisin yakma sistemlerinde yakıt olarak ağaç türevleri olan odun, odun parçaları, üretim artıkları, talaş vb. yakıt olarak kullandığı tespit edilmiştir. Hava kalitesine etkilerini değerlendirebilmek için 24 saat sürekli çalışan bu tesislerin yıl içinde çalışmadığı günlerdeki Hava Kalitesi Ölçüm Değerleri ile çalıştığı günlerdeki değerler karşılaştırılarak hangi parametrelere etkisinin olduğu araştırılmıştır

Tablo 5.98. Şehrin Kuzey Yönündeki Tesisin Çalışmadığı Gün Aralıkları

Çalışmadığı Gün Aralıkları	20.08.2018 - 27.08.2018	13.07.2019 – 03.08.2019	17.05.2020 – 01.06.2020
----------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------



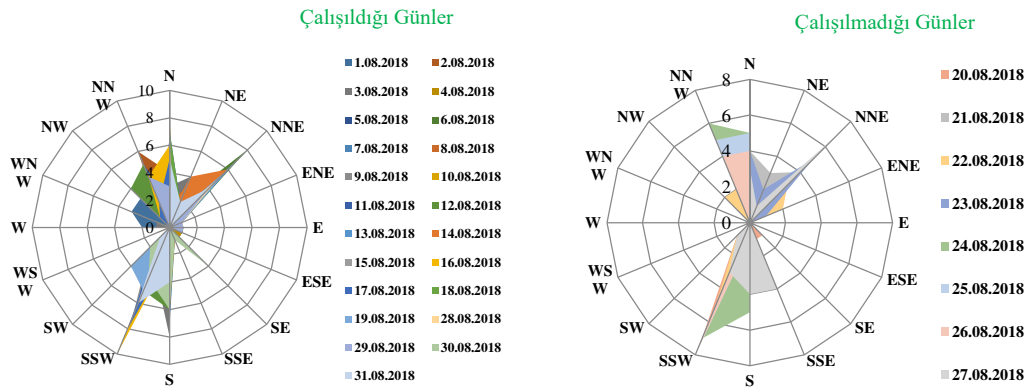
Şekil 5.130 Tesisin Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri

Tablo 5.99 Tesisin 01-16 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Rüzgâr Yönleri	S	NNW	S	N	N	NNE	N	S	SSW	SSW	SSW	SSW	NNE	SSW	SSW	SSW

Tablo 5.100 Tesisin 17-31 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

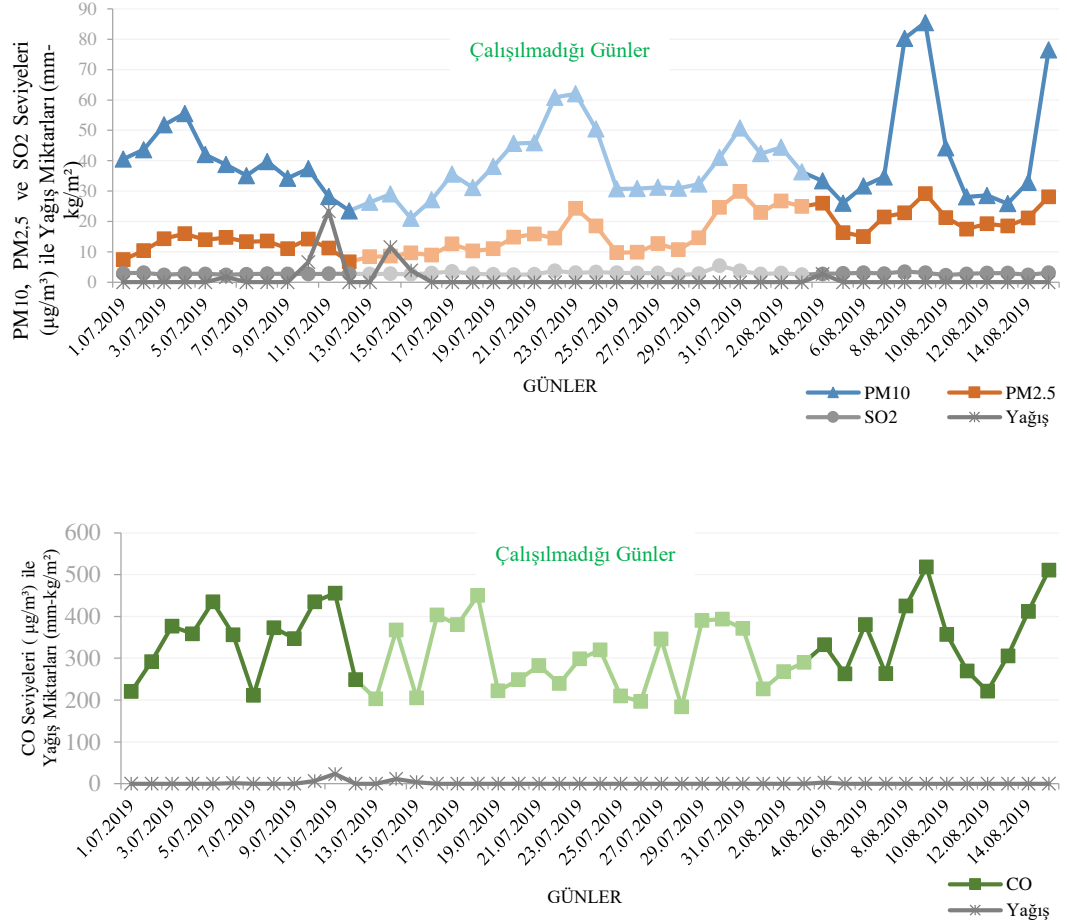
Günler	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Rüzgâr Yönleri	SSW	N	NNE	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	NNE	N	SSW	S	SSW



Şekil 5.131. Tesisin Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Şekil 5.130 ve 5.131’deki verilere bakıldığında tesisin çalışmadığı durumlarda da PM_{10} , $PM_{2.5}$ ve CO değerlerinin inişli çıkışlı bir seyir izlediği ve tesisin bahsedilen parametreler üzerinde belirgin bir etkisinin olduğu gözlemlenmemektedir. SO_2 parametresinin ise çok fazla değişim göstermeyip çok yakın değerlerde olması tesisin etkisinin olup olmadığı hakkında bir fikir verememektedir. Ancak tesisin çalışmadığı fakat PM_{10} değerlerinin yüksek olduğu 24-25 Ağustos tarihlerinde ise şehrin güneyindeki tesisin çalıştığı ve hâkim rüzgâr yönünün güney-güneybatı olmasından kaynaklı emisyonların taşınarak ölçüm değerlerini etkilediği Şekil 5.131’den anlaşılmaktadır. Yine tesisin çalışmadığı ve CO değerlerinin yüksek olduğu 25 Ağustos tarihinde ise şehrin güneyindeki diğer tesisin çalıştığı ve hâkim rüzgâr yönünün güney-güneybatı olmasından kaynaklı emisyonların taşınarak CO konsantrasyonlarını yükseltebileceği değerlendirilmektedir. Her iki tesisin çalışmadığı günlerde PM_{10} değerlerinin düşüş gösterdiği, bahsedilen tesisin çalışıp

kentin güney yönündeki tesisin çalışmadığı günlerde rüzgârın güney-güneybatı yönlerinde esmesinden dolayı PM₁₀ değerlerinin düşük seviyelerde gerçekleştiği anlaşılmaktadır.



Şekil 5.132 Tesisin 1 Temmuz – 15 Ağustos 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri

Tablo 5.101 Tesisin 01 Temmuz – 31 Temmuz 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

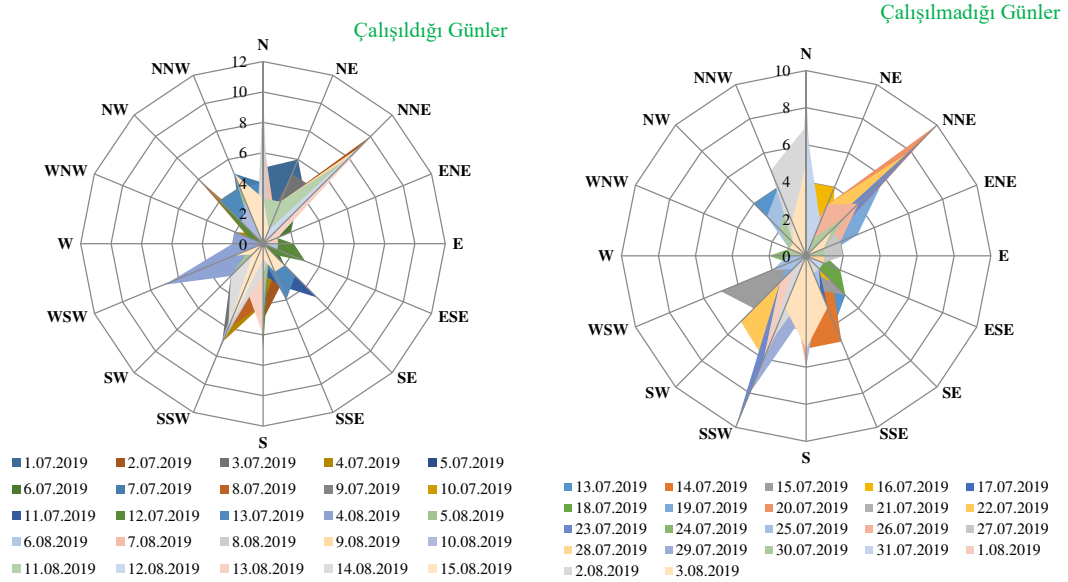
Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Rüzgâr Yönleri	NE	NNE	SSW	SSW	NNE	NW	SSW	SSW-NW	SSW	SSW	SE	S	NW	S	WSW	N

Tablo 5.101'in devamı

Günler	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Rüzgâr Yönleri	NNW	NNE	NNE	NNE	SSW	NNE	NNE	SSW	S	S	N	N	SSW	SSW	N

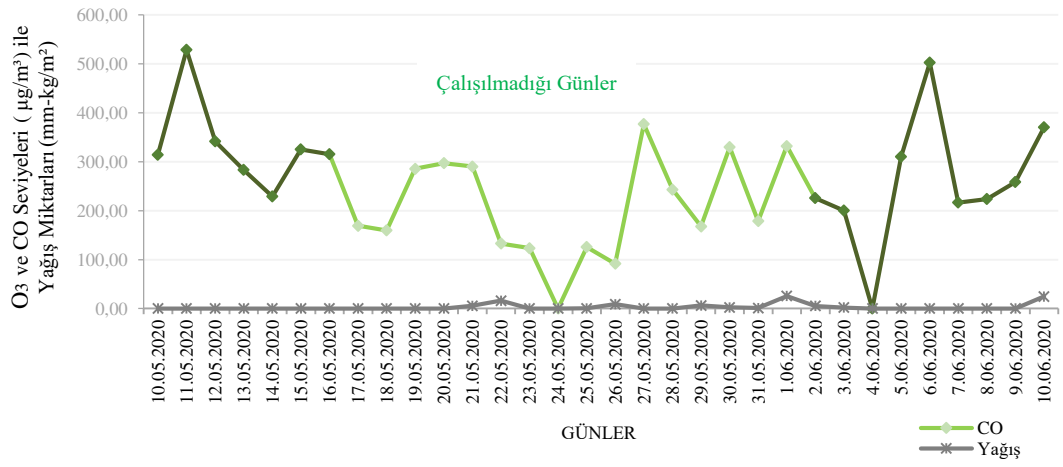
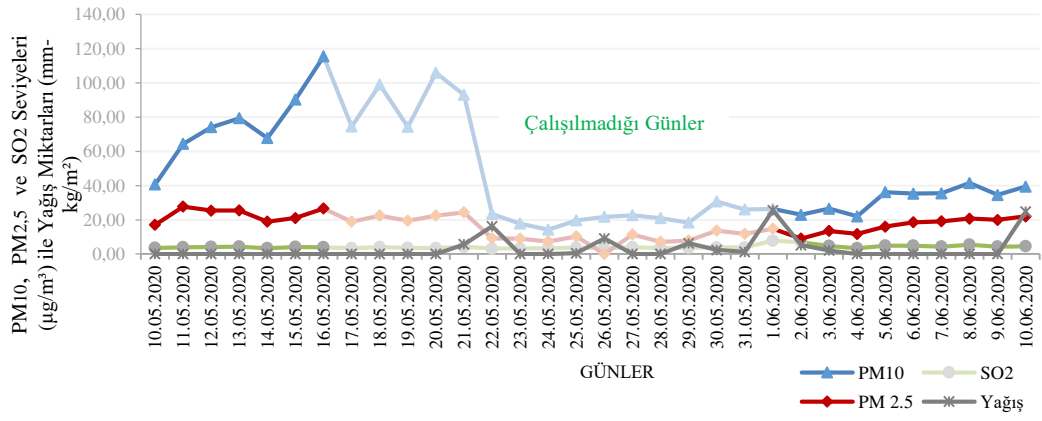
Tablo 5.102 Tesisin 01 Ağustos – 15 Ağustos 2019'da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rüzgâr Yönleri	NNE	N	N	WSW	NNW	NNE	N	N	NNE	SSW	NNE	NNE	NNE	N	SSW



Şekil 5.133 Tesisin 01 Temmuz – 15 Ağustos 2019'da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Şekil 5.132'deki verilere bakıldığında tesisin çalışmadığı durumlarda da PM_{10} , $PM_{2.5}$ ve CO değerlerinin inişli çıkışlı bir seyir izlediği, SO_2 parametresinin ise çok fazla değişim göstermeyip çok yakın değerlerde olmasından tesisin belirgin bir etkisinin olup olmadığı hususu gözlemlenememiştir. Ayrıca PM_{10} ve $PM_{2.5}$ değerlerinin yüksek olduğu 23 Temmuz ve 31 Temmuz ile CO konsantrasyonlarının yüksek olduğu Temmuz ayındaki günler (14, 16, 17, 18, 27, 29, 30, 31) şehrin kuzey ve güneyindeki tesislerin çalışmadığı zaman aralıklarına denk gelmektedir. Her iki tesisin çalışmadığı günlerde genel itibari ile PM_{10} ve CO değerleri düşük seviyelerde gerçekleştiği görülmektedir.



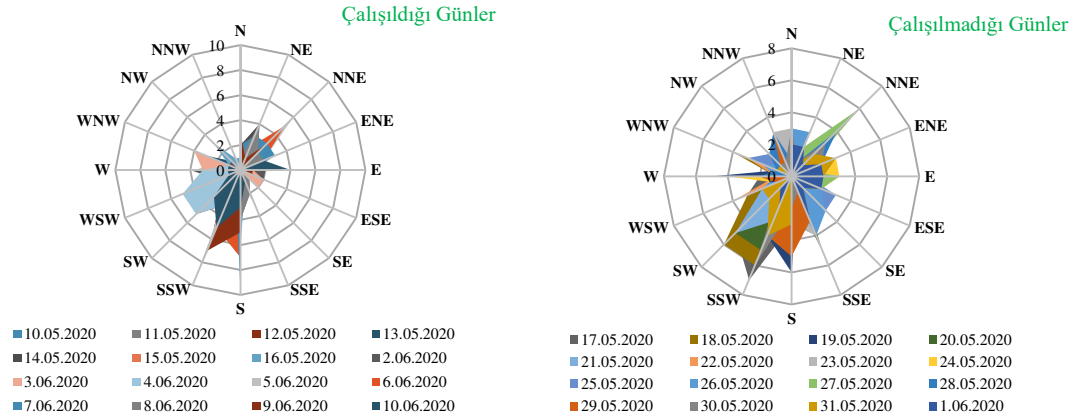
Şekil 5.134 Tesisin 10 Mayıs – 10 Haziran 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri

Tablo 5.103 Tesisin 10 Mayıs – 25 Mayıs 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Günler	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Rüzgâr Yönleri	SSW	SSW	S	SSW	SSW	SSW	S	SSW	SSW	S	SW	SW	WSW	SSE	W	WNW

Tablo 5.104 Tesisin 26 Mayıs – 10 Haziran 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Günler	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rüzgâr Yönleri	SSE	NNE	NNE	S	SSW	SSW	SSE	W	WNW	SW	SSW	S	S	S	SSW	SSW

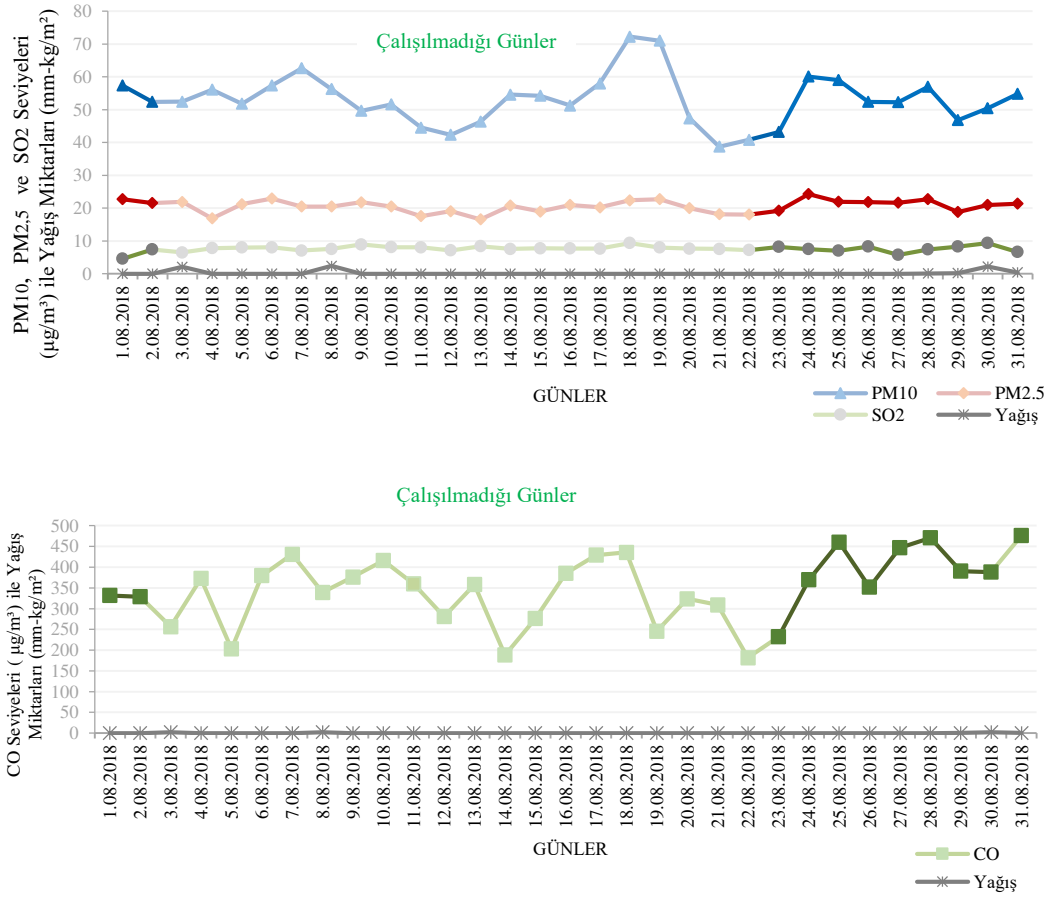


Şekil 5.135 Tesisin 10 Mayıs – 10 Haziran 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Şekil 5.134’deki verilere bakıldığında tesisin çalışmadığı durumlarda da PM_{10} , $PM_{2,5}$ ve CO değerlerinin inişli çıkışlı bir seyir izlediği, ancak tesisin çalıştığı günlerdeki değerlerin çalışmadığı zamandaki değerlerden daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. SO_2 parametresinin ise çok fazla değişim göstermeyip çok yakın değerlerde olması tesisin belirgin bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Fakat tesisin çalışmadığı ancak PM_{10} değerlerinin yüksek olduğu 17-21 Mayıs tarihleri, CO konsantrasyonunun yüksek olduğu 19-21 Mayıs ile 27 Mayıs–1 Haziran tarihleri arasında şehrin güneyindeki tesisin çalıştığı ve hâkim rüzgâr yönünün güney-güneybatı olmasından kaynaklı olarak emisyonların taşınarak ölçüm değerlerini etkileyebileceği düşünülmektedir. PM_{10} değerlerinin düşük olduğu ve tesisin çalışmadığı 22-29 Mayıs tarihlerinde şehrin güney yönündeki diğer tesisin çalıştığı ve hâkim rüzgâr yönünün genellikle batı ve kuzey yönlerinde olduğu göz önüne alındığında tesislerin etkileri anlaşılmaktadır. Ayrıca yağış olduğu günlerde de parametrelerin konsantrasyonlarında çok belirgin bir düşüş gözlemlenmemiştir.

Tablo 5.105 Şehrin Güney Yönündeki Tesisin Çalışmadığı Gün Aralıkları

Çalışmadığı Gün Aralıkları	03.08.2018 – 22.08.2018	17.06.2019 – 08.08.2019	01.12.2020 – 10.12.2020
----------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------



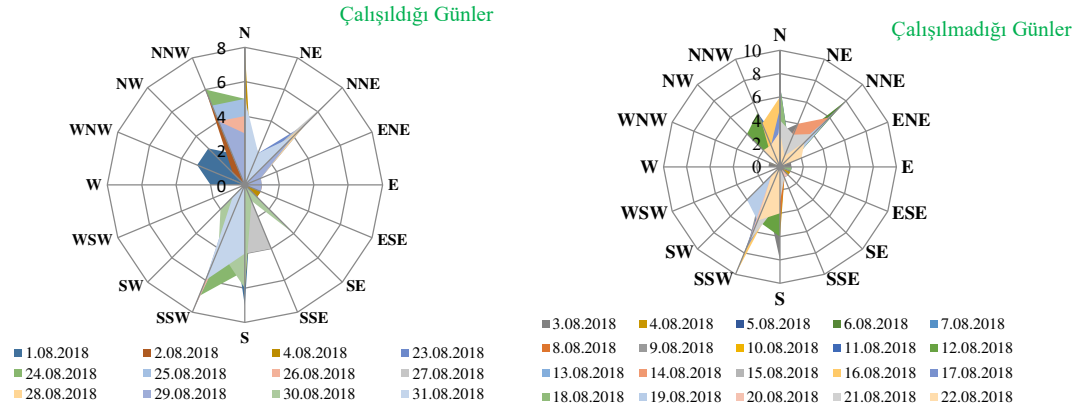
Şekil 5.136 Tesisin 03 Ağustos – 22 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri

Tablo 5.105 Tesisin 01 Ağustos – 16 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Günler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Rüzgâr Yönleri	S	NNW	S	N	N	NNE	N	S	SSW	SSW	SSW	SSW	NNE	SSW	SSW	SSW

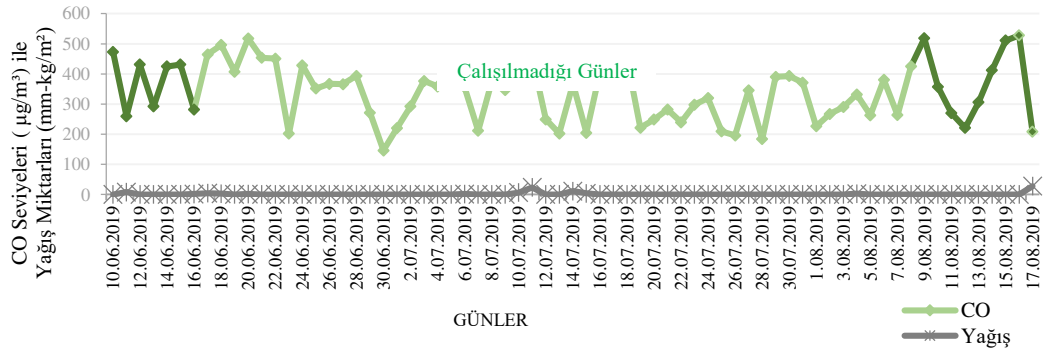
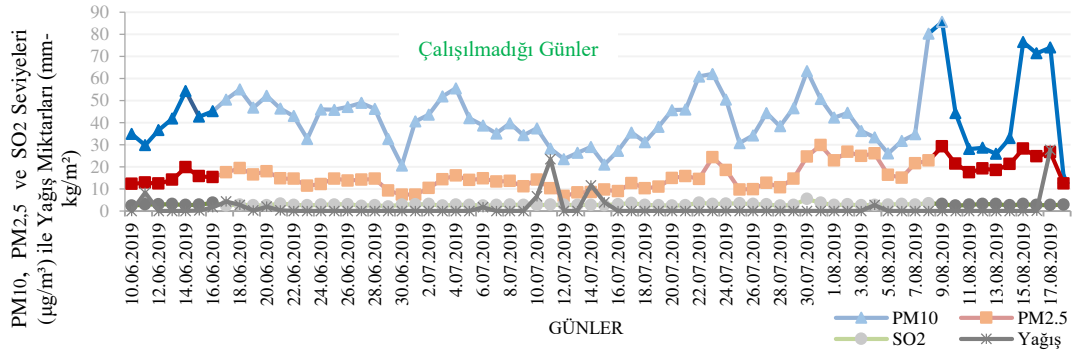
Tablo 5.106 Tesisin 17 Ağustos – 31 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Günler	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Rüzgâr Yönleri	SSW	N	NNE	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	NNE	N	SSW	S	SSW



Şekil 5.137 Tesisin 03 Ağustos – 22 Ağustos 2018’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

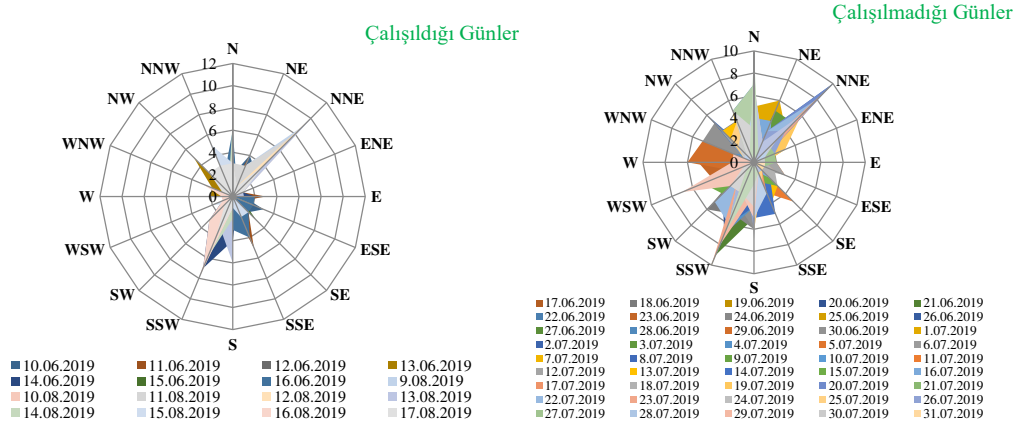
Şekil 5.136’deki verilere bakıldığında tesisin çalışmadığı durumlarda da PM_{10} , $PM_{2.5}$ ve CO değerlerinin inişli çıkışlı bir seyir izlediği ve tesisin bahsi geçen parametreler üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı, ancak tesisin çalışmadığı günlerdeki en yüksek değerlerin çalıştığı günlerdeki değerlerden daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. SO_2 parametresinin ise çok fazla değişim göstermeyip çok yakın değerlerde olması tesisin belirgin bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Fakat tesisin çalışmadığı ancak PM_{10} değerlerinin yüksek olduğu 18-19 Ağustos tarihleri ile CO konsantrasyonunun yüksek olduğu 18 Ağustos tarihinde şehrin kuzeyindeki tesisin çalıştığı ve hâkim rüzgâr yönünün kuzey-kuzeydoğu olmasından kaynaklı emisyonların taşınarak ölçüm değerlerini etkileyebileceği düşünülmektedir. Fakat bu yükselişe sadece şehrin kuzeyindeki tesisin değil, tesisle aynı yönde bulunan iki adet beton santrali ve asfalt plantinin etkisinin de olacağı düşünülmektedir. Tesisin çalışmadığı 11,12 ve 21 Ağustos tarihlerinde PM_{10} değerlerinin düşük olduğu bu tarih aralığında şehrin kuzeyindeki tesisin çalıştığı ve hâkim rüzgâr yönünün güney-güneybatı olmasından dolayı bu tesisin emisyonlarının istasyonun tersi istikamette taşınmasından değerleri etkilemediği, hatta her iki tesisin çalışmadığı 21-22 Ağustos tarihinde PM_{10} ve CO değerlerinin düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 5.138 Tesisin 17 Haziran – 08 Ağustos 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri

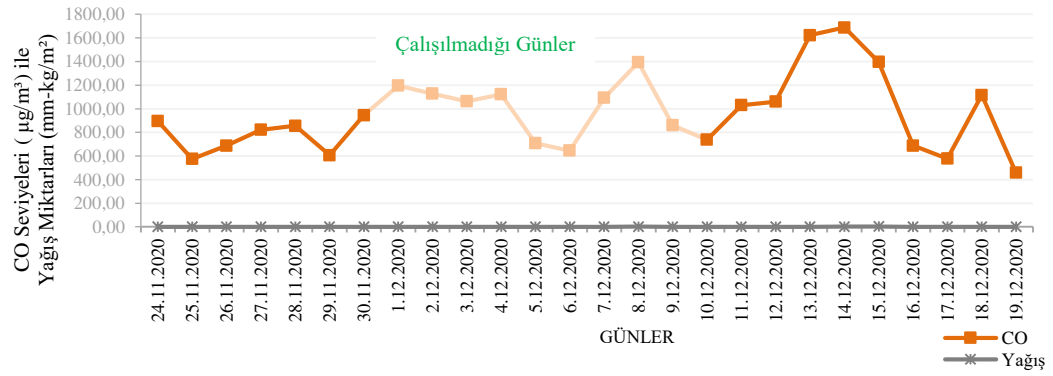
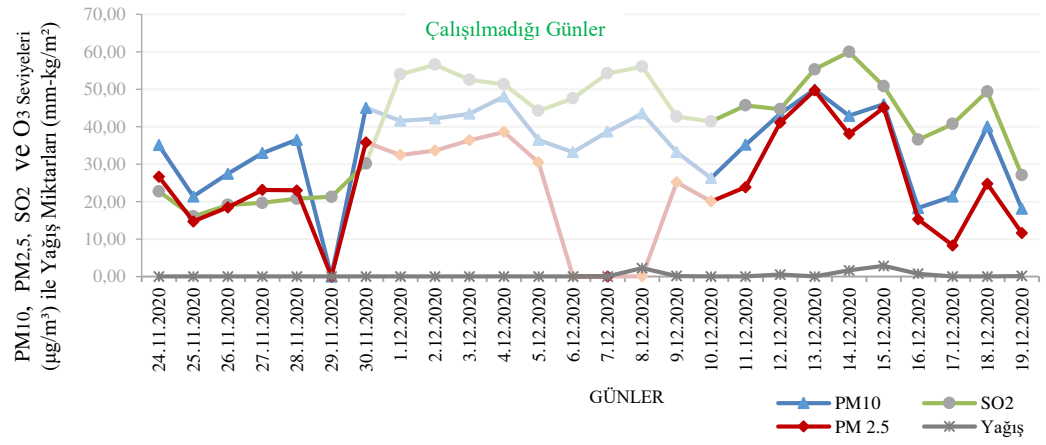
Tablo 5.107 Tesisin 17 Haziran – 08 Ağustos 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Günler	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Rüzgâr Yönleri	NE	NE	NNE	SSW	SSW	N	N	SSW	SW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	S	SSW
Günler	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rüzgâr Yönleri	S	SSW	NNE	S	N	W	NW	NE	NNE	SSW	SSW	NNE	NW	SSW	SSW	SSW
Günler	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Rüzgâr Yönleri	SSW	SE	S	NW	S	WSW	N	NNW	NNE	NNE	SSW	NNE	SSW	SSW	SSW	S
Günler	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rüzgâr Yönleri	S	N	N	SSW	SSW	N	NNE	N	N	WSW	NNW	NNE	N	N	NNE	SSW
Günler	11	12	13	14	15	16	17									
Rüzgâr Yönleri	NNE	NNE	NNE	N	SSW	SSW	SSW									



Şekil 5.139 Tesisin 17 Haziran – 08 Ağustos 2019’da Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

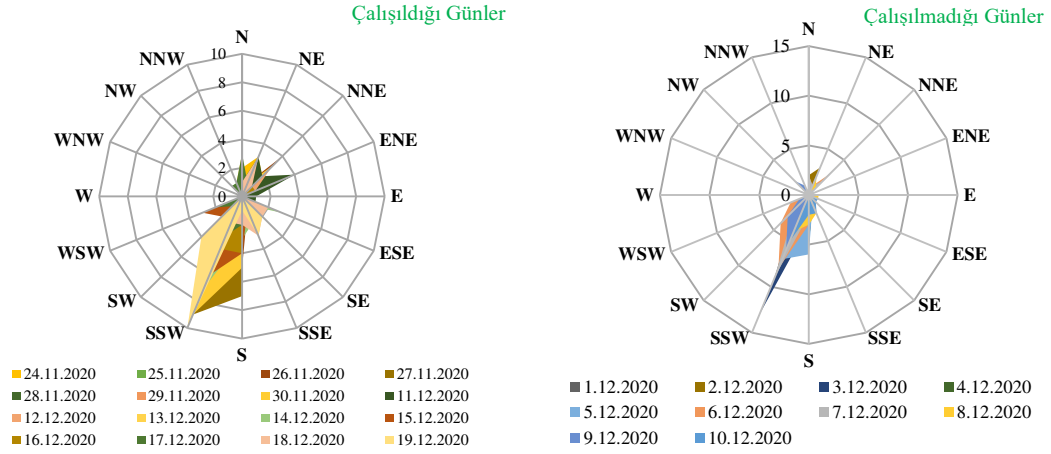
Şekil 5.138’deki verilere bakıldığında tesisin çalışmadığı durumlarda da PM_{10} , $PM_{2,5}$ ve CO değerlerinin inişli çıkışlı bir seyir izlediği, ancak tesisin çalıştığı günlerdeki en yüksek değerlerin çalışmadığı zamandaki en yüksek değerlerden daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. SO_2 parametresinin ise çok fazla değişim göstermeyip çok yakın değerlerde olması tesisin belirgin bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Fakat tesisin çalışmadığı ancak PM_{10} değerlerinin yüksek olduğu 22-23 Temmuz ile 8 Ağustos tarihleri, CO konsantrasyonunun yüksek olduğu 5,18 Temmuz ile 8 Ağustos tarihinde şehrin kuzeyindeki tesisin çalıştığı ve hâkim rüzgâr yönünün kuzey-kuzeydoğu olmasından kaynaklı emisyonların taşınarak ölçüm değerlerini etkileyebileceği düşünülmektedir. PM_{10} değerlerinin düşük olduğu ve tesisin çalışmadığı 30 Haziran ve 5 Ağustos tarihlerinde kuzey yönündeki diğer tesisin çalıştığı ve hâkim rüzgâr yönünün güney yönünde olduğu göz önüne alındığında tesislerin etkileri anlaşılmaktadır. Fakat bu yükselişe sadece şehrin kuzeyindeki tesisin değil, tesisle aynı yönde bulunan iki adet beton santrali ve asfalt plentinin etkisinin de olacağı düşünülmektedir. Her iki tesisin çalışmadığı 15 Temmuz tarihinde de PM_{10} değeri en düşük seviyede oluşmaktadır. Her iki tesisin çalışmadığı Temmuz ayı içerisinde de CO değerleri en düşük seviyelerde gözlemlenmektedir. Ayrıca yağış olduğu günlerde de parametrelerin konsantrasyonlarında biraz düşüş gözlemlenmektedir.



Şekil 5.140 Tesisin 24 Kasım – 19 Aralık 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hava Kalitesi Değerleri

Tablo 5.108 Tesisin 24 Kasım – 19 Aralık 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Günler	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6
Rüzgâr Yönleri	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW
Günler	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Rüzgâr Yönleri	SSW	SSW	SSW	SSW	ENE	SSW	SSW	SSW	SSW	N	N	NE	SSW



Şekil 5.141 Tesisin 24 Kasım – 19 Aralık 2020’de Çalıştığı ve Çalışmadığı Günlerdeki Hâkim Rüzgâr Yönleri

Tesisin çalışmadığı durumlarda PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 ve CO değerlerinin değişken olduğu, ancak tesisin çalıştığı günlerdeki en yüksek PM_{10} , $PM_{2,5}$ ve CO değerlerinin çalışmadığı zamandaki en yüksek değerlerden çok az yüksek olduğu, SO_2 değerlerinin ise tesisin çalıştığı günlerdeki değerlerin çalışmadığı günlerdeki değerlerden genel itibariyle düşük olduğu Şekil 5.140’daki verilerden anlaşılmaktadır. Fakat tesisin çalışmadığı ancak PM_{10} , SO_2 ve CO değerlerinin yüksek olduğu 1-4 Aralık ile 7-8 Aralık tarihlerinde şehrin kuzeyindeki tesisin çalıştığı ve hâkim rüzgâr yönünün güney-güneybatı, PM_{10} , SO_2 ve CO değerlerinin düşük olduğu ve tesisin çalışmadığı 5-6 Aralık tarihlerinde kuzey yönündeki diğer tesisin çalıştığı ve hakim rüzgâr yönünün güney-güneybatı olduğu göz önüne alındığında tesislerin etkileri anlaşılmaktadır. Her iki tesisin çalıştığı PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 ve CO değerlerinin yüksek olduğu 13-15 Aralık tarihlerinde rüzgâr yönünün güney-güneybatı olduğu göz önüne alındığında şehrin hava kalitesine bu tesisin etkisinin daha fazla olduğu düşünülmektedir. Ayrıca yağış olduğu günlerde de parametrelerin konsantrasyonlarında fazla bir değişim olmamış, hatta yağış günlerinde değerlerde yükselmeler olduğu gözlemlenmektedir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı Kastamonu şehir merkezinde Temmuz 2018 – Haziran 2021 dönemi için hava kalitesi değerlerinin değişiminin ve bu değerlere dış etkilerin incelenmesidir. Öncelikle Kastamonu İli merkezinde bulunan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonunun, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, NO, NO₂, NO_x, O₃ ve CO parametrelerinin değerleri elde edilmiştir. Kastamonu Belediye Başkanlığı'ndan aylık bağımsız bölüm sayıları, Kargaz Doğalgaz Dağıtım San. Ve Tic. A.Ş.'den aylık doğalgaz abone sayıları ve doğalgaz tüketim miktarları, katı yakıt miktarlarının belirlenebilmesi için yardım olarak dağıtılan yerli kömür verilerinden yararlanılmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Başkanlığı'nın Web Sitesinden aylık motorlu araç sayısı ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan rüzgâr, sıcaklık ve yağış verileri elde edilerek, tüm elde edilen bu verilerle hava kalitesi kirletici parametreleri karşılaştırılarak hava kalitesine olan etkileri analiz edilmiştir.

Hava kalitesini etkileyen kirletici parametrelerin mevzuatlar gereği sınır değerlerinin verildiği Hava Kalitesinin Korunması ve Yönetimi Yönetmeliğine göre yapılan değerlendirilmesinde 2018 yılında yalnızca PM₁₀ değerlerinin aylık sınır değer olan 60 µg/m³'ü Temmuz – Aralık döneminde 15, 2019 yılında 152, 2020 yılında 81 ve 2021 yılında ise 13 defa sınır değer olan 50 µg/m³'ü aştığı EK A'dan görülmektedir. Diğer parametreler olan kükürt dioksit, azot dioksit ve karbon monoksitin sınır değerleri aşmadığı görülmüştür. 2018 yılı PM₁₀ yıllık ortalama değeri 57 µg/m³ gerçekleşmiş ve yönetmelik sınır değeri olan 44 µg/m³'ü yaklaşık olarak %30 oranında aştığı, 2019 yılı yıllık ortalama değeri 56 µg/m³ olup yönetmelik sınır değeri olan 40 µg/m³'ü yaklaşık olarak %40 oranında, 2020 yılı yıllık ortalama değeri ise 41 µg/m³ olup yönetmelik sınır değeri olan 40 µg/m³'ü yaklaşık olarak %2,5 oranında, 2021 yılı yıllık ortalama değeri ise 30 µg/m³ olup yönetmelik sınır değeri olan 40 µg/m³'ü aşmamıştır. Aylık olarak en yüksek PM₁₀ değeri 107,28 µg/m³ olarak 2018 Kasım ayında, 147,67 µg/m³ olarak 2019 Aralık ayında, 218,20 µg/m³ olarak 2020 Şubat ayında, 76,97 µg/m³ olarak 2021 Ocak ayında, en düşük PM₁₀ değeri 23,45 µg/m³ olarak 2018 Ekim ayında, 11,34 µg/m³ olarak 2019 Nisan

ayında, 10,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak 2020 Aralık ayında ve 8,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak 2021 Ocak ayında gerçekleştiği EK B'den görülmektedir.

Aylık ve saatlik PM_{10} değerlerine bakıldığında, 2018 yılında oluşan değerlerin 2019 ve 2020 yıllarından özellikle yaz aylarında ve yaz dönemindeki saatlik verilerde yüksek olduğu, kış aylarındaki ortalamalarda 2020 değerlerinin 2019 ve 2021 yıllarındaki verilerden, kış dönemindeki saatlik ortalamalarda ise 2019 yılındaki verilerin 2018,2020 ve 2021 yıllarından yüksek olduğu görülmüştür. $\text{PM}_{2,5}$ parametresi yönünden ise genel itibari ile Ocak-Mayıs ayları arasında 2020, Ağustos-Aralık ayları arasında 2019, Haziran ayında 2021 ve Temmuz ayında ise 2018 yılındaki verilerin yüksek olduğu, saatlik olarak bakıldığında ise yaz aylarında gece saatlerinde 2018 yılı, yaz aylarının gündüz ile kış aylarında ise 2019 yılı değerlerinin diğer yıllardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

PM_{10} ve $\text{PM}_{2,5}$ değerlerine aylık olarak bakıldığında kış aylarına doğru değerlerin yükselmeye başladığı görülmekte ve ısınmanın etkili olduğu anlaşılmaktadır. Saatlik olarak değerlendirme yapıldığında değerlerin yaz ve kış sezonunda da sabah 06.00 - 08.00 saatlerinde yükselmeye başlayarak 09.00 – 11.00 saatlerinde en yüksek değerlere ulaşmakta olup, buradan kış döneminde ısınmadan kaynaklandığı düşünülse de yaz döneminde de aynı yükselmenin yaşanması trafik kaynaklı olduğunu da göstermektedir. Ancak kış döneminde oluşan en yüksek değer yaz dönemindekinden daha yüksek olduğundan aradaki fark ısınmadan kaynaklanmaktadır. Değerlerin öğlen saatlerinden sonra akşama kadar düşüş göstermesi gündüz zaman diliminde sıcaklıkların artış göstermesi ve sabah oluşan trafik yoğunluğunun bir miktar düşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Akşam saatlerinde de hem yaz hem de kış sezonunda değerlerde bir miktar yükselme olması ısınma ve trafik etkisinden kaynaklandığını, yani sıcaklığın düşmesine müteakip soba ve kaloriferlerin yakılması ile iş giriş ve çıkış saatlerinde trafik yoğunluğunun artışının etkisini göstermektedir. İnsan faaliyetlerinin yoğunluğu ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Kükürt dioksit parametresinin Ocak-Haziran arasındaki aylarda 2021 yılı, Temmuz-Aralık arasındaki aylarda ise 2020 yılı ortalama aylık değerlerinin diğer yıllardan

daha yüksek olduğu, hatta kış aylarındaki değerlerin diğer aylardan daha yüksek olduğu, saatlik olarak ise yaz sezonunda 2021 verilerinin her saat diliminde yüksek olduğu, kış sezonunda ise genel itibariyle 2020 yılındaki değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Fakat kükürt dioksit değerleri tüm yıllarda mevzuattaki sınır değerleri hiçbir zaman aşmamıştır.

Diğer parametrelerden azot oksitlerin aylık ortalama değerleri genel itibariyle değerlendirme yapılan diğer yıllardan 2019 yılında daha yüksek olduğu, ortalama saatlik değerler de ise yaz ve kış sezonunda NO değerlerinin her 2018-2019 yıllarında birbirine çok yakın olduğu, NO₂ ve NO_x değerlerinin ise 2019 yılında diğer yıllardan daha yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Yıllık ortalama azot oksitler (NO_x) 2018 yılında yıllık ortalaması 50 µg/m³, 2019 yılında ise yıllık ortalaması 56 µg/m³, 2020 yılında 50 µg/m³ ve 2021 yılında ise 39 µg/m³ olarak gerçekleşmiştir. Hava Kalitesinin Korunması ve Yönetmeliği gereği yıllık sınır değer 30 µg/m³ olması gerekmekte iken 2018 yılında %66, 2019 yılında ise %86, 2020 yılında %66 ve 2021 yılında ise %30 oranında aşmaktadır.

Aylık olarak karbon monoksit değerleri değerlendirildiğinde ise tüm yıllarda birbirine yakın değerlerde olduğu, 2020 yılı Nisan, Mayıs ve Haziran, 2021 yılı nisan ve Mayıs aylarında dalgalı biçimde olduğu gözlemlenmiştir. Günlük en düşük karbon monoksit değeri EK B'den görüleceği üzere 2018 yılı Ağustos ayında 181,89 µg/m³, 2019 yılı Haziran ayında 146,24 µg/m³, 2020 yılı Mayıs ayında 91,78 µg/m³ ve 2021 yılında Ocak ayında 23,53 µg/m³, en yüksek değer ise 2018 yılı Kasım ayında 3015,74 µg/m³, 2019 yılı Kasım ayında 1910,32 µg/m³, 2020 yılı Aralık ayında 1688,13 µg/m³ ve 2021 yılı Mart ayında 2795,29 µg/m³ olarak gerçekleşmiş olup, yönetmelik sınır değerlerini aşmadığı gözlemlenmiştir.

Yaz ve kış verilerine göre yapılan değerlendirme sonucunda ısınmanın kirlетici parametrelere olan etkisi, 2018 yılında PM₁₀ %14, SO₂ %0, NO %56, NO₂ %32, NO_x %46, CO %56, 2019 yılında PM₁₀ %24, SO₂ %33, NO %54, NO₂ %31, NO_x %42, CO %53, 2020 yılında PM₁₀ %33, SO₂ %68, NO₂ %36, NO_x %50 ve CO %43 ve 2021 yılında ise PM₁₀ %0, SO₂ %26, NO₂ %35, NO_x %41 ve CO değerlerine %46 olduğu ortaya çıkmaktadır. Kış aylarındaki sıcaklığın ve yağışın 2018 yılında diğer

yıllardan fazla olduğu göz önüne alındığında PM_{10} ve SO_2 değerlerinin diğer yıllara göre düşük çıkmasının yağışın ve sıcaklığın etkisinin olabileceği düşünülmektedir.

PM_{10} değerlerinin Ocak-Mart aylarında 2020, Nisan-Haziran aylarında 2019, Temmuz-Ekim ayları arasında 2018 ve Kasım-Aralık aylarında ise 2019 yılındaki değerlerin yüksek olduğu, $PM_{2,5}$ değerlerinin Haziran ayında 2021, Ocak-Mayıs aylarında 2020, Temmuz ayında 2018 ve Ağustos-Aralık aylarında ise 2019 yılındaki değerlerin yüksek olduğu ve bu yüksek olunan aylarda genellikle hakim rüzgâr yönünü SSW (Kıble - Lodos) olduğu, fakat tüm yıllarda değerlerin düşük olduğu aylarda da rüzgarın genellikle SSW (Kıble - Lodos) yönlerinde estiği görülmüştür.

Sıcaklığın sabah saatlerinden itibaren artmaya başladığı saatlerde PM_{10} değerlerinin artış gösterdiği, fakat sıcaklığın en yüksek olduğu öğle saatlerinde PM_{10} değerlerinin ise azaldığı görülmüştür. Yağışların kış aylarında gün içerisinde fazla değişim göstermediği, yaz aylarındaki saatlerde ise yağışların farklı miktarlarda dalgalı bir seyir izlediği, PM_{10} değerlerinin ise bazen yağış miktarı artarken değerlerde düşüş, bazen de yağış miktarı artarken değerlerde yükselme eğilimleri gösterdiğinden yağışla hep aynı yönde hareket görülmektedir.

PM_{10} değerlerinin yüksek olduğu sabah saatlerinde genellikle rüzgârın N (Kuzey-Yıldız) ve NNE (Yıldız-Poyraz) yönünde, PM_{10} değerlerinin düşmeye başladığı saatler de ise yine aynı yönde olmasına rağmen rüzgâr hızının çok düştüğü, akşam PM_{10} değerlerinin tekrar yükselmeye başladığında ise rüzgâr yönünün S (Güney-Kıble) ve SSW (Kıble - Lodos) olarak sabah saatlerine kadar aynı yönde estiği görülmektedir. Rüzgârın kuzey yönlerinde kuvvetli estiği saatlerde PM_{10} değerlerinin yükseldiği, güney yönlerde estiği saatlerde ise PM_{10} değerlerinin yükselmesine rağmen kuzey rüzgârlarındaki kadar yüksek olmadığı görülmüştür.

SO_2 değerlerinin Ocak-Haziran arasındaki aylarda 2021 yılında, Eylül ayında 2018 yılında, diğer aylarda ise 2020 yılında daha yüksek olduğu, 2018 yılı Eylül ayında sıcaklığın düşük ve yağış miktarlarının diğer yıllardan daha yüksek olduğu, 2020 yılında ise sıcaklık ve yağış miktarlarının bazen düşük bazen yüksek olduğu, 2021 yılı Ocak-Haziran aylarındaki yağış miktarının diğer yıllardan çok düşük sıcaklığın

ise diğer yıllara yakın değerlerde seyrettiği ve tüm yıllarda değerlerin yüksek olduğu aylarda rüzgârın güney yönlerinden estiği anlaşılmaktadır. Bu veriler ışığında sıcaklık ile birlikte yağışın SO₂ değerleri üzerinde etkili olduğu gözlemlenmektedir.

Sıcaklık yaz ve kış aylarında sabah saatlerinden itibaren artmaya başlayıp öğlen saatlerinde en yüksek değere ulaştıktan sonra düşüş eğilim gösterdiği dikkate alındığında, saatlik SO₂ değerlerinin 2018 yılında yaz aylarında sabah saatlerinden itibaren yükselerek gün içerisinde çok fazla değişim göstermediği, kış aylarında ise gün boyunca çok yakın değerlerde gerçekleştiği, 2019 ve 2020 yıllarındaki SO₂ değerlerinin ise yaz aylarında sabah saatlerinden itibaren yükselerek gün içerisinde birbirine yakın değerlerde 2021 yılında ise gün içerisinde fazla bir değişim göstermediği, 2019, 2020 ve 2021 yıllarındaki SO₂ değerlerinin kış aylarında ise biraz dalgalı seyir izlediğinden sıcaklık ile tam bir şekilde bağlantılı hareket etmediği gözlemlenmiştir. Yine kış aylarında yağışların tüm yıllarda gün içerisindeki saatlerde bazı saatler haricinde birbirine yakın miktarlarda olduğu, yaz aylarında ise yağışların gün içerisindeki saatlerde farklı miktarlarda gerçekleştiği dikkate alındığında, SO₂ değerlerinin yağış olduğu zaman dilimlerinde düşme ve yükselme eğilimleri gösterdiği, hatta sabit değerlerde olduğu da görülmüştür.

SO₂ değerlerinin yaz ve kış aylarında 2018 yılında saatler arasında çok fazla değişim göstermediği, 2019 ve 2020 yıllarında ise gün içerisinde yükselişler ve düşüşler göstererek dalgalı bir şekilde seyir izlediği ve 2021 yılında ise yaz aylarında çok yakın değerlerde kış aylarında dalgalı değerler olduğu göz önüne alındığında, genel olarak değerlerin en yüksek olduğu zaman diliminde rüzgâr hızının en düşük olduğu, ancak bu genellemeden farklı olarak SO₂ değerlerinin en düşük olduğu sabah 07.00-08.00 saatlerinde de rüzgâr hızının çok düşük olduğu da görülmüştür.

2018 yılında aylık ortalama NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin yükseliş gösterdiği aylarda, sıcaklığın ise düşüş eğiliminde olduğu, yağışın ise en az olduğu Ağustos ayındaki NO, NO₂ değerlerin en düşük NO_x değerlerinin ise diğer aylardaki değişimle bir farkının olmadığı, en yüksek NO, NO₂ ve NO_x değerlerine ulaşıldığı Kasım ayında yağışın Ekim ve Aralık ayından farklı bir miktarda olmadığı rüzgâr yönünün de diğer aylarla benzerlik gösterdiği, 2019 yılında yağışın en yüksek olduğu

Mayıs ayında ölçülen değerlerin Haziran ve Temmuz aylarındaki verilerin rüzgâr yönünün değişmemesine rağmen daha yüksek değerlerde gerçekleştiği, 2020 yılındaki yağışın en yüksek olduğu Haziran ayında ölçülen değerlerin Mayıs ve Temmuz aylarındaki verileri rüzgâr yönünün değişmemesine rağmen daha yüksek değerleri aldığı ve 2021 yılında ise yağışın tüm aylarda çok yakın değerlerde gerçekleştiği göz önüne alındığında sıcaklığın düşük olduğu aylarda ölçülen azot oksitlerin değerlerinin diğer aylara göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Kış aylarında NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin sabah 06.00-07.00'dan itibaren yükselmeye başlayıp 09.00-11.00'da en yüksek değerlere ulaştığı sonrasında tekrar düşüş göstererek 13.00-15.00'da en düşük değere ulaştığı göz önüne alındığında sıcaklığın sabah saatlerinden itibaren en yüksek değere 12.00-13.00'da ulaşarak tekrar akşam düşüş eğilimi göstermesinden parametrelerle arasında direk bir bağlantısının olmadığı, ancak sıcaklığın en yüksek olduğu saatlerde ise azot oksitlerin değerlerinin düşük değerlerde olduğu genellikle 2018 ve 2019 yıllarında görülmektedir. Kış aylarında saatlik yağış miktarlarının 2019 ve 2020 yıllarında gün içerisinde bariz bir şekilde çok fazla dalgalanma göstermediği, 2018 ve 2021 yıllarında ise bazı saat aralıklarında biraz dalgalanmaların olduğu, yaz aylarındaki saatler bazında yağışların gün içerisinde farklı miktarlarda gerçekleştiği gözlemlenmiş ve yağışın olduğu saat dilimlerinde NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin bazen düşüş ve bazen yükselişler gösterdiği görülmüştür.

Yaz ve Kış aylarında NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin yüksek olduğu (Yaz aylarındaki değerler biraz düşük) sabah saatlerinde rüzgar yönünün N (Kuzey-Yıldız -) ve NNE (Yıldız-Poyraz) olup, 2019 yılındaki NO, NO₂ ve NO_x değerlerinin diğer yıllardan biraz yüksek olduğu, tüm yıllarda da değerlerin düşük olduğu öğleden sonra havanın durgunlaştığı ve kirletici değerlerinin de yükselmeye başladığı saat 16.00-17.00'da rüzgarın durgun olmaktan çıkıp S (Güney-Kible) ve SSW (Kible - Lodos) esmeye başlayıp gece boyunca hızını artırarak devam ettiği görülmüştür.

O₃ değerlerinin sıcaklık azalırken azaldığı, yükselirken yükseldiği, yaklaşık olarak sıcaklık ile benzer hareket ettiği gözlemlenmiştir. O₃ değerlerinin meteorolojik

parametrelerden daha çok sıcaklık ile aynı paralellik gösterdiği, diğer parametreler yağış ve rüzgâr ile bir bağıntısının olduğu görülememiştir.

Aylık ortalama CO değerlerinin sıcaklık azalırken artış gösterdiği, sıcaklık artarken azaldığı sadece 2018-2019 Aralık ile 2020 Ağustos aylarında farklılık gösterdiği, yağış miktarları ve rüzgâr yönlerinin değişimi ile CO değerleri arasında bir bağıntı kurulamamış ve birbirinden bağımsız hareket ettiği gözlemlenmiştir.

Kış ve yaz aylarındaki saatlik karbon monoksit değerlerinin sıcaklıkla bazen aynı yönde artış ve azalışlar bazen de tersi istikamette artarken azalışlar, azalırken artışlar biçiminde hareket ettiği, sıcaklık gibi yağışların olduğu zaman dilimlerinde CO değerleri bazen aynı bazen farklı yönde hareketler gösterdiği gözlemlenmiştir. Sıcaklık ve yağış miktarının CO değerlerine etkisi olsa da devamlı tam belirgin bir etkisinin olduğu saatlik verilerde kesin olarak söylenememektedir.

Yaz ve Kış aylarında CO değerlerinin yüksek olduğu (Yaz aylarındaki değerler biraz düşük) sabah saatlerinde rüzgâr yönü N (Kuzey-Yıldız) ve NNE (Yıldız-Poyraz) olup, 2018 yılındaki CO değerlerinin diğer yıllardan biraz yüksek olduğu, değerlerin düşük olduğu öğleden sonra rüzgâr hızlarının düşüp havanın durgunlaştığı ve kirletici değerlerinin de yükselmeye başladığı saat 16.00-17.00'da rüzgârın yön değiştirerek S (Güney-Kible) ve SSW (Kible - Lodos) esmeye başlayarak gece boyunca devam ettiği, hatta rüzgar hızlarının kış aylarından daha düşük olduğu ve CO değerlerinin gün içerisinde en yüksek olduğu 17.00-19.00 saatlerinde havanın durgun olduğu gözlemlenmiştir.

Kuzey yönden rüzgârın esmesi sonucu şehir merkezindeki cadde ve sokak yönleri ile binaların konuşlanması ve yüksekliklerinden kaynaklı olarak hava sirkülasyonunu etkileyerek rüzgârın hızını da düşürebileceğinden evsel ve yüksek emisyonu sahip sanayi tesislerinden kaynaklı oluşabilecek kirleticilerin şehir üstünde dağılmayıp yoğunluğunun artmasına, şehir merkezinin ortasında konut yoğunluğunun fazla olduğu noktanın başlangıcında yer alan Hava Ölçüm İstasyonunda konumu itibarıyla ölçülen kirletici parametrelerin değerlerinin yüksek ölçülmesine yol açabilmektedir. Güney yönlerinden esen rüzgârlar yüksek emisyonu sahip sanayi

tesisi, cadde - sokak yönleri, binaların konuşlanması ve trafik yoğunluğunun şehir merkezinde daha fazla ve yavaş hızdan kaynaklı olmasından dolayı oluşan emisyonların ölçüm istasyonuna taşınmasına yol açmaktadır.

Şehrin kuzey ve güney yönünde kurulu bulunan orman ürünleri tesislerinin her iki tesisin çalışmadığı, birinin çalışıp diğerinin çalışmadığı ve her ikisinin birlikte çalıştığı günler incelendiği hâkim rüzgâr yönüne bağlı olarak kirletici parametreleri olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmektedir. Şehrin hâkim rüzgâr yönünün kuzey ve güney yönlü olduğu gözönünde bulundurulduğunda her iki esme yönünde de şehrin havası bu sanayi tesislerinin büyük yakma sistemlerinin ve çok sayıda havaya emisyon salınımı yapan bacalarının olması sonucu havaya salınan emisyonlarına maruz kalabilmektedir. Fakat şehrin kuzeyindeki tesisin kuzey yönlü rüzgar estiği zaman bu tesisin tek başına değil, aynı yönde kurulu bulunan iki adet beton santrali ve asfalt plentinin etkisinin de olacağı düşünülmektedir.

7. ÖNERİLER

Tüm bu değerlendirmeler sonucunda, özellikle kış sezonundaki aylarda hava kirliliğinin oluşumunda etkili unsurun ısınmadan kaynaklandığı göz önüne alındığında yakıt kalitesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca şehrin her iki tarafında bulunan büyük kapasiteli yakma ünitelerine sahip orman ürünleri tesislerinde kullanılan yakıtın kalitesi de hava kirliliğine etkisi büyük önem taşımaktadır.

Verilerin değerlendirilmesinde ortaya çıkan diğer bir faktörde hava kirliliğine trafikte seyreden motorlu taşıtların etkisinin de olduğu göz ardı edilmemesi gereken bir husus olmaktadır. Bu yüzden sanayide, ısınmada ve ulaşımda kullanılan fosil yakıtların kullanımından dolayı kükürt dioksit, azot oksitler ve partikül madde emisyonları olduğu göz önünde bulundurulduğunda, mevcut yakıt kalitesinin iyileştirilmesi en öncelikli önlemlerden birisidir. Zira yerli kömürlerin ısıl değerlerinin düşük, kükürt ve kül oranlarının yüksek olması, kirletici emisyonların yükselmesine neden olmaktadır.

Isınmada ve sanayide doğalgaz kullanımının yaygınlaştırılmasının yanında, doğalgaza geçilemediği durumlarda ısıl değeri yüksek, kükürt ve kül oranı düşük kömür kullanılmasının sağlanması hava kalitesi açısından olumlu yönde önemli etkilere yol açabilecektir. Kullanılan yakıtın cinsi ve kalitesinin iyileştirilmesine ek olarak tüketim miktarlarının da en aza indirebilmek için binalarda ısı yalıtımının yapılmasıyla enerji tasarrufu sağlaması çevresel açıdan çok yönlü kazanç sağlayabilecektir. Halkı bu konuda bilinçlendirme ve teşviki konusunda yetkili idarelere tarafından ivedilikle gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Yakma sistemlerinin bakım – onarımı, bacaların rutin temizlenmesi, yakma işlemi yapanlara doğru yakma teknikleri konusunda eğitilmesi, yakıt kalitesi ve ilk yakma saatlerine uyulması konusunda yeteri kadar denetlenmesi ile kirli havalarda hasta, yaşlı ve çocuklar gibi risk gruplarının sokağa çıkmaması konusunda yetkili otoriteler tarafından gerekli bilgilendirme yapılması gerekmektedir.

Trafikte seyreden motorlu taşıtların sayısının azaltılabilmesi için, ulaşımında bireysel taşıt kullanımı yerine toplu taşıma kullanımının teşvik edilmesi, şehir merkezinde bulunan iki ana yola paralel yeni yol güzergâhlarının açılması veya çevre yollarını şehir merkezine bağlayan yol sayısının artırılması ile belirli noktalarda oluşan trafik yoğunluğunun azaltılması, araçların gereksiz yere durmasını engelleyecek biçimde yollarda kesintisiz trafik akışının sağlanması için gerekli tedbirlerin alınması hem yakıt tüketimini hem de hava kalitesini olumlu yönde etkileyecektir. Ayrıca planlamalarda motorlu araç yerine bisiklet kullanımını teşvik edici bisiklet park yerleri, bisiklet yolları vb. ivedilikle gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

Meteorolojik veriler göz önünde bulundurulduğunda, şehrin hava sirkülasyonunu ve rüzgârları engelleyecek biçimde yüksek katlı yapıların yapılması yerine rüzgâr yönüne paralel biçimde tasarlanmış şehir planları ile daha düşük katlı yatay mimariye uygun yapıların inşası hava kalitesinin iyileşmesi açısından önemli bir etkidir. Şehrin sanayi ve konut alanları, ulaşım ve altyapı planlanması esnasında hâkim rüzgâr yönü ile arazi yapısı ve kullanımı dikkate alınarak yapılması, planların yerleşimden önce yapılması ve yeşil alanların miktarlarının kişi sayısına göre Dünya normlarına göre artırılması gerekmektedir.

Hava kirliliğinin sağlık etkileri açısından değerlendirildiğinde küçük partiküllerin ($PM_{2,5}$ vb.) akciğerlere kadar inerek olumsuz sonuçlara yol açabileceği düşünüldüğünde, PM_{10} ve $PM_{2,5}$ ölçümlerinin önemi ortaya çıkmaktadır (71, 54). Bu ölçüm sonuçlarının yayınlanmasına ek olarak Hava Kalitesi İndeksiyle beraber etkili bir biçimde bilgilendirme ve uyarı sistemi oluşturulmasının ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Şehrin hava kalitesinin tamamen ölçülebilmesi özellikle Ozon miktarının daha iyi belirlenebilmesi açısından şehrin kuzey ve güney yönlerine istasyon daha kurulmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AÇA. (2019). Avrupa Çevre Ajansı (European Environmental Agency), Air Quality in Europe-2019 report, EEA Report No 10/2019, Copenhagen Denmark.
- Akyürek, Ö. (2012). Trabzon Kent Merkezi için Hava Kirliliği ile Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- ALA. (2020). Amerikan Akciğer Derneği (American Lung Association), The State of the Air 2020. American Lung Association. Chicago, USA.
- Alkan, A.(2018). Hava Kirliliğinin Ciddi Boyutlara Ulaştığı Kentlere Bir Örnek: Siirt. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 7(2): 641-666.
- Anastasia P., Panagiotis S., Iraklis L., Dimitrios M., Ioannis Z., Yay O.D., Dimitrios B.(2008). Effects of anthropogenic emission sources on maximum ozone concentrations over Greece. *Atmospheric Research*. 89 (4). 374-381, doi:10.1016/j.atmosres.2008.03.009.
- Anderson HR, Atkinson RW, Bremner SA, Carrington J, Peacock J. (2007). Quantitative systematic review of short term associations between ambient air pollution (particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide and carbon monoxide), and mortality and morbidity. *Report to Department of Health*: London, UK.
- Apaydın, D. (2014). Kayseri İli İçin Alansal Kaynaklı Emisyon Envanteri. Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- Ashoor, A.A. (2019). Kabil'deki Hava Kirliliğinin Meteorolojik Parametreler ile Olan İlişkisinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.
- Atımtay, A. (2003). Ankara'da Önemli Kavşaklardaki Hidrokarbon Kirliliğinin İncelenmesi, V. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, Ankara.
- Aydın, Ö. (2006). Havadaki SO₂ ve PM Konsantrasyonunun İstatistiksel Yöntemlerle Modellenmesi: Zonguldak Şehir Örneği. Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak.
- Aydınlı, B., Güven, H. ve Kırksekiz, S. (2009). Hava Kirliliği ve Modellemesi, Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Aydin Turk, Y., Kavraz, M., Türk, M. (2008). Trabzon Kentinde Hava Kirliliği ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 810-821, Hatay.

- Azam, A.G., Zanjani, B.R., Mood, M.B. (2016). Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*. 21. 10.4103/1735-1995.189646.1-12.
- Baldasano, J., Valera, E., Jimenez-Guerrero, P. (2003). Air quality data from large cities. *The Science of the total environment*. 307. 10.1016/S0048-9697(02)00537-5. 141-165.
- Bıyık, İ. (2010). Hava Kirliliğinin Yapay Zeka Teknikleri ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Brook, Robert & Rajagopalan, Sanjay & Pope, C. & Brook, Jeffrey & Bhatnagar, Aruni & Diez Roux, Ana & Holguin, Fernando & Hong, Yuling & Luepker, Russell & Mittleman, Murray & Peters, Annette & Siscovick, David & Smith, Sidney & Whitsel, Laurie & Kaufman, Joel. (2010). Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease An Update to the Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 121. 10.1161/CIR.0b013e3181d8e3e1. 2331-2378.
- Carvalho, A., Monteiro, A., Solman, S., Miranda, A., Borrego, C. (2010). Climate-driven changes in air quality over Europe by the end of the 21st century, with special reference to Portugal. *Environmental Science & Policy - Environ Sci Policy*. 13. 10.1016/j.envsci.2010.05.001. 445-458.
- Çapraz, Ö. (2013) İstanbul'da 2007 – 2012 Yılları Arasında Hava Kirliliğinin Ölümler Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Çetin, M., Şevik, H., Türkyılmaz, A., Işınkaralar, K. (2021). Using Abies's Needles as Biomonitors of Recent Heavy Metal Accumulation. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(1), 1-6. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastamonujes/issue/63105/892118>
- ÇOB. (2006). Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı, AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES) (2007 - 2023)
- ÇOB. (2009). Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı, Kastamonu İli 2008 Yılı İl Çevre Durum Raporu.
- Çoban, N. (2009). Türkiye'de Kentlerde Ölçülen Partiküler Madde (PM₁₀) Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- ÇŞB. (2015). Mülga Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Gemici, Z. Hava Kalitesi İzleme Sürecinde Mevcut Durum Ve CAFE Direktifi Gerekliliklerine Göre Kentleşmede Hava Kalitesi Unsuru.
- ÇŞB. (2017). Mülga Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi Çalıştayı Sonuç Bildirgesi ve Raporu, 5-10, Afyonkarahisar.

- ÇŞB. (2018). Mülga Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Hava Kalitesi Bülteni.
- ÇŞB. (2019). Mülga Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Hava Kalitesi Bülteni.
- ÇŞB. (2020a). Mülga Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Hava Kalitesi Bülteni.
- ÇŞB. (2020b). Mülga Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kastamonu 2019 Çevre Durum Raporu.
- ÇŞB. (2020c). Mülga Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kastamonu İli Temiz Hava Eylem Planı.
- DSÖ. (2003). Dünya Sağlık Örgütü, WHO Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide: report on a WHO working group, 13-15 January, 2003Bonn, Germany.
- DSÖ. (2013). Dünya Sağlık Örgütü, Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report, Copenhagen, Denmark.
- DSÖ. (2016a). Dünya Sağlık Örgütü, Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease, sf.49. Geneva, Switzerland.
- DSÖ. (2016b). Dünya Sağlık Örgütü, Health risk assessment of air pollution-General principles, Copenhagen, Denmark.
- DSÖ. (2016c). Dünya Sağlık Örgütü, WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting report - 29 September-1 October 2015. Sf 11, Bonn, Germany.
- Duman-Yuksel, U.(2015). Assessment of the air quality in Ankara, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 24. 986-996.
- Dumaoğlu, Y., Bayram, A. (2013). İzmir’de Kent Merkezi ve Yakın Çevresinde Ölçülen Ozon ve Azot Dioksit Seviyelerinin Zamansal Değişiminin İncelenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 2, 65-73.
- Eğri, M.(1997). 1996-1997 Kış Döneminde Malatya İl Merkezi Hava Kirliliği Parametrelerine Meteorolojik Koşulların Etkisi. *Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi*, 4 (3), 265-269.
- Elbir, T. (2003). Comparison of model predictions with the data of an urban air quality monitoring network in Izmir, Turkey. *Atmospheric Environment*. 37, 10.1016/S1352-2310(03)00087-6, 2149-2157.
- Elbir, T., Mangir, N., Kara, M., Simsir, S., Eren, T., Ozdemir, S. (2010). Development of a GIS-based decision support system for urban air quality management in the city of Istanbul. *Atmospheric Environment*. 44. 10.1016/j.atmosenv.2009.11.008. 441-454.

- Elbir, T., Muezzinoglu, A., Bayram, A. (2000). Evaluation of some air pollution indicators in Turkey. *Environment international*. 26. 10.1016/S0160-4120(00)00071-4, 5-10.
- Elbir, T., Müezzinoğlu A. (2004). Estimation of emission strengts of primary air pollutants in the city of Izmir, Turkey. *Atmospheric Environment*. 38, 10.1016/j.atmosenv.2004.01.0156, 1851-1857.
- EPA. (1999). Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı-United States Environmental Protection Agency, Nitrogen Oxides (NO_x), Why and How They Are Contolled, Technical Bulletin, EPA-456/F-99-006R, North Carolina, USA.
- EPA. (2014). Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı-United States Environmental Protection Agency, Passive Samplers for Investigations of Air Quality: Method Description, Implementation, and Comparison to Alternative Sampling Methods, EPA Engineering Issue Papers, Cincinnati, Oh, USA.
- Erdun, H., Öztürk, A., Çapraz, Ö., Toros, H., Dursun, S., Deniz, A. (2015). Spatial Variation of PM10 in Turkey. *VII. Atmospheric Science Symposium*, 311-321 İstanbul.
- Erdun, H., Öztürk, A., Çapraz, Ö., Toros, H., Dursun, S., Deniz, A. (2015). Spatial Variation of PM10 in Turkey. *VII. Atmosfer Bilimi Sempozyumu*, 311-323, İstanbul.
- Garipağaoğlu, N.(2006). Türkiye’de Hava Kirliliği Sorununun Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9, 57-77.
- Gent JF, Triche EW, Holford TR, et al.(2003). Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma. *JAMA*. 290(14). 1859.1867. doi:10.1001/jama.290.14.1859.
- Ghoma, W., Sevik, H., Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Qual Atmos Health*, 15, 415–424. <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01146-z>
- Gowtham, S, Anjali. K. K. (2015). AMbient Air Quality Analysis using Air Quality Index – A Case Study of Vapi. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*.1, (10), 2349-6010.
- Gulia, S, SM, Shiva N, Khare, M, Khanna, I. (2015). Urban air quality management– A review. *Atmospheric Pollution Research*. 6. 10.5094/APR.2015.033. 286-304.
- Gurjar, B., Jain, A., Sharma, A., Agarwal, A., Gupta, P., Nagpure, A., Lelieveld, J. (2010). Human health risks in megacities due to air pollution. *Atmospheric Environment*, v.44, 44. 10.1016/j.atmosenv.2010.08.011. 4606-4613.

- Gül, İ. (2018). Edirne Merkez İlçede Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonunda Ölçülen Partiküler Madde 10 (PM₁₀) Bileşiminin Araştırılması. Uzmanlık Tezi, *Trakya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı*, Edirne.
- Güllü, G., Karakaş, B. (2013). Evlerde İç Ortam Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonlarına Etki Eden Faaliyetler. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*. 2, 96-102.
- Han, D. (2012). *Consise Environment Engineering*. <https://bookboon.com/>, Erişim tarihi: 14/10/2020
- Hien, P.D., Men, N.T., Tan, P.M., Hangartner, M. (2019). Impact of urban expansion on the air pollution landscape: A case study of Hanoi, Vietnam. *Science of The Total Environment*. 702. 134635. 10.1016/j.scitotenv.2019.134635.1-9.
- Hime N. J, Marks G. B, Cowie C. T. (2018). A Comparison of the Health Effects of Ambient Particulate Matter Air Pollution from Five Emission Sources. *Int J Environ Res Public Health* 15(6):1206. Published 2018 Jun 8. doi:10.3390/ijerph15061206. 22-27.
- Hoek, G., Krishnan, R., Beelen, R., Peters, A., Ostro, B., Brunekreef, B., Kaufman, J. (2013). Long-term air pollution exposure and cardio- Respiratory mortality: A review. *Environmental health : a global access science source*. 12. 43. 10.1186/1476-069X-12-43.1-11.
- IHME. (2016). Washington Üniversitesi Tıp Fakültesi Sağlık Ölçüm ve Değerlendirme Enstitüsü (Institute for Health Metrics and Evaluation), The cost of air pollution strengthening the economic case for action . *The World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation*, University of Washington, sf 10 Seattle, USA.
- IHME. (2019). Washington Üniversitesi Tıp Fakültesi Sağlık Ölçüm ve Değerlendirme Enstitüsü, State of Global Air / 2019- A special Report on Global Exposure to Air Pollution and Its Disease Burden. Sf.12,13,19 Boston, USA.
- Isinkaralar, K. (2020). Removal of Formaldehyde and BTEX in Indoor Air Using Activated Carbon Produced from Horse Chestnut (*Aesculus Hippocastanum* L.) Shell. Ph.D. Thesis Hacettepe University Institute of Science Department of Environmental Engineering. Ankara, Turkey
- Isinkaralar, K. (2022a). Some atmospheric trace metals deposition in selected trees as a possible biomonitor. *Rom Biotechnol Lett*. 2022; 27(1): 3225-3234. <https://doi.org/10.25083/rbl/27.1/3225-3234>.

- Isinkaralar, K. (2022b). The large-scale period of atmospheric trace metal deposition to urban landscape trees as a biomonitor. *Biomass Conv. Bioref.* <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02796-4>
- Isinkaralar, K. (2022c). High-efficiency removal of benzene vapor using activated carbon from *Althaea officinalis* L. biomass as a lignocellulosic precursor. *Environ Sci Pollut Res.* <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20579-2>
- Isinkaralar, K. (2022d). Atmospheric deposition of Pb and Cd in the *Cedrus atlantica* for environmental biomonitoring. *Landscape Ecol Eng.* <https://doi.org/10.1007/s11355-022-00503-z>
- Isinkaralar, K. (2022e). Theoretical removal study of gas BTEX onto activated carbon produced from *Digitalis purpurea* L. biomass. *Biomass Conv. Bioref.* <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02558-2>
- Isinkaralar, K., Erdem, R. (2021). Landscape plants as biomonitors for magnesium concentration in some species. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 29(2), 468-473.
- Isinkaralar, K., Gullu, G., Turkyilmaz, A. (2022a). Experimental study of formaldehyde and BTEX adsorption onto activated carbon from lignocellulosic biomass. *Biomass Conv. Bioref.* <https://doi.org/10.1007/s13399-021-02287-y>
- Isinkaralar, K., Gullu, G., Turkyilmaz, A., Dogan, M., Turhan, O. (2022b). Activated carbon production from horse chestnut shells for hydrogen storage. *International Journal of Global Warming*, 26(4), 361-373. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2022.122430>
- Isinkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., Sevik, H. (2022c). Atmospheric Cd, Cr, and Zn Deposition in Several Landscape Plants in Mersin, Türkiye. *Water Air Soil Pollut*, 233, 120. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05607-8>
- Isinkaralar, K. (2021). Changes in Cadmium (Cd) concentrations in some plants depending on traffic density. *New Trends and Issues Proceedings on Advances in Pure and Applied Sciences*, (14), 63–70. <https://www.un-pub.eu/ojs/index.php/paas/article/view/6797>
- Isinkaralar, K. (2022a). Kütahya kent merkezinde hava kalitesinin zamansal ve mekansal değişimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(1), 152-160. <https://doi.org/10.21923/jesd.999748>
- Isinkaralar, K. (2022b). Evaluation of environmental barium concentration biomonitoring in tree rings. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(4), 754-759. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i4.754-759.5053>
- Isinkaralar, K. (2022c). Performance of gas-phase toluene by adsorption onto activated carbon prepared from *robinia pseudoacacia* l. as lignocellulosic

- material. *Sakarya University Journal of Science*, 26(2), 410-420. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.1051342>
- Işınkaralar, K., Erdem, R. (2021). Changes of Calcium Content on Some Trees in Kocaeli . *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(2) , 148-154 . <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastamonujes/issue/66389/1015387>
- Işınkaralar, K., Erdem, R. (2022). The effect of atmospheric deposition on potassium accumulation in several tree species as a biomonitor . *Environmental Research and Technology*, 5(1), 94-100. <https://doi.org/10.35208/ert.1026602>
- Işınkaralar, Ö., Varol, C. (2021). Kent Merkezlerinde Ticaret Birimlerin Mekânsal Örüntüsü Üzerine Bir Değerlendirme: Kastamonu Örneği. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 6(2), 396-403. DOI: 10.30785/mbud.927529
- İbrahimova, İ.(2013). Bakü Hava Kirlenmesinde SO₂'nin Rolü ve Meteorolojik Olaylarla İlişkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- İbret, B. Ü., Aydınozu, D. (2009). Şehirleşmede Yanlış Yer Seçiminin Hava Kirliliği Üzerine Olan Etkisine Bir Örnek: Kastamonu Şehri. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi* 18, 71-88.
- İncecik, S., İm, U. (2013). Megaşehirlerde Hava Kalitesi ve İstanbul Örneği. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 2, 133-145.
- Jun, T., Min, I. (2019). Air pollution, respiratory illness and behavioral adaptation: Evidence from South Korea. *US National Library of Medicine National Institutes of Health Plos One*. 14 (8)10.1371/journal.pone.0221098.1-12.
- Kampa, M., Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*. 151. 10.1016/j.envpol.2007.06.012. 362-367.
- Kanakidou, M., Mihalopoulos, N., Kindap, T., im, U., Vrekoussis, M., Gerasopoulos, E., Dermizaki, E., Unal, A., Koçak, M., Markakis, K., Melas, D., Kouvarakis, G., Youssef, A., Richter, A., Hatzianastassiou, N., Hilboll, A., Ebojie, F., Savigny, C. (2011). Megacities as hot spots of air pollution in the East Mediterranean. *Atmospheric Environment* (1967). 45. 10.1016/j.atmosenv.2010.11.048. 1223-1235.
- Karolina, K, Lidia, W, Namieśnik, J. (2015). Air quality policy in the U.S. and the EU – a review. *Atmospheric Pollution Research*. 6. 10.5094/APR.2015.015.129-137.
- Kırmacı, H. K. (2019). Kahramanmaraş İli İçin Hava Kalitesinin Analizi ve Modellenmesi. Doktora Tezi, *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.

- Kosan, Z., Kavuncuoğlu, D., Calikoglu, O., Yerli, E. (2018). Evaluation of air pollution by PM10 and SO2 levels in Erzurum province, Turkey: Descriptive study. *Journal of Surgery and Medicine*. 2. 10.28982/josam.422921. 265-268.
- Köksal, C.E. (2019). Türkiye’de Ulusal Emisyon Tavanları Direktifinin Uyumlaştırma Sürecinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Köse, R., Özgür, M. (2006). Assessment and Measurements of SO2 and PM Pollutants in Kütahya, Turkey. *Journal of Science Institute of Erciyes University* 22(1-2) 161-170.
- Kunt, F., Dursun, Ş.(2018). Konya Merkezinde Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 1(1)*, 54-61.
- Kyrkilis G, Chaloulakou A, Kassomenos P.A. (2007).Kentsel bir Akdeniz yığılması için toplam Hava Kalitesi Endeksinin geliştirilmesi: potansiyel sağlık etkileri ile ilişkisi. *Environment International* 33 (5), DOI: 10.1016 / j.envint.2007.01.010. 670-676.
- Mayer H. (1999). Air Pollution in Cities. *Atmospheric Environment*. 33. 10.1016/S1352-2310(99)00144-2. 4029-4037.
- Menteşe, S., Can Yarımtepe, C. (2012). *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*. 1,66 – 74.
- Müezzinoğlu, A., Elbir, T., Bayram, A. (1998) Türkiye'deki Başlıca Hava Kirleticilerinden Kaynaklanan Emisyon Envanteri. *Çevre Mühendisliği ve Politikası* 1,10.1007/s100220050012, 109–116.
- Newby, D., Mannucci, P., Tell, G., Baccarelli, A., Brook, R., Donaldson, K., Forastiere, F., Franchini, M., Franco, O., Graham, I., Hoek, G., Hoffmann, B., Hoylaerts, M., Kunzli, N., Mills, N., Pekkanen, J., Peters, A., Piepoli, M., Rajagopalan, S., Storey, R. (2014). Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *European heart journal*. 36. 10.1093/eurheartj/ehu458. 83-93.
- Nuvolone, D., Petri, D. & Voller, F. (2018). The effects of ozone on human health. *Environ Sci Pollut Res* 25, 8074–8088, doi: 10.1007/s11356-017-9239-3.
- OECD. (2012). Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü, Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction - ISBN 978-92-64-122161. OECD Organisation for Economic Co-operation and Development) Publishing. Paris, France.
- Omak, I., Öz. N, DüNDAR, C., (2019). Inversion Forecast for Urban Air Pollution Risk. 9. *International Symposium on Atmospheric Sciences (ATMOS 2019)*, 65-7, İstanbul.

- Onal, A., Bayramlar, O., Ezirmik, E., Gulle, B., Canatar, F., Calik, D., Nacar, D., Aydin, L., Baran, A., Harbawi, Z. (2017). Evaluation of Air Quality in the City of Istanbul during the Years 2013 and 2015. *Journal of Environmental Science and Engineering B*. 6. 10.17265/2162-5263/2017.09.004. 465-470.
- Ozden, Ö., Dogeroglu, T., Kara, S. (2005). Assessment of ambient air quality in Eskişehir, Turkey. *Proceedings of the Third International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales*. 200-209, İstanbul.
- Özdemir, F. (2008). Türkiye Geneline Kükürt Dioksit ve Partiküler Madde Madde Kirlilik Dağılımlarının analizi. Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Öztürk, S., Işınkaralar, Ö., Kesimoğlu, F. (2021). An Assessment on Shopping Centers as Consumption Place. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(1), 65-73. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastamonujes/issue/63105/938278>
- Raaschou-Nielsen, O., Beelen, R., Wang, M., Hoek, G., Andersen, Z., Hoffmann, B., Stafoggia, M., Samoli, E., Weinmayr, G., Dimakopoulou, K., Nieuwenhuijsen, M., Xun, W., Fischer, P., Eriksen, K., Sørensen, M., Tjønneland, A., Ricceri, F., Hoogh, K., Key, T., Vineis, P. (2016). *Particulate matter air pollution components and risk for lung cancer*. *Environment International*. 87. 10.1016/j.envint.2015.11.007. 66-73.
- Riordan D, Adeeb F.(2004). Air quality monitoring for sulfur dioxide in metropolitan Adelaide. *Environment Protection Authority*, sf 1 Adelaide, Australia.
- RSHM. (2001). Yeşilyurt C., Akcan, N. (2001). Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi, Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri, Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü Yayını. Ankara.
- RSHM. (2009). Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi, Hava Kirliliğine Genel Bakış, Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü Yayını.(www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf) Ankara.
- Savas, D.S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environ Sci Pollut Res* 28, 55446–55453. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1>
- Sezen, I., Yılmaz, S.. (2006). Erzurum Kent Merkezinde 1994-2004 Yılları Arasındaki Hava Kirliliği Durumu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 37 (2), 217-224.
- Subramani, T., Arutselvan, S., Ganesan, S.K. (2014). Analysis Of Highway Air Pollution. *Journal of Engineering Research and Applications*. 4, (6/5), 173-182.

- Şahin, Ü. (2005). İstanbul İli PM ve THC Dağılımının Yapay Sinir Ağ Teknikleri İle Modellenmesi. Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Taş, F. (2006). Hava Kirliliği ve Kastamonu Şehir Merkezi İçin Değerlendirme. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Tosun, E. (2017). Türkiye'nin 2009 – 2016 Yılları Arasındaki Hava Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Tozsın, G. (2003). Yer Seviyesindeki Ozon Kirliliğine Neden Olan Parametrelerin İstanbul İli İçin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Turkyılmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environ Dev Sustain* 22, 2385–2398. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0296-7>
- Turkyılmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., Cetin, M. (2018). Using Acer platanoides annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environ Monit Assess* 190, 578. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6956-0>
- Türkyılmaz, A. (2018). Sulu çözeltilerden nano kil (halosit) yüzeyine metilen mavisi adsorpsiyonu ve kinetiği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 413-424. DOI: 10.25092/baunfbed.468681
- Türkyılmaz, A., Işınkaralar, K. (2020). Sulu çözeltilerden aktif karbon üzerine adsorpsiyon ile antibiyotiklerin (tetrasiklin ve penisilin g) giderimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(3), 943-951. <https://doi.org/10.21923/jesd.762953>
- UNEP. (2017). Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme), Barreira, A., Patierno, M., Bautista, C. R. (2017). Impacts of pollution on our health and the planet: The case of coal power plants *Instituto Internacional de Derecho y Medio Ambiente (IIDMA)*, Nairobi, Kenya.
- UNICEF. (2016). *Clear the Air for Children: The impact of air pollution on children*. UNICEF, sf 20-29, New York, USA.
- URL-1. (1982). Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, <http://mevzuat.gov.tr>, alındığı tarih: 10/11/2020.
- URL-10. (2018). <https://toraks.org.tr/site/news/4389>, Erişim tarihi: 18/10/2020.

- URL-11.(2019).
<https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?contextual=default>,
alındığı tarih:15/10/2020.
- URL-12. (2019). <http://www.fao.org/faostat/en/#country/223>,alındığı tarih:
15/10/2020.
- URL-13. (2019). <https://sim.csb.gov.tr/Intro/Uhkia>, alındığı tarih: 10/11/2020.
- URL-14. (2019). https://sim.csb.gov.tr/STN/STN_Report/DataBank, alındığı
tarih:15/10/2020.
- URL-15. (2019). <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33705>, alındığı
tarih:15/10/2020.
- URL-16. (2020). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>, alındığı
tarih:29/11/2020.
- URL-17. (2020). <https://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler-i-440>, alındığı tarih:
12/11/2020.
- URL-18. (2020). Kastamonu Kültür ve Turizm İl Müdürlüğü,
<https://kastamonu.ktb.gov.tr/TR-91025/genel-bilgiler.html>, alındığı tarih:
14/11/2020.
- URL-19. (2020). Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği,
<http://mevzuat.gov.tr>, alındığı tarih: 12/11/2020.
- URL-2. (1999). https://ec.europa.eu/environment/archives/air/pdf/pp_co.pdf, alındığı
tarih: 20/10/2020.
- URL-20. (2020). <https://sim.csb.gov.tr/Home/HKI>, alındığı tarih: 10/11/2020.
- URL-21. (2020).
https://sim.csb.gov.tr/STN/STN_Report/StationDataDownloadNew, alındığı
tarih:23/11/2020.

- URL-22. (2020), <https://www3.epa.gov/airnow/ozone-c.pdf>, alındığı tarih: 21/10/2020.
- URL-23. (2020). <https://www.epa.gov/co-pollution>, alındığı tarih: 20/10/2020.
- URL-24. (2020). <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics#formation>, alındığı tarih: 21/10/2020.
- URL-25. (2020). <https://www.epa.gov/pm-pollution>, alındığı tarih: 18/10/2020.
- URL-26. (2020). <https://www.epa.gov/so2-pollution>, alındığı tarih: 20/10/2020.
- URL-27. (2020). Kastamonu Valiliği, <http://www.kastamonu.gov.tr/sehrimiz>, alındığı tarih: 14/11/2020.
- URL-28. (2020). https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2 alındığı tarih: 15/10/2020.
- URL-3. (2006). Çevre Kanunu, <http://mevzuat.gov.tr>, alındığı tarih: 10/11/2020.
- URL-4. (2009). Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, <http://mevzuat.gov.tr>, alındığı tarih: 12/11/2020.
- URL-5. (2011). <http://www.bilgiustam.com/hava-kirliligini-arttiran-sicaklik-inversiyonu-bolum2/>, alındığı tarih: 18/10/2020.
- URL-6. (2013). https://ec.europa.eu/environment/air/cleaner_air/#sources, alındığı tarih: 18/10/2020.
- URL-7. (2017). Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği, <http://mevzuat.gov.tr>, alındığı tarih: 12/11/2020.
- URL-8. (2017). Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Kastamonu İl Mahalli Çevre Kurulu Kararı, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/kastamonu/icerikler/mck-karari-23.11.2017-20180305084023.pdf>, alındığı tarih: 12/11/2020.

- URL-9.(2017).Air Pollution. <http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/PH/RespiratoryHealth/RespiratoryHealth7.html#headingtaglink1>
alındığı tarih:18/10/2020.
- Weschler CJ.(2000). Ozone in indoor environments: concentration and chemistry. *Indoor Air*. 2000;10(4):269-88.
- Xu, Y., Xue, W., Lei, Y., Zhao, Y., Cheng, S., Ren, Z., Huang, Q. (2018). Impact of Meteorological Conditions on PM2.5 Pollution in China during Winter. *Atmosphere*. 9. 10.3390/atmos9110429.1-18.
- Yılmaz, D., Işınkaralar, Ö. (2021a). How Can Natural Environment Scoring Tool (Nest) be Adapted for Urban Parks?. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(2), 127-139. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastamonujes/issue/66389/1013821>
- Yılmaz, D., Işınkaralar, Ö. (2021b). Climate Action Plans Under Climate-Resilient Urban Policies. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(2), 140-147. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastamonujes/issue/66389/1014599>
- Yin P, Chen R, Wang L, et al.(2017). Ambient Ozone Pollution and Daily Mortality: A Nationwide Study in 272 Chinese Cities. *Environ Health Perspect*. 125(11):117006, doi:10.1289/EHP1849.
- Ying Z., Tie X., Li G.(2009) Sensitivity of ozone concentrations to diurnal variations of surface emissions in Mexico City: A WRF/Chem modeling study. *Atmospheric Environment*. 43. 851-859. 10.1016/j.atmosenv.2008.10.044.
- Zhang JJ, Wei Y, Fang Z.(2019). Ozone Pollution: A Major Health Hazard Worldwide. *Front Immunol*,10:2518, doi:10.3389/fimmu.2019.02518.

EKLER

EKLER

EK A PM₁₀ Yönetmelik Sınır Değerleri Aşan Gün Sayısı

Aylar	Aşan Gün Sayısı				HKDYY Sınır Değeri	HKDYY Aşım Sayısı Sınır Değeri
	2018	2019	2020	2021		
Ocak		13	20	6	60 µg/m ³ (2018 yılında)	35
Şubat		2	21	4		
Mart		10	15	2		
Nisan		12	12	1		
Mayıs		7	13	0		
Haziran		5	0	0		
Temmuz	1	6	0		50 µg/m ³ (2019-2020-2021 yıllarında)	
Ağustos	2	12	0			
Eylül	2	18	0			
Ekim	5	19	0			
Kasım	4	26	0			
Aralık	1	22	0			
Toplam Aşan Gün Sayısı	15	152	81	13		

**EK B Yıllar İtibariyle Günlük Ortalama En Düşük ve En Yüksek PM₁₀, PM_{2,5},
SO₂, NO, NO₂, NO_x, O₃ ve CO Değerleri**

Yıllar	2018		2019		2020		2021	
Parametre (µg/m ³)	En Düşük	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek
PM ₁₀	23,45 (25 Ekim)	107,28 (1 Kasım)	11,34 (19 Nisan)	147,67 (19 Aralık)	10,38 (22 Aralık)	218,20 (19 Şubat)	8,43 (18 Ocak)	76,97 (22 Ocak)
PM _{2,5}	6,48 (26 Eylül)	104,29 (28 Kasım)	3,42 (20 Nisan)	144,40 (9 Aralık)	4,96 (1 Kasım)	90,86 (27 Şubat)	1,08 (15 Şubat)	9,89 (16 Mart)
SO ₂	2,1 (28 Temmuz)	14,53 (28 Kasım)	2,02 (21 Eylül)	38,77 (23 Aralık)	2,87 (30 Eylül)	60,00 (14 Aralık)	10,25 (19 Şubat)	32,37 (8 Şubat)
NO	7,14 (2 Eylül)	139,6 (28 Kasım)	5,48 (12 Ağustos)	83,57 (26 Kasım)				
NO ₂	3,74 (26 Temmuz)	45,11 (30 Ekim)	13,03 (21 Eylül)	58,05 (15 Kasım)	4,71 (24 Mayıs)	61,80 (30 Kasım)	6,34 (9 Mayıs)	57,07 (22 Şubat)
NO _x	17,91 (22 Temmuz)	182,33 (28 Kasım)	20,09 (12 Ağustos)	138,19 (26 Kasım)	8,31 (24 Mayıs)	157,80 (14 Aralık)	11,24 (30 Mayıs)	107,80 (25 Ocak)
O ₃	3,63 (26 Kasım)	80,05 (11 Haziran)	1,54 (18 Nisan)	94,31 (12 Ağustos)	1,65 (6 Eylül)	117,10 (9 Aralık)	7,06 (5 Ocak)	59,86 (9 Mayıs)
CO	110,36 (3 Haziran)	3015,74 (28 Kasım)	146,24 (30 Haziran)	1910,32 (26 Kasım)	91,78 (26 Mayıs)	1688,13 (14 Aralık)	177,80 (9 Mayıs)	1443,16 (10 Ocak)