İZMİR İLİNDE HAVA KALİTESİNİN
ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre KARAZEYBEK

Danışman
Prof. Dr. İbrahim YILMAZ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2026

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİR İLİNDE HAVA KALİTESİNİN ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Emre KARAZEYBEK

Danışman
Prof. Dr. İbrahim YILMAZ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2026

TEZ ONAY SAYFASI

Emre KARAZEYBEK tarafından hazırlanan "İzmir İlinde Hava Kalitesinin Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi" adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 22 / 07 / 2026 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak** kabul edilmiştir.

Danışman **:** Prof. Dr. İbrahim YILMAZ

Başkan **:** Doç. Dr. Mustafa YALÇIN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi ..... İmza .....

Üye **:** Prof. Dr. İbrahim YILMAZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi ..... İmza .....

Üye **:** Doç. Dr. Fatih TAKTAK
Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi ..... İmza .....

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... /..... /..... tarih ve
……. sayılı kararıyla onaylanmıştır.

…….
Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı **beyan ederim.**

24 / 08 / 2026

EMRE KARAZEYBEK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İZMİR İLİNDE HAVA KALİTESİNİN ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Emre KARAZEYBEK
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. İbrahim YILMAZ

Hava kirliliği, insan sağlığını, çevreyi ve doğayı olumsuz etkilemektedir. Hava kirliliğinin ölümcül sonuçları olduğu gibi kalıcı veya alerjik reaksiyonlara sebep olduğu da bilinmektedir. Hava kirliliği, sağlık harcamalarını artırarak ekonomik açıdan önemli zararlara yol açmaktadır. Ayrıca tarım faaliyetlerinde de olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Atmosferde bulunan kirleticiler, asit yağmurları yoluyla yeryüzüne ulaşarak yapılara ve diğer nesnelere zarar vermektedir. Bu tez çalışmasında, İzmir ili için hava kalitesinin zamana bağlı değişimi incelenmiştir. $PM_{10,}$ $PM_{2.5}$, SO_2, CO, NO_2, NO_X, NO, O_3 atmosferik kirleticilerin Dünya Sağlık Örgütü ile Hava Kalitesi Değerlendirme Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenmiş olan sınır değerlerinden bahsedilmiştir. Kirletici parametreler tanıtılmış ve bunların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri açıklanmıştır. Kirletici maddelerin İzmir ili ilçelerinde atmosferdeki yoğunluğu incelenebilmesi için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından kurulmuş istasyonlar aracılığıyla, ölçülen değerler altlık veri olarak kullanılmıştır. Elde edilen veriler, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı analiz yöntemleri ile değerlendirilmiş ve Doğal Kırılma yöntemi kullanılarak tematik haritalar oluşturulmuştur. Atmosferik kirleticilerin ölçülen değerlerinin sınır değerlerin üzerinde veya altında olması haritaların yorumlanması ile incelenmiştir. Nüfus haritaları üretilmiş, nüfusun hava kirliliğine etkisi incelenmiştir. Nüfusun hava kirliliğini tek başına açıklayan bir etken olmadığı görülmüştür. Zamansal değişkenlik nedeniyle bazı ilçelerde belirli dönemlerde ölçülen değerlerin sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Ekosistemin korunduğu ilçelerin, korunmayan ilçelere kıyasla daha temiz bir havaya sahip olduğu

sonucuna ulaşılmıştır. Turizm açısından önem taşıyan ve sahili bulunan ilçelerin daha temiz bir havaya sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

2026, xii + 82 sayfa

Anahtar Kelimeler: Atmosferik kirleticiler, CBS, Kartografya, Hava kirliliği, Tematik harita, Koroplet harita.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE TEMPORAL VARIATION OF AIR QUALITY IN İZMİR PROVINCE

Emre KARAZEYBEK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Prof. İbrahim YILMAZ

Air pollution adversely affects human health, the environment, and nature. In addition to having fatal consequences, air pollution is also known to cause permanent or allergic reactions. Air pollution causes significant economic damage by increasing healthcare expenditures. It also causes adverse effects on agricultural activities. Pollutants present in the atmosphere reach the Earth's surface through acid rain and cause damage to structures and other objects. In this thesis study, the temporal variation of air quality in İzmir Province was investigated. The limit values determined by the World Health Organization and the Air Quality Assessment and Management Regulation for the atmospheric pollutants PM10, PM2.5, SO2, CO, NO2, NOX, NO, and O3 were discussed. The pollutant parameters were introduced, and their adverse effects on human health were explained. In order to examine the atmospheric concentrations of pollutants in the districts of İzmir Province, the measured values obtained from the monitoring stations established by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change and İzmir Metropolitan Municipality were used as the base data. The obtained data were evaluated using Geographic Information System (GIS)-based analysis methods, and thematic maps were created using the Natural Breaks method. Whether the measured values of atmospheric pollutants were above or below the limit values was examined through the interpretation of the maps. Population maps were produced, and the effect of population on air pollution was investigated. It was observed that population alone was not a factor explaining air pollution. Due to temporal variability, it was determined that the measured

values exceeded the limit values during certain periods in some districts. It was concluded that districts where the ecosystem is preserved have cleaner air compared to districts where the ecosystem is not preserved. It was also concluded that districts that are important in terms of tourism and have coastal areas have cleaner air.

2026, xii + 82 pages

Keywords: Atmospheric pollutants, GIS, Cartography, Air pollution, Thematic map, Choropleth map.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım saygı değer hocam Sayın Prof. Dr. İbrahim YILMAZ' a, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Emre KARAZEYBEK

Afyonkarahisar 2026

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT iiii
TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ ix
ÇİZELGELER DİZİNİ x
ŞEKİLLER DİZİNİ xii
1. GİRİŞ 1
2. GENEL BİLGİLER 4
2.1 Harita, Kartografya ve Coğrafi Bilgi Sistemleri 4
2.2 Hava Kirliliğinin Tanımı, Nedenleri ve Kirletici Türleri 5
2.4 Atmosferik Kirleticiler 6
2.4.1 Karbon Monoksit 6
2.4.2 Karbon Dioksit 7
2.4.3 Ozon 8
2.4.4 Kükürt Dioksit 9
2.4.5 Partikül Maddeler ($PM_{10,}$ $PM_{2.5}$) 9
2.4.6 Azot Oksit (NO_X), Azot Dioksit (NO_2), Azot Monoksit, (NO) 11
2.5 Hava Kirliliği ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri 11
2.6 Hava Kalitesi İndeki ve Sınır Değerleri 12
3. MATERYAL ve METOT 16
3.1 Çalışma Alanı 16
3.2 Materyal ve Veri Ön İşleme 17
3.2 Metot 18
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 20
4.1 Nüfus Analizi 20
4.2 Otomobil Sayısının Değerlendirilmesi 22
4.3 PM_{10} Deüişimi 23
4.3.1 2021 Yılı PM_{10} Değişimi 24
4.3.2 2022 Yılı PM_{10} Değişimi 25

4.3.3 2023 Yılı PM_{10} Değişimi 27
4.3.4 2024 Yılı PM_{10} Değişimi 28
4.4 SO_2 Değişimi 29
4.4.1 2021 Yılı SO_2 Değişimi 30
4.4.2 2022 Yılı SO_2 Değişimi 31
4.4.3 2023 Yılı SO_2 Değişimi 33
4.4.4 2024 Yılı SO_2 Değişimi 34
4.5 CO Değişimi 35
4.5.1 2021 Yılı CO Değişimi 36
4.5.2 2022 Yılı CO Değişimi 37
4.5.3 2023 Yılı CO Değişimi 38
4.5.4 2024 Yılı CO Değişimi 40
4.6 NO_2 Değişimi 41
4.6.1 2021 Yılı NO_2 Değişimi 41
4.6.2 2022 Yılı NO_2 Değişimi 43
4.6.3 2023 Yılı NO_2 Değişimi 44
4.6.4 2024 Yılı NO_2 Değişimi 45
4.7 NO_X Değişimi 47
4.7.1 2021 Yılı NO_X Değişimi 47
4.7.2 2022 Yılı NO_X Değişimi 48
4.7.3 2023 Yılı NO_X Değişimi 50
4.7.4 2024 Yılı NO_X Değişimi 51
4.8 NO Değişimi 52
4.8.1 2021 Yılı NO Değişimi 53
4.8.2 2022 Yılı NO Değişimi 54
4.8.3 2023 Yılı NO Değişimi 56
4.8.4 2024 Yılı NO Değişimi 57
4.9 O_3 Değişimi 58
4.9.1 2021 Yılı O_3 Değişimi 59
4.9.2 2022 Yılı O_3 Değişimi 60
4.9.3 2023 Yılı O_3 Değişimi 62
4.9.4 2024 Yılı O_3 Değişimi 63

5. TARTIŞMA ve SONUÇ 65
5.1 Sonuçlar 65
5.2 Öneriler 73

6. KAYNAKLAR 76
ÖZGEÇMİŞ 82

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	
NO	Azot
NO_2	Azot dioksit
CO_2	Karbon dioksit
CO	Karbon monoksit
SO_2	Kükürt dioksit
O_3	Ozon
PM	Partikül madde
H_2SO_3	Hidrojen sülfit
SO_3	Kükürt trioksit
H_2SO_4	Sülfürik asit
HC	Hidrokarbon
VOC	Uçucu organik bileşikler
C_6H_6	Benzen
B(a)p	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
Pb	Kurşun
Cd	Kadmiyum
Ni	Nikel
As	Arsenik
NMVOC	Metan dışı uçucu organik bileşikler
µg/m³	Mikrogram/metreküp

Kısaltmalar	
AB	Avrupa Birliği
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
CBS	Coğrafi bilgi sistemleri
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
ICA	Uluslararası Kartografya Birliği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 EPA hava kalitesi indeksi 13
Çizelge 2.2 Ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları 14
Çizelge 2.3 İndeks hesaplanan parametrelerin sınır değerleri 14
Çizelge 2.4 Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile DSÖ tarafından belirlenmiş olan yıllık hava kalitesi ortalama sınır değeri 15
Çizelge 4.1 İzmir ili ilçelerine ait 2021–2024 yılları nüfus verileri ve göreli değişim oranları 20
Çizelge 4.2 İzmir ili 2021–2024 yılları otomobil sayısı ve 100 kişiye düşen otomobil sayısı 22
Çizelge 4.3 İzmir iline ait 2021 yılı PM_{10} ortalama değerleri 24
Çizelge 4.4 İzmir iline ait 2022 yılı PM_{10} ortalama değerleri 25
Çizelge 4.5 İzmir iline ait 2023 yılı PM_{10} ortalama değerleri 27
Çizelge 4.6 İzmir iline ait 2024 yılı PM_{10} ortalama değerleri 28
Çizelge 4.7 İzmir iline ait 2021 yılı SO_2 ortalama değerleri 30
Çizelge 4.8 İzmir iline ait 2022 yılı SO_2 ortalama değerleri 31
Çizelge 4.9 İzmir iline ait 2023 yılı SO_2 ortalama değerleri 33
Çizelge 4.10 İzmir iline ait 2024 yılı SO_2 ortalama değerleri 34
Çizelge 4.11 İzmir iline ait 2021 yılı CO ortalama değerleri 36
Çizelge 4.12 İzmir iline ait 2022 yılı CO ortalama değerleri 37
Çizelge 4.13 İzmir iline ait 2023 yılı CO ortalama değerleri 38
Çizelge 4.14 İzmir iline ait 2024 yılı CO ortalama değerleri 40
Çizelge 4.15 İzmir iline ait 2021 yılı NO_2 ortalama değerleri 41
Çizelge 4.16 İzmir iline ait 2022 yılı NO_2 ortalama değerleri 43
Çizelge 4.17 İzmir iline ait 2023 yılı NO_2 ortalama değerleri 44
Çizelge 4.18 İzmir iline ait 2024 yılı NO_2 ortalama değerleri 45
Çizelge 4.19 İzmir iline ait 2021 yılı NO_X ortalama değerleri 47
Çizelge 4.20 İzmir iline ait 2022 yılı NO_X ortalama değerleri 48
Çizelge 4.21 İzmir iline ait 2023 yılı NO_X ortalama değerleri 50

Çizelge 4.22 İzmir iline ait 2024 yılı NO_X ortalama değerleri..... 51
Çizelge 4.23 İzmir iline ait 2021 yılı NO ortalama değerleri..... 53
Çizelge 4.24 İzmir iline ait 2022 yılı NO ortalama değerleri..... 54
Çizelge 4.25 İzmir iline ait 2023 yılı NO ortalama değerleri..... 56
Çizelge 4.26 İzmir iline ait 2024 yılı NO ortalama değerleri..... 57
Çizelge 4.27 İzmir iline ait 2021 yılı O_3 ortalama değerleri 59
Çizelge 4.28 İzmir iline ait 2022 yılı O_3 ortalama değerleri 60
Çizelge 4.29 İzmir iline ait 2023 yılı O_3 ortalama değerleri 62
Çizelge 4.30 İzmir iline ait 2024 yılı O_3 ortalama değerleri 63
Çizelge 5.1 İzmir ili için PM_{10} ölçümlerin sınır değerleri bakımından incelenmesi..... 66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 İzmir ilinin Türkiye'de konumu 17
Şekil 4.1 İzmir ili 2021-2024 yılları ortalama nüfus haritası 21
Şekil 4.2 İzmir ili 2021 yılı PM_{10} haritası 25
Şekil 4.3 İzmir ili 2022 yılı PM_{10} haritası 26
Şekil 4.4 İzmir ili 2023 yılı PM_{10} haritası 27
Şekil 4.5 İzmir ili 2024 yılı PM_{10} haritası 29
Şekil 4.6 İzmir ili 2021 yılı SO_2 haritası 31
Şekil 4.7 İzmir ili 2022 yılı SO_2 haritası 32
Şekil 4.8 İzmir ili 2023 yılı SO_2 haritası 33
Şekil 4.9 İzmir ili 2024 yılı SO_2 haritası 35
Şekil 4.10 İzmir ili 2021 yılı CO haritası 37
Şekil 4.11 İzmir ili 2022 yılı CO haritası 38
Şekil 4.12 İzmir ili 2023 yılı CO haritası 39
Şekil 4.13 İzmir ili 2024 yılı CO haritası 40
Şekil 4.14 İzmir ili 2021 yılı NO_2 haritası 42
Şekil 4.15 İzmir ili 2022 yılı NO_2 haritası 43
Şekil 4.16 İzmir ili 2023 yılı NO_2 haritası 45
Şekil 4.17 İzmir ili 2024 yılı NO_2 haritası 46
Şekil 4.18 İzmir ili 2021 yılı NO_X haritası 48
Şekil 4.19 İzmir ili 2022 yılı NO_X haritası 49
Şekil 4.20 İzmir ili 2023 yılı NO_X haritası 50
Şekil 4.21 İzmir ili 2024 yılı NO_X haritası 52
Şekil 4.22 İzmir ili 2021 yılı NO haritası 54
Şekil 4.23 İzmir ili 2022 yılı NO haritası 55
Şekil 4.24 İzmir ili 2023 yılı NO haritası 56
Şekil 4.25 İzmir ili 2024 yılı NO haritası 58
Şekil 4.26 İzmir ili 2021 yılı O_3 haritası 60
Şekil 4.27 İzmir ili 2022 yılı O_3 haritası 61
Şekil 4.28 İzmir ili 2023 yılı O_3 haritası 62
Şekil 4.29 İzmir ili 2024 yılı O_3 haritası 64

1. GİRİŞ

Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunmakta ve ölümcül sonuçlara yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca hava kirliliği, ekonomi üzerinde olumsuz etkilere neden olmakta ve sağlık harcamalarını artırmaktadır (Güzel ve Özer 2022). IQAir tarafından hazırlanan 2024 World Air Quality Report web yayını incelendiğinde ülkemizin hava kirliliği bakımından dünya genelinde 41. sırada olduğu görülmektedir (IQAir 2025). Hava kirliliği yalnızca insan sağlığını değil, ekonomik faaliyetleri ve turizm sektörünü de doğrudan etkilemektedir. Doğal çevrenin korunması turizm için büyük öneme sahiptir. Turizmi etkileyen çevre elemanlarından biri ise hava kirliliğidir (İçöz 1994). İzmir ili sahip olduğu doğal, tarihi ve kültürel değerleriyle Türkiye'nin önemli turizm merkezlerinden biridir. 2020 yılı itibarıyla "İzmir Tarihi Liman Kenti" olarak üstün evrensel değer kriterleri kapsamında Dünya Miras Geçici Listesi'ne dahil edilmiştir (Çatalbaş vd. 2022). Ayrıca İzmir ilinde yer alan iki kültürel varlık UNESCO Dünya Miras Listesi'ne, beş kültürel varlık ise Dünya Mirası Geçici Listesi'nde bulunmaktadır. Hava kalitesi, turizm faaliyetleri açısından önemli bir faktördür. Temiz havası ve doğal güzellikleri ile bilinen ilçelere sahip olan İzmir ili; Karaburun, Çeşme, Seferihisar gibi turistik ilçeleriyle turistlere ev sahipliği yapmaktadır. İzmir ili uluslararası Mavi Bayrak kriterlerini sağlayan birçok plaja sahiptir. Bu tez çalışmasında; tarihi, turistik ve çevresel açıdan önemli bir merkez olan İzmir ili ve ilçeleri için 2021–2024 yılları arasında hava kirliliğini etkileyen atmosferik kirleticilerin zamansal değişimleri analiz edilmiş ve elde edilen bulguların değerlendirilmesini kolaylaştırmak amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı analizler gerçekleştirilmiş ve doğal kırılma yöntemi kullanılarak tematik haritalar oluşturulmuştur. Üretilen haritalar yorumlanmış ve hava kirliliğine neden olabilecek faktörler incelenmiştir. Bu çalışma, araştırma alanındaki hava kirliliğinin zamansal değişimini ortaya koyarak çevre yönetimi, yerel yönetimler, çevresel karar alma süreçleri gibi birçok alanda karar vericilere katkı sağlamak bakımından önem taşımaktadır. Bu çalışmada farklı atmosferik kirleticiler değerlendirilmiştir. Bu atmosferik kirleticiler; partikül madde (PM), kükürt dioksit (SO_2), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2), ozon (O_3), azot oksitler (NO_x), azot monoksit (NO), azot dioksit (NO_2)'tir. Atmosferik kirleticilere ait yıllık ortalama değerlerin elde edilmesinde, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve İzmir

Büyükşehir Belediyesine ait ölçüm istasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Önceki çalışmalar incelendiğinde, hava kirliliği araştırmalarının büyük ölçüde kirletici konsantrasyonlarının zamansal ve mekânsal değişimlerinin belirlenmesi, meteorolojik parametrelerle ilişkilerinin ortaya konulması ve istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Bu kapsamda Yılmaz vd. (2020) tarafından Dilovası bölgesinde hava kirliliği meteorolojik açıdan analiz edilmiş; kükürt oksitler, azot oksitler, karbon monoksit ve partikül madde gibi başlıca hava kirleticileri ile sıcaklık, nem ve rüzgâr gibi meteorolojik faktörler incelenmiştir. Kirletici konsantrasyonlarının aylık ve yıllık değişimleri değerlendirilmiştir. Özdalyan, Çelik ve Kadı (2001) tarafından Karabük ilinde 1998–2000 yılları arasındaki partikül madde değişimi incelenmiş; rüzgâr hızı, atmosferik basınç, sıcaklık ve bağıl nem verileri değerlendirilmiş, kirletici konsantrasyonlarının aylık ve yıllık değişimleri grafiklerle gösterilmiş ve hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik çözüm önerileri sunulmuştur. Karakuş ve Yıldız (2019) ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan elde edilen 2016–2018 yıllarına ait verileri kullanarak 1 saatlik, 8 saatlik ve 24 saatlik ortalama kirletici konsantrasyonlarını analiz etmiş; zamansal değişimleri grafiklerle ortaya koymuş ve çoklu regresyon yöntemiyle değerlendirmiştir. Teker (2020) tarafından İzmir merkezindeki 10 hava kalitesi izleme istasyonuna ait 2009–2018 yılları arasındaki PM_{10} verileri incelenmiş; istasyonlar, yıllar ve aylar arasındaki farklılıklar Kruskal–Wallis ve parametrik olmayan ikili karşılaştırma testleriyle değerlendirilmiş, ayrıca Avrupa Birliği sınır değerleri esas alınarak yıllara göre değişim grafikleri oluşturulmuştur. Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2025) tarafından yayımlanan raporda ise emisyon dağılım haritaları, hava kalitesi sınır değerleri, kirletici türleri, hava kalitesi yönetimi, temiz hava eylem planları ve hava kalitesi ölçüm istasyonlarının konumlarına yer verilmiş; ayrıca 2024 yılına ait ortalama kirletici konsantrasyonları haritalarla desteklenerek sunulmuştur. Yılmaz (2022) tarafından Muş il merkezinde kükürt dioksit SO_2 ve PM_{10} konsantrasyonları ile bazı meteorolojik parametreler arasındaki ilişki varyans analizi (ANOVA), korelasyon ve regresyon yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Kaya (2024) tarafından Sivas ili için 2006–2020 yılları arasındaki hava kalitesi verileri değerlendirilmiş, emisyon envanteri hazırlanmış ve hava kalitesi modellemesi gerçekleştirilerek yakıt tüketimi ile yakıt türlerinin hava kalitesine etkileri araştırılmıştır. Engin (2025) ise Çorlu ilinde meteorolojik ve topoğrafik

özelliklerin hava kirliliği üzerindeki etkilerini incelemiş; sıcaklık, yağış, basınç, nem, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü gibi meteorolojik parametrelerin hava kalitesi ile ilişkisini değerlendirmiştir. Ayrıca Çorlu Organize Sanayi Bölgesi, Avrupa Serbest Bölgesi ile konut ve işyeri ısınmasından kaynaklanan emisyonların hava kirliliğinin önemli kaynakları olduğu belirlenmiştir.

Yapılan literatür incelemesi sonucunda, çalışma alanında PM, SO_2, CO, CO_2, O_3, NO_x, NO, NO_2 atmosferik kirleticilerin 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarını kapsayacak şekilde birlikte değerlendirildiği kapsamlı bir çalışmaya ulaşılmamıştır. Ayrıca çalışma alanında hava kirliliğinin zamansal değişimini CBS tabanlı analizlerle ortaya koyan çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Hava kirliliği sürekli değişen bir çevre sorunu olduğundan, atmosferik kirleticilerin zamansal değişiminin düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, İzmir ilinde atmosferik kirleticilerin ilçelere göre zamansal değişimleri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, CBS tabanlı tematik haritalar kullanılarak değerlendirilmiştir. Tez, araştırmanın sistematik bir biçimde sunulabilmesi amacıyla 6 bölümden oluşmaktadır. 1. bölüm olan giriş bölümünde araştırmanın amacı, kapsamı, çalışma alanı ve değişiminin incelendiği atmosferik kirleticiler tanıtılmıştır. 2. bölümde daha önceki çalışmalar incelenmiştir. Harita, kartografya ve coğrafi bilgi sistemleri ile ilgili kavramlar açıklanmıştır. Hava kirliliğinin tanımı, nedenleri ve atmosferik kirleticiler hakkında bilgiler sunulmuştur. Hava kirliliği ve insan sağlığı ile ilişkisi, atmosferik kirleticilerin sınır değerlerine değinilmiştir. 3. bölümde çalışma alanı olan İzmir ili ve ilçelerinden söz edilmiştir. Kullanılan materyal, metot ve veri hakkında bilgi verilmiştir. 4. bölümde oluşturulan nüfus yoğunluğunun zamansal değişimini gösteren çizelgeler ve İzmir ilinin çalışma yıllarını kapsayan ilçelerin nüfus yoğunluğunu gösteren tematik haritaya yer verilmiştir. Atmosferik kirleticilere ait yoğunluk haritaları sunulmuş ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. 5. bölümde araştırmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve öneriler sunulmuştur. 6. bölümde çalışmada yararlanılan kaynaklara yer verilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Harita, Kartografya ve Coğrafi Bilgi Sistemleri

Uluslararası Kartografya Birliği'nin 1991 yılındaki tanımına göre harita, "Coğrafi gerçekliğin soyutlanması ve sunulmasıdır. Coğrafi bilginin görsel, sayısal ya da -görme özürlüler için- kabartma yoluyla sunulmasını sağlayan bir araçtır." şeklindedir (Uçar ve Uluğtekin 2006). İnsanlar, tarih boyunca yaşam alanlarını ve çevrelerini kayıt altına alma gereksinimi duymuştur. Kayalarda bulunan av yollarının resmedilmesi, antik Mısır'da ki tarımsal araştırmalar bunlara örnektir (Jin 2018). Haritaya olan ihtiyaç insanoğlunun varlığından beri vardır. Yerel ve küresel ölçekte birçok durumun gösterilmesi ve çözümünde haritaya ihtiyaç duyulmaktadır. Mekânsal olarak bilgilerin toplanması ve analiz edilmesi için haritalardan yardım alınmaktadır (Koç ve Ergün 2021).

Haritalar kullanım amacına göre, ölçeklerine göre ve yapım şekillerine göre sınıflandırılmaktadır. Harita üretiminde Kartografya biliminden yararlanılır. Kartografya sayesinde coğrafi bir veriyi kullanıcıya yorumlayabileceği şekilde sunulur. Harita kullanıcısı haritayı incelediğinde haritayı yorumlayarak kendisi için bilgileri çıkarabilmektedir (Çobanoğlu 2016). Kartografya, her tür harita ve harita benzeri gösterimler ile bu gösterimlerde kullanılan kartografik işaretlerin özelliklerini araştıran, haritanın çizimsel tasarım, basım ve kullanım yöntemlerini geliştirmeye yönelik çalışmalar yapan bir bilim dalıdır (Uçar ve Uluğtekin 2006). Kullanıcıya bir bilgiyi farklı şekillerde aktarma olanağı vardır. Haritalar ise bilginin karşılaştırılarak sunulmasında en etkili yöntemdir. Kullanıcı haritalar sayesinde veriler arasındaki ilişkileri ve farklılıkları kolay anlayabilmektedir (Buğdaycı ve Bildirici, 2009). Tematik haritalar, belirli bir konuya ilişkin verilerin mekânsal dağılışını göstermek amacıyla hazırlanan haritalardır. Bu haritalar, istatistiksel verilerin coğrafi ortamda görselleştirilmesini sağlayarak kullanıcıların bilgiyi daha kolay yorumlamasına olanak tanır. Sade ve anlaşılır bir tasarıma sahip olmaları sayesinde, haritacılık konusunda uzman olmayan kullanıcılar tarafından da kolaylıkla okunabilir ve yorumlanabilir (İleri 2017). Koroplet haritalar, tematik haritalar arasında en yaygın kullanılan gösterim yöntemlerinden biridir. Uluslararası Kartografya Birliği (ICA) tarafından yapılan tanıma göre bu haritalar, belirli

idari veya coğrafi sınırlar içerisindeki alanların, farklı renk tonları ya da tarama desenleri kullanılarak görselleştirildiği bir kartografik gösterim tekniğidir (Şahin ve Bozyiğit 2023). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekânsal kökenli bilgilerin (grafik ve öznitelik) bilgisayar ortamında toplanması, girilmesi, saklanması, sorgulanması, mekânsal analizlerinin yapılması, görüntülenmesi ve farklı formatlarda çıktı alınması için oluşturulan bir bilgi sistemidir (Aranoff 1991).

2.2 Hava Kirliliğinin Tanımı, Nedenleri ve Kirletici Türleri

Havada bulunan atmosferik kirleticilerin insan sağlığı ve dengeyi değiştirecek düzeyde artması ve atmosferin doğal bileşiminin bozulması hava kirliliğidir. Hava kirliliği hem kapalı ortamda hem de açık ortamlarda meydana gelebilmektedir. Hava kirliliğine maruz kalmanın sonucu olarak insan sağlığı etkilenmektedir. Hava kirliliği dünya çapında gelen sağlık riskleri arasında 4. sıradadır (Zencirci ve Işıklı 2017). İnsan yaşamının %90'lık kısmı kapalı ortamda geçmektedir. Kapalı ortam olarak bahsedilen yerler konut, okul, resmi binalar, taşıtlar, iş yeri vb. yerlerdir. Hava kalitesi, insanların yaşam kalitesini belirleyen önemli fiziksel çevre koşullarından biridir. Kapalı ortam hava kalitesi dış çevresel faktörlerden etkilenebilmektedir. İnşa edilen binaların, endüstriyel bölgeler, çöplük alanları ve tozlu ortamlara yakın olması, ısıtma sistem ve araçlarından bağlı yanma, sistem yetersizliklerinden kaynaklı sızıntılar kapalı ortamdaki hava kirliliğine etki etmektedir. Deodorant, kimyasal madde gibi bileşenler, canlıların solunum sonucunda havaya verdiği karbon dioksit ve bazı organizmalar, terleme sonucu deriden buharlaşan organik maddeler, evcil hayvanların sindirim sistemi salgıları, kullanılan ısınma şekli ve yakıt tipi, baca özellikleri ortam havasına kirletici gaz ve partikül yayılımına neden olabilmektedir. Kapalı ortamda niteliği değişen havanın taze hava ile değiştirilmesi gerekmektedir (Güler 2002). Kapalı ortam hava kirliliğinin yanı sıra açık ortam hava kirliliği de önemli çevresel bir sorundur. Atmosferde yüzlerce farklı gaz bulunur. Atmosfer kütlesinin yaklaşık %99'unu azot, oksijen ve argon oluşturmaktadır (Schlesinger ve Bernhardt 2020). Hava kirliliğine neden olan sebepler doğal hava kirliliği ve yapay (antropojenik) hava kirliliği olarak iki ana başlık altında toplanabilir. Atmosferin kirlenmesi insan kaynaklı olduğu gibi doğal sebeplerden kaynaklı da gerçekleşebilmektedir. Bu sebepler organik maddelerin çürümesi sonucu oluşan gazlar,

volkan ve orman yangınlarından çıkan gazlar ve tozlar, denizlerden yayılan kükürtlü gazlar, rüzgârların havaya karıştırdığı tozlar, okyanus spreyleri ve buharlaşmasıdır. Yapay hava kirliliği ise insanların hammaddeleri kullanabilmeleri için meydana getirme aşamasında oluşmaktadır. Hava kirliliğine neden olan kaynaklar atmosferdeki durumuna göre birincil veya ikincil kirleticiler olarak sınıflandırılmaktadır. Kirleticiler havada gaz veya partikül olarak bulunabilmektedir (Partigöç ve Çubukçu 2017). Birincil kirleticiler, insan faaliyetleri veya doğal süreçler sonucunda doğrudan atmosfere bırakılan kirleticiler olarak tanımlanmaktadır. İkincil kirleticiler ise atmosferde bulunan birincil kirleticilerin güneş ışığı ve diğer atmosferik bileşenlerle gerçekleşen kimyasal dönüşümleri sonucunda oluşmaktadır (Wayne 1990). Topografik ve meteorolojik faktörler (rüzgâr, basınç, sıcaklık gibi) kirletici maddelerin atmosferdeki yoğunluğu ve dağılımında etkendir. Hava kirliliğini oluşturan kirleticiler; partikül madde (PM), kükürt dioksit (SO_2), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2), azot oksitler (NO_X), ozon (O_3), benzen (C_6H_6), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (B(a)p), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), nikel (Ni) ve arsenik (As) şeklinde sıralanmaktadır (Olcay vd. 2025). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından PM_{10} ve $PM_{2.5}$, SO_2, CO, CO_2, NO_X, O_3, NO_2, NO atmosferik kirleticilerin ölçümleri yapılmaktadır. Benzen, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, kurşun, kadmiyum, nikel ve arsenik gibi atmosferik kirleticilerin ölçümü; gelişmiş laboratuvar altyapısı, yüksek analiz maliyetleri, karmaşık analiz süreçlerinden kaynaklı uzman personel gereksinimi nedeniyle birçok hava kalitesi izleme istasyonunda bu kirleticilerin ölçümleri düzenli olarak gerçekleştirilememektedir. $PM_{2.5}$ atmosferik kirleticisine ait veriler incelendiğinde, veri sayısının yetersiz olması nedeniyle bu kirletici değerlendirmeye alınmamıştır. Bu nedenle çalışmada düzenli ve sürekli ölçüm verilerine ulaşılabilen PM_{10}, SO_2, CO, CO_2, NO_X, O_3, NO_2, NO atmosferik kirleticileri değerlendirilmiştir.

2.3 Atmosferik Kirleticiler

2.3.1 Karbon Monoksit (CO)

Karbon monoksit (CO), fosil yakıtların ve biyokütlenin eksik yanması sonucunda oluşan birincil atmosferik kirleticilerden biridir (Wilbur vd. 2012). CO kimyasal boğucu özellik

gösteren renksiz, kokusuz ve tahriş edici özelliği olmayan zehirli bir gazdır. CO gazının oksijene kıyasla hemoglobine olan ilgisi 200 kattan fazladır. Hemoglobinin dokulara oksijen taşıma kapasitesini düşürür ve bu yüzden zararlı bir gaz türüdür. Söz konusu kirleticiye kısa ve uzun süreli maruz kalındığında; baş ağrısı, yorgunluk, cilt damarlarında genişlenme, baş dönmesi, halsizlik, bulantı, kusma, görme bozukluğu, ciltte kızarıklık, derin koma hali, taşikardi, nabız ve solunum hızında artma, konvülsiyon, refleks değişiklikleri, Cheyne-Stokes tipi solunum bozuklukları, kalp ve solunumda yavaşlama, koma, zayıf nabız, solunum yetersizliği, bilinç bulanıklığı, şuur kaybı ve ölüm görülür (Ersoy vd. 2022). Karbon monoksitin başlıca kaynakları, baca gazları, motorlu taşıt emisyonları ve çöp yakma faaliyetleridir (Partigöç ve Çubukçu 2017). Karbon bileşenli yakıtların eksik yanması sonucu oluşan bu kirletici gaz; kombi, soba, şofben gibi yaygın olarak kullanılan ısıtıcı cihazların yanlış kurulması veya bakım eksikliği, kapalı alanda çalışan motorlu araçlar ve jeneratörler, hatalı tasarlanmış ya da tıkanmış olan bacalar CO gazının oluşmasına neden olmaktadır. Karbon monoksite maruz kalınması kalıcı sağlık sorunlarına ve ölümcül sonuçlara yol açmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı 2024).

2.3.2 Karbon Dioksit (CO_2)

Karbon dioksit (CO_2), birincil atmosferik kirleticilerdendir (Pennsylvania State University 2012). CO_2, atmosferde sera gazı konsantrasyonunun artmasına ve buna bağlı olarak küresel ısınma ile iklim değişikliğinin oluşmasına katkı sağlayan başlıca sera gazlarından biridir. Ayrıca yüksek CO_2 konsantrasyonları bitkisel besin kalitesinde düşüşe yol açmaktadır (Korkmaz vd. 2025). Küresel ısınmanın başlıca nedenlerinden biri, metan (CH_4), karbon dioksit (CO_2), kloroflorokarbonlar (CFC'ler) ve ozon (O_3) gibi sera gazlarının atmosferdeki yoğunluklarının artmasıdır (Demir 2009). CO_2 emisyonlarının başlıca kaynaklarını kömür ve petrol gibi fosil yakıtların kullanımı, ormansızlaşma ve motorlu taşıt emisyonları oluşturmaktadır (Partigöç ve Çubukçu 2017). Fosil yakıtlardan dolayı oluşan CO_2 miktarı, atmosferdeki CO_2 miktarının yaklaşık %80-85 ‘ini oluşturmaktadır. Geriye kalan %15-20’lik kısım ise canlıların solunumu ve mikroskobik canlılardan kaynaklı oluşmaktadır. Ormanların tahrip edilmesi ve ormansızlaşma, atmosferden CO_2 tutulmasını azaltarak atmosferdeki karbon dioksit miktarının artmasına neden olmaktadır. CO_2 gazı yapısı gereği bulunduğu kabın şeklini alabilir ve

sıvılaştırılabilir. Tesislerde oluşan CO_2 gazı, çeşitli yöntemlerle depolanmakta ve kontrol altında tutulmaktadır (Karakurt vd. 2009). İnsan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan CO_2 emisyonları atmosferdeki karbon dioksit konsantrasyonunun artmasında önemli bir paya sahiptir. Nüfus arttıkça üretilen CO_2 gazı miktarı da artmaktadır. CO_2 gazının artması insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır (IPCC 2023).

2.3.3 Ozon (O_3)

Yer seviyesi ozon (O_3), güneş ışığının etkisi altında azot oksitler (NOx) ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) fotokimyasal reaksiyonları sonucu oluşan başlıca ikincil hava kirleticilerinden biri olarak kabul edilmektedir (United States Environmental Protection Agency 2024). Atmosferde hacimsel olarak çok küçük bir kısmını oluşturan ozon gazı renksizdir ve çok düşük yoğunluklarda bile fark edilebilen kokusu olan bir gazdır. Yoğunluğun düşük olmasına rağmen kritik öneme sahiptir (Özler 2011). Ozon gazı üç oksijen atomunun birleşmesiyle oluşur. Ozon gazı atmosferde en yoğun olarak troposfer ve stratosfer tabakalarında bulunur. %90'lık kısmı stratosfer, %10'luk kısmı ise troposfer tabakasında yer almaktadır. Stratosferin üst yüzeyi ile yer yüzeyinden 15-20 km arasında bulunan ozon gazı, ozon tabakasını oluşturur. Bu tabaka güneşten gelen zararlı ışınları tutar ve yer yüzeyine ulaşmasını engeller. Troposfer tabakasında bulunan O_3 gazı insan sağlığı açısından tehlikelidir ve hava kirliliğinin önemli bileşenlerinden biridir. Troposferik ozon, azot oksitler (NO_x) ile uçucu organik bileşiklerin (VOC) güneş ışığı etkisi altında gerçekleşen fotokimyasal reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır. Küresel ölçekte metan gazı ve karbon monoksit gazları da O_3 gazının oluşumuna katkı sağlamaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü 2014). Termik santraller, ormansızlaşma, trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin güneş ışığı altında gerçekleşen fotokimyasal reaksiyonları ozon kirliliğine sebep olan faktörler arasındadır (Partigöç ve Çubukçu 2017). Ozon gazı insanlarda astım, akciğer fonksiyonlarında azalma, akciğer iltihabı, kalp rahatsızlıkları, solunum hastalıklarını tetiklemektedir ve erken ölümlere neden olabilmektedir. Bitkilerde fotosentez mekanizmasını bozarak karbon dioksit emiliminde azalışa neden olmaktadır. Tarımsal hasat oranını düşürür ve ormanların büyümesini engeller. Binaların erken yıpranmasına sebep olur (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel

Müdürlüğü 2014). Kıyı bölgelerinde yüksek ozon konsantrasyonlarının oluşumunda, deniz meltemine bağlı geri dolaşım önemli bir meteorolojik etken olarak değerlendirilmektedir (Li vd. 2020).

2.3.4 Kükürt dioksit (SO_2)

Kükürt dioksit (SO_2), doğrudan atmosfere salınan birincil hava kirleticilerinden biridir (Gary ve Handwerk 2001). SO_2, suda kolay çözünebilen bir gaz olup solunum yoluyla alındığında öncelikle üst solunum yollarında çözünerek tahrişe neden olmakta, yüksek konsantrasyonlarda ise dolaşım sistemi üzerinde de olumsuz etkilere yol açabilmektedir (Karagözoğlu ve Asav 2021). SO_2 konsantrasyonları, özellikle sanayi ve enerji üretiminden kaynaklanan yüksek emisyonlarla önemli bir hava kirliliği kaynağı oluşturmakta ve hava kalitesini ciddi şekilde etkilemektedir (Aydın ve Raja 2025). Solunum yollarındaki nemle reaksiyona giren SO_2, asidik bileşikler oluşturarak solunum yollarında tahrişe neden olmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) sınır değerlerinin aşıldığı yerlerde, kükürt dioksite kısa süreli maruz kalmanın dahi solunum güçlüğü ve astım belirtilerinin artışına sebep olduğunu belirtmektedir (İlkılıç ve Behçet 2006). SO_2 gazı, yakma tesisleri ve fosil yakıt yanması sonucu oluşmaktadır (Partigöç ve Çubukçu 2017). Havadaki SO_2 su buharı ve atmosferik oksidanlarla reaksiyona girerek sülfüröz asit H_2SO_3 ve sülfürik asit H_2SO_4 oluşumuna katkı sağlamaktadır. Asit yağmurlarıyla yeryüzüne inen bu asidik bileşikler tarihi eser ve mermer gibi yapılarda tahribata neden olmaktadır (Akbulut 2022). Asit yağışları tarımsal verimliliği azaltmakta, bitki örtüsüne zarar vermekte ve orman ekosistemlerinde bozulmalara yol açmaktadır (Akyalçın 1999). Tüm fosil yakıtlar belirli oranlarda kükürt içermektedir. Özellikle kömürün yapısında kükürt, sülfat ve sülfür bileşikleri bulunmaktadır. Kömürde bulunan kükürt çevre kirliliğine neden olduğu için fiziksel, biyokimyasal ve kimyasal yöntemlerle kömürden uzaklaştırılmaktadır (Calkins 1994).

2.3.5 Partikül Maddeler (PM_{10}, $PM_{2.5}$)

Partikül maddeler, emisyon kaynaklarından doğrudan atmosfere salınabilen birincil partiküller ile SO_2, NO_x, NH_3 ve metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC) gibi gaz

halindeki öncül kirleticilerin atmosferde geçirdiği kimyasal dönüşümler sonucunda oluşan ikincil partiküller olmak üzere iki grupta değerlendirilmektedir (World Health Organization 2013). Partikül maddeler, katı parçacıklar ve sıvı damlacıklardan oluşmakta olup doğrudan atmosfere salınabildiği gibi atmosferde gerçekleşen fiziksel ve kimyasal süreçler sonucunda da meydana gelebilmektedir. Partikül maddeler, aerodinamik çaplarına göre farklı boyut sınıflarında değerlendirilmektedir (European Environment Agency 2026). Havadaki partikül madde, insan sağlığı üzerinde önemli olumsuz etkilere sahiptir. PM10 ifadesindeki '10', aerodinamik çapı 10 µm'den küçük olan partikülleri ifade etmektedir. PM2.5 ifadesindeki '2,5' ise aerodinamik çapı 2,5 µm'den küçük partikülleri göstermektedir (Yılmaz vd. 2022). Özellikle aerodinamik çapı 10 µm'nin altında olan partikül maddeler insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Çapı küçük partiküller solunum sisteminde ilerleyerek akciğere kadar ulaşabilirler. Bu nedenle küçük çaplı partiküller insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. PM_{10} insan saçından 5 kat, $PM_{2.5}$ ise insan saçından 20 kat daha küçüktür (Yollu 2007). Isı etkisiyle buharlaşan maddelerin yeniden yoğuşarak ince tozların oluşması, yanma prosesi sırasında oluşan yeni moleküllerin kendi arasında dengesiz zerreler oluşturması, kül veya yakıt zerreleri, püskürtmeli yakma tesislerinde çok ince zerreciklerin kaçması, yakıtların tam yanmasıyla oluşan is partikül maddelerin oluşumunda en önemli sebepleri arasındadır (Yollu 2007). $PM_{2.5}$ birincil emisyon kaynaklarından ve fotokimyasal tepkimeler sonucunda oluşmaktadır. Partikül maddelerin solunması sonucunda; astım ve bronşit ataklarında tetiklenme, akciğer enfeksiyonu, kronik öksürük atakları, kalp damar hastalıkları tetiklenmektedir. Partikül maddeye sebep olarak endüstriyel süreçler, trafik, odun, kömür ve petrol yakılması, maden işletme tesisleri, enerji üretimi, demir-çelik üretimi, asfalt tozu, evsel ısınma ve doğal kaynaklardan gelen partikül maddeler ile gaz-partikül dönüşümleri sonucu oluşan ikincil partikül maddeler, ısı kazanları, atıkların yakılması, çimento üretimi, araçlardan kaynaklanan egzoz harici emisyonlar partikül madde salınımına neden olmaktadır. Partikül maddeler; ağır metaller, karbon bileşenleri ve yer elementleri içerebilmektedir (Arı 2016).

2.3.6 Azot oksit (NO_X), Azot dioksit (NO_2), Azot monoksit, (NO)

Azot oksitler doğrudan atmosfere salınan başlıca birincil hava kirleticileri arasında yer almaktadır (Gary ve Handwerk 2001). Atmosferin %78'i azottan meydana gelmektedir (İlkılıç ve Behçet 2006). Azot oksitler (NO_x); azot monoksit (NO), azot dioksit (NO_2), diazot monoksit (N_2O), diazot trioksit (N_2O_3), diazot tetraoksit (N_2O_4), diazot pentaoksit (N_2O_5) gibi farklı azot-oksijen bileşiklerinden oluşmaktadır. Bu bileşikler arasında özellikle NO ve NO_2, hava kirliliği açısından en önemli atmosferik kirleticiler olarak kabul edilmektedir. Bu gazların havada kalış süresi iki ila beş gün arasındadır. NOx emisyonları; volkanik patlamalar, biyolojik süreçler, orman yangınları gibi doğal kaynakların yanı sıra kara, hava ve deniz taşıtları, evsel ısınma ve endüstriyel faaliyetler gibi insan kaynaklı faaliyetlerden atmosfere salınmaktadır. NO_2, güneş ışığı etkisiyle fotolize uğrayarak O_3 oluşumuna katkı sağlamaktadır. Baca ve egzozdan salınan NO gazı atmosferde kolaylıkla NO_2 gazına dönüşebilmektedir. Havada bulunan O_3 gazı bu dönüşümü hızlandırmaktadır. NOx bileşikleri, asit yağışlarının oluşumuna katkı sağlamaları ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle önemli çevresel kirleticiler arasında yer almaktadır (Cindoruk 2018). Yanma kaynaklı NOx emisyonlarının yaklaşık %95'i NO formunda atmosfere salınmaktadır. Geriye kalan kısmın büyük bir bölümü ise NO_2 formundadır. NO gazı renksiz ve kokusuzdur. Yüksek konsantrasyonlarda insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir. NO_2 gazı ise sarı ve kahve rengi tonuna yakın bir renge sahip olup keskin kokuludur ve ciğerlere etki eder (Cellek 2017).

2.4 Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Türkiye'de 2019 yılında hava kirliliğine bağlı olarak 31 bin 476 ölüm meydana gelmiştir (Güzel vd. 2022). Hava kirliliğinin temel nedenlerinden biri fosil yakıt kullanımına dayalı enerji üretimi ve tüketimidir. Dünya genelindeki enerji gereksiniminin yaklaşık %80'i fosil yakıtlardan, geri kalan kısmı ise nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Özellikle fosil yakıtların kullanımı sonucunda atmosfere toz ve gaz formunda çeşitli kirleticiler salınmakta, bu kirleticiler ise insan sağlığı üzerinde ciddi ve ölümcül etkilere yol açabilmektedir (Yılmaz 2021). Hava kirliliğinin insan sağlığı

üzerindeki önemli etkilerinden biri de alerjik reaksiyonların görülme sıklığını artırmasıdır. Özellikle yoğun trafik ve sanayi bölgelerine yakın alanlarda yaşayan bireylerde çeşitli sağlık sorunları daha sık görülmektedir. Partikül maddeye kısa süreli maruz kalma sonucunda özellikle alerjik duyarlılığı bulunan çocuklarda astıma bağlı semptomlar artmaktadır. Uzun süre maruz kalındığında ise astım kontrolünde kötüleşme ve akciğer fonksiyonlarında azalma görülmektedir (Sapan ve Çekiç 2020). Laboratuvar çalışmaları, atmosferik kirleticilerin insan sağlığı üzerinde çok sayıda olumsuz etkiye neden olduğunu göstermektedir. Akciğerlerde vizing, dispne, göğüste sıkışıklık, nonspesifik hava yolu reaktivitesinde artış, hava yolu permeabilitesinde artış, hava yolu sıvılarında inflamatuar hücre ve mediatör düzeyinde eozinofil ve eozinofil ürünlerinde artış, bronş mukozasında inflamatuar sitokin ekspresyonunda artış, rat akciğerlerinde antijen sunucu aktivitede artış, bronş mukozasında inflamatuar mediatör ekspresyonunda artış gibi etkiler, hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz sonuçlarını ortaya koymaktadır (Bayram 2009). Kısa ve uzun süreli hava kirliliğine maruz kalındığında kan basıncında artışa, vasküler homeostazın bozulmasına, endotelyal disfonksiyona ve aterosklerotik lezyonların ilerlemesine neden olduğu bilinmektedir. PM'ye maruz kalınması sonucunda gözlerde tahriş, alerji, rinit, bağırsak mikrobiyotasında patolojik değişiklikler oluşmaktadır. PM, kanser ve diğer hastalıklarla ilişkilendirilen ağır metalleri bünyesinde taşıyabilmektedir. Ayrıca azalmış bilişsel işlev, erken doğum, düşük doğum ağırlığı, ani bebek ölümü, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu, otizm ve nörodejeneratif hastalıklar ile de ilişkili olduğu bildirilmektedir (Fidan 2022). Yapılan çalışmalar sonucunda obezitenin oluşmasına sebep olan faktörlerden birinin hava kirliliği olduğu ortaya konulmuştur (Yıldırım vd. 2023). Hava kirliliğine bağlı hastalıkların artması, sağlık hizmetlerine olan talebi yükselterek kamu sağlık harcamalarının artmasına ve ekonomik yükün büyümesine neden olmaktadır (Güzel ve Özer 2022).

2.5 Hava Kalitesi İndeksi ve Sınır Değerleri

Hava kalitesinin belirlenen sınır değerler içerisinde olması, insan sağlığının korunması açısından önem taşımaktadır. İnsan sağlığını olumsuz etkileyen hava kirliliğinin kontrol altına alınabilmesi için kirletici düzeylerinin zamanında belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle hava kirleticilerinin doğru

yöntemlerle ölçülmesi ve hava kalitesinin sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. Çalışma alanında Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve İzmir Büyükşehir Belediyesi hava kalitesi ölçüm istasyonları verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan hava kalitesi izleme istasyonlarının teknik özelliklerine bağlı olarak, kükürt dioksit (SO_2) ve partikül madde (PM_{10}, $PM_{2.5}$), azot oksit (NO_X), azot dioksit (NO_2), azot monoksit (NO), karbon dioksit (CO_2), karbon monoksit (CO), ozon (O_3) kirleticilerinin ölçümleri gerçekleşmiştir. Belli bir bölgedeki hava kalitesinin karakterize edilmesi için ülkelerin kendi sınır değerlerine göre dönüştürdükleri ve kirlilik sınıflandırılmasının yapıldığı bu indekse Hava Kalitesi İndeksi adı verilmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından da ulusal hava kalitesi indeksi belirlenmiştir. Bu indeks, EPA Hava Kalitesi İndeksi esas alınarak ulusal mevzuat ve sınır değerlere uyarlanmıştır. Hava kalitesi indeksi Çizelge 2.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 EPA hava kalitesi indeksi

Hava İndeksi Değerler	Sağlık endişe seviyeleri	Anlamı
0-50	İyi	Hava kalitesi memnun edici. Hava kalitesi az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51-100	Orta	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki İnsanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101-150	Hassas	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151-200	Sağlıksız	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir. Hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201-300	Kötü	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301-500	Tehlikeli	Sağlık alarmı. Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Hava kalitesine sebep olan gazların ölçümü sonucu 1 saatlik ve 8 saatlik ortalamaları incelendiğinde, çıkan sonuçlara göre indeks durumları, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Ulusal Hava Kalitesi İndeks Kesme Noktası olarak bakanlıkça sunulmuştur. Ulusal Hava Kalitesi İndeksi Kesme Noktaları Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Ulusal hava kalitesi indeks kesme noktaları

İndeks	HKİ	SO_2 [µg/m³] 1 saat ortalama	NO_2 [µg/m³] 1 saat ortalama	CO [µg/m³] 8 saat ortalama	O_3 [µg/m³] 8 saat ortalama	PM_{10} [µg/m³] 24 saat ortalama
İyi	0-50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51-100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101-150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151-200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201-300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301-500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

İndeks hesaplanan parametrelerin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından sunulan sınır değerleri ve AB üye ülke sınır değerleri Çizelge 2.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 İndeks hesaplanan parametrelerin sınır değerleri

Parametre	SO_2 [µg/m³] 1 saatlik ortalama	NO_2 [µg/m³] 1 saatlik ortalama	CO [µg/m³] 8 saatlik ortalama	O_3 [µg/m³] 8 saatlik ortalama	PM_{10} [µg/m³] 24 saatlik ortalama
Ulusal Sınır Değer	350	250	10.000	120	50
AB Üye Ülkeleri Sınır Değeri	350	200	10.000	120	50

Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliği ile Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından, ölçümü yapılan ve hava kalitesini etkileyen gazlar için belirli sınır değerler belirlenmiştir. Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliğinde $PM_{2.5}$, NO ve O_3 için yıllık ortalama sınır değer yönetmelikte bulunamamıştır. O_3 kirletici gazının temiz

bir hava için uzun vadeli hedef değeri 120 µg/m^3 olarak hedeflenmiştir (Resmî Gazete 2008). DSÖ tarafından yayınlanmış olan hava kalitesi sınır değerlerinde SO_2, CO, NOx, NO ve O_3 gazları için yıllık sınır değerler bulunamamıştır. Atmosferik kirleticilerin, DSÖ ve Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenmiş olan sınır değerleri Çizelge 2.4'de gösterilmiştir.

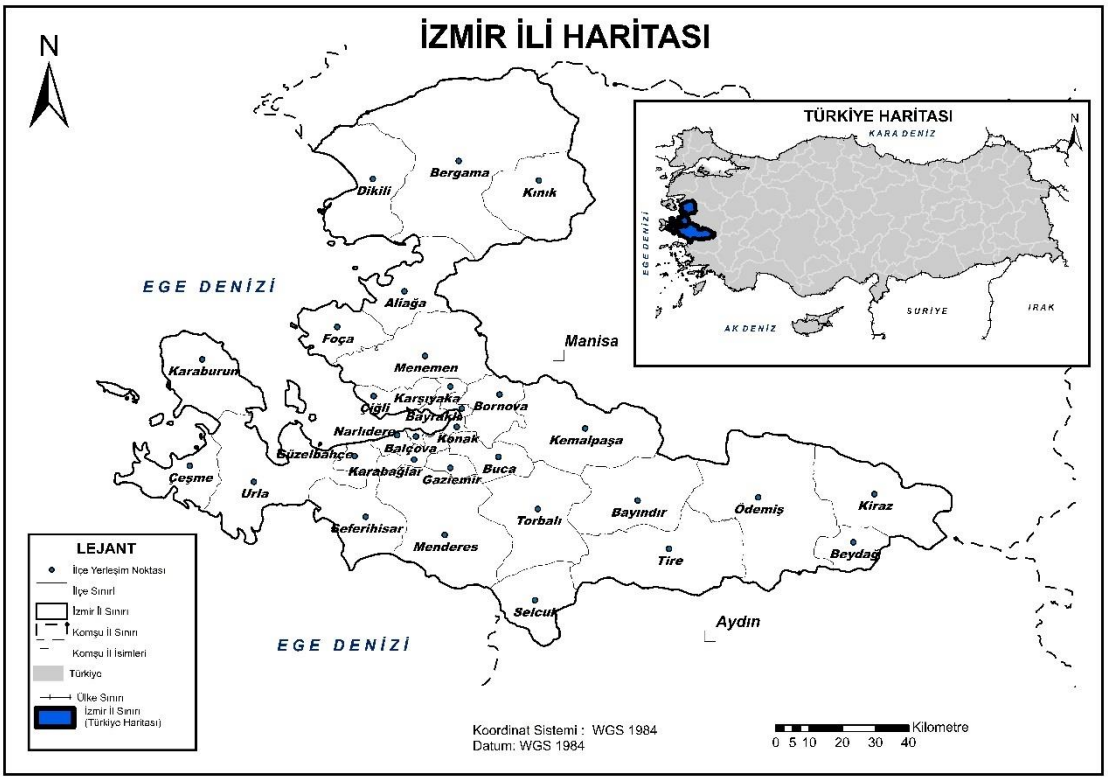
Çizelge 2.4 Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile DSÖ tarafından belirlenmiş olan yıllık hava kalitesi ortalama sınır değerleri

Kirletici	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (2009)	DSÖ hava kalitesi sınır değerleri (2021)
PM_{10}	40 µg/m^3	15 µg/m^3
$PM_{2.5}$	Yıllık sınır değer yok	5 µg/m^3
SO_2	20 µg/m^3	Yıllık sınır değer yok
CO	Yıllık sınır değer yok	Yıllık sınır değer yok
NO_2	40 µg/m^3	10 µg/m^3
NO_X	30 µg/m^3	Yıllık sınır değer yok
NO	Yıllık sınır değer yok	Yıllık sınır değer yok
O_3	Uzun vadeli hedef sayısı 120 µg/m^3	60 µg/m^3 (yoğun dönem)

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Çalışma Alanı

İzmir ili, Türkiye'nin batısında Ege Bölgesi'nde yer alan ve büyükşehir statüsüne sahip bir ildir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2024 yılı verilerine göre, İzmir 4.493.242 nüfusuyla Türkiye'nin nüfus bakımından en kalabalık üçüncü büyük şehridir (TÜİK 2025). İzmir, Akdeniz iklimine sahiptir. İzmir ili gelişmiş ve çeşitlilik gösteren bir ekonomik yapıya sahiptir. Gelişmiş sanayisi, liman ticareti, tarımsal faaliyetleri ile dikkat çekmektedir. Verimli ovaları sayesinde tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yürütüldüğü bir ildir. İzmir, tarih boyunca liman ve ticaret şehri olarak anılmıştır. İlk defa 1081 yılında Çaka Bey tarafından Türk egemenliğine geçen İzmir, haçlı kuşatmaları nedeniyle bazı dönemlerde tekrar Bizans egemenliğine geçmiştir. 1402 Ankara Savaşı sonrasında yeniden Aydınoğulları egemenliğine girmiş, 1426 yılında kesin olarak Osmanlı egemenliğine katılmıştır. Osmanlı Devleti'nin ardından günümüzde Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin bir ilidir (Ayönü 2009). Tarih boyunca Hitit, İyon, Lidya, Pers, Roma, Bizans, Osmanlı gibi birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. İzmir'in ilk yerleşim yerinin Yeşilova Höyüğü olduğu bilinmektedir. Yeşilova Höyüğü'nün tarihinin 8500 yıl öncesine dayandığı bilinmektedir. Bu bölge İzmir Bornova ilçesinde, ilçe merkezinin 3 km güneybatısında, denizden yaklaşık olarak 4 km içeridedir. Batı Anadolu'nun en büyük höyüğü olarak bilinmektedir (Karadaş 2014). İzmir ili sınırları içerisinde, Ege Bölgesi'nin önemli akarsularından olan Gediz Nehri'nin aşağı kesimi ile Küçük Menderes Nehri yer almaktadır. Gümüldür, Özdere, Foça, Karaburun ve Çeşme kıyıları, İzmir'in turizm potansiyeline büyük katkı sağlamaktadır. Kıyı özellikleri itibariyla yat ve gemilerin yanaşmasına elverişlidir. Bu özellikleriyle İzmir doğal bir turizm ve liman kentidir. İzmir Limanı Türkiye'nin en büyük ikinci limanı olma özelliğindedir. Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin tek gemi söküm bölgesi olan Aliağa ilçesine sahiptir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2024). İzmir ekonomik, kültürel, sosyal alanlar başta olmak üzere birçok alanda önemli bir yere sahiptir. Ayrıca İzmir ilinde yer alan 2 kültürel varlık UNESCO Dünya Miras listesine, 5 kültürel varlık ise Dünya Mirası Geçici Listesi'nde bulunmaktadır (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı 2025). İzmir ilinin Türkiye'deki ve ilçelerinin il sınırları içindeki konumu Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 İzmir ilinin Türkiye'de konumu

3.2 Materyal ve Veri Ön İşleme

Bu araştırmada, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından kamuya açık olarak sunulan Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı verileri ile İzmir Büyükşehir Belediyesine ait hava kalitesi ölçüm istasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Hava kalitesi verileri saatlik, aylık ve yıllık zaman aralıklarında ilgili kurumların resmî internet sitelerinden Microsoft Excel formatında temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan hava kalitesi verileri, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile İzmir Büyükşehir Belediyesine ait hava kalitesi izleme istasyonlarından elde edilmiştir. Bu istasyonlarda atmosferik kirleticiler tam otomatik analizörler ile ölçülmekte, ölçüm verileri Bakanlığın veri merkezine aktarıldıktan sonra doğrulama işlemlerinin ardından saatlik ortalamalar hâlinde yayımlanmaktadır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2026).

Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı kapsamında Aliağa, Karabağlar, Karşıyaka, Konak, Menemen, Foça, Çeşme, Karaburun, Torbalı, Ödemiş, Seferihisar, Gaziemir, Bornova ve

Kemalpaşa ilçelerinde bulunan hava kalitesi izleme istasyonlarına ait veriler kullanılmıştır. Aliağa ilçesinde bulunan Aliağa Bozköy istasyonuna ait verilere ulaşılamadığından bu istasyon çalışma kapsamına dâhil edilmemiştir. İzmir Büyükşehir Belediyesine ait Alsancak, Bayraklı, Bornova, Çiğli, Karşıyaka ve Şirinyer hava kalitesi ölçüm istasyonlarının verilerinden yararlanılmıştır. Güzelyalı istasyonuna ait verilere ulaşılamadığından değerlendirmeye alınmamıştır. Alsancak istasyonu Konak ilçesi, Şirinyer istasyonu ise Buca ilçesi kapsamında değerlendirilmiştir.

Çalışma yıllarında Balçova, Bayındır, Bergama, Beydağ, Dikili, Güzelbahçe, Kınık, Kiraz, Menderes, Narlıdere, Selçuk, Tire ve Urla ilçelerinde hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunmadığından bu ilçelere ait hava kalitesi verileri elde edilememiştir.

Araştırmada ayrıca Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayımlanan 2021–2024 yıllarına ait ilçe bazındaki yıllık nüfus verileri kullanılmıştır. Nüfus verileri TÜİK'in resmî internet sitesinden Microsoft Excel formatında indirilmiştir.

Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından, internet adresi üzerinden kullanıcılara ücretsiz olarak sunulan, Türkiye mülki idare sınırları kullanılmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin internet sitelerinden atmosferik kirleticilerin değerleri indirilmiş ve düzenlenmiştir. TUİK den indirilen nüfus verileri Excel formatında düzenlenmiştir.

Tematik haritaların oluşturulmasında Harita Genel Müdürlüğü tarafından ücretsiz olarak sunulan Türkiye mülki idare sınırlarına ait sayısal vektör veriler kullanılmıştır. Ayrıca İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından yayımlanan ilçelere ait otomobil sayısı ve 100 kişiye düşen otomobil sayısı verilerinden yararlanılmıştır.

Elde edilen hava kalitesi, nüfus ve otomobil verileri Microsoft Excel ortamında düzenlenmiş, eksik veriler kontrol edilmiş ve analizlerde kullanılacak biçime dönüştürülmüştür. Daha sonra veriler ilçe sınırlarına ait sayısal veriler ile ilişkilendirilerek CBS tabanlı analizler ve tematik haritaların oluşturulmasına hazır hâle getirilmiştir.

3.3 Metot

Çalışmada kullanılan hava kalitesi ve nüfus verileri Microsoft Excel yazılımında analizlere uygun hâle getirilmiştir. Hava kalitesi verileri kirletici türlerine göre ayrılmış, çalışma yıllarına ait yıllık ortalama değerler hesaplanmış ve analizlerde kullanılacak

biçime dönüştürülmüştür. Hazırlanan veriler ilçe sınırlarına ait sayısal vektör verilerle ortak ilçe adı alanı kullanılarak ilişkilendirilmiştir. CBS ortamında gerçekleştirilen analizler sonucunda atmosferik kirleticilere ve nüfus yoğunluğuna ait tematik haritalar üretilmiştir. Tematik haritalar WGS 84 coğrafi koordinat sisteminde üretilmiştir. Tematik haritaların oluşturulmasında verilerin doğal dağılımını en iyi şekilde yansıttığı için Doğal Kırılma yöntemi tercih edilmiştir. Sınıf aralıkları, haritaların okunabilirliğini artırmak amacıyla uygun tam sayılara yuvarlanmıştır. Haritaların yorumlanmasını kolaylaştırmak amacıyla Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ile Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlere ilgili tematik haritalarda referans olarak yer verilmiştir. Atmosferik kirleticiler ile nüfus verilerine ilişkin yıllık değerler Microsoft Excel yazılımında çizelgeler hâlinde düzenlenmiş ve zamansal değişimlerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Elde edilen tematik haritalar ile yıllık değerlere ilişkin oluşturulan çizelgeler birlikte değerlendirilerek atmosferik kirleticilerin ilçelere göre zamansal değişimleri yorumlanmıştır.

Çalışma döneminde ilçelerde gözlenen nüfus değişiminin karşılaştırılabilmesi amacıyla göreli değişim oranı hesaplanmıştır. Göreli değişim oranı, her ilçenin çalışma dönemindeki maksimum ve minimum nüfus değerleri arasındaki farkın minimum nüfus değerine oranlanmasıyla elde edilmiş ve yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. Bu yöntem sayesinde çalışma döneminde ilçelerde meydana gelen nüfus değişiminin göreli büyüklüğü karşılaştırılmıştır. Böylece farklı nüfus büyüklüğüne sahip ilçelerde meydana gelen değişimler ortak bir ölçekte değerlendirilmiştir. Hesaplamada minimum nüfus değeri referans alınmış ve Eşitlik (3.1) kullanılmıştır.

$$\text{GD (\%)} = \frac{N_{\text{maksimum}} - N_{\text{minimum}}}{N_{\text{minimum}}} \times 100 \qquad (3.1)$$

Eşitlikte GD (%), göreli değişim oranını; N_{maksimum} çalışma döneminde gözlenen en yüksek nüfus değerini; N_{minimum} çalışma döneminde gözlenen en düşük nüfus değerini temsil etmektedir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

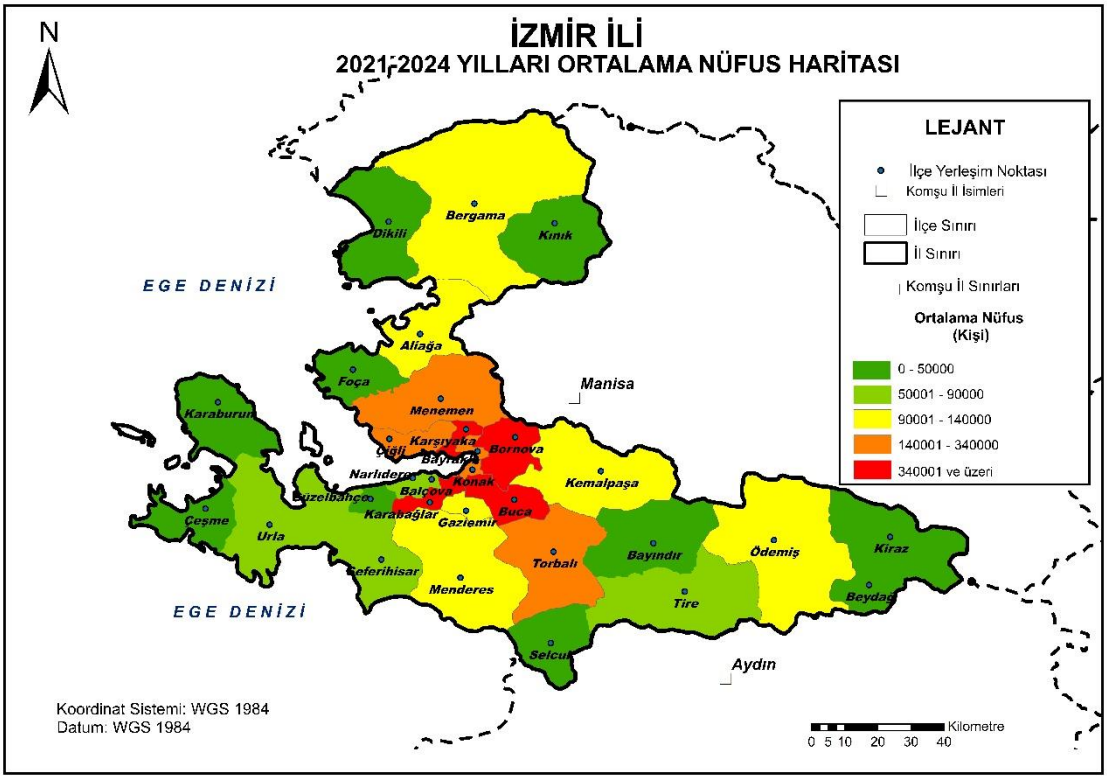
4.1 Nüfus Analizi

Çizelge 4.1 İzmir ili ilçelerine ait 2021–2024 yılları nüfus verileri ve göreli değişim oranları

Adı	2021 Yılı nüfus verisi	2022 Yılı nüfus verisi	2023 Yılı nüfus verisi	2024 Yılı nüfus Verisi	Değişim
Aliağa	103364	104828	106168	108701	5,16%
Balçova	80513	80721	77831	76613	5,36%
Bayındır	40049	40073	40618	40054	1,42%
Bayraklı	296839	298519	300949	299859	1,38%
Bergama	104980	105754	107133	107347	2,25%
Beydağ	12197	12030	12094	11959	1,99%
Bornova	452867	454470	447553	448737	1,55%
Buca	517963	522404	523487	523193	1,07%
Çeşme	48167	48924	50028	50828	5,52%
Çiğli	209951	214065	215172	215697	2,74%
Dikili	46587	47360	48379	48647	4,42%
Foça	33611	34946	36000	36688	9,15%
Gaziemir	137856	137754	137768	136930	0,68%
Güzelbahçe	37572	37753	38044	38500	2,47%
Karabağlar	478788	479338	476500	473058	1,33%
Karaburun	11927	12200	13379	13473	12,96%
Karşıyaka	347023	346264	341857	341580	1,59%
Kemalpaşa	112049	114250	117956	120375	7,43%
Kınık	28513	28694	29205	28859	2,43%
Kiraz	43674	43510	43572	43401	0,63%
Konak	336545	332277	327300	322393	4,39%
Menderes	104147	106173	109356	111453	7,02%
Menemen	193229	200904	207748	214409	10,96%
Narlıdere	63438	62923	62148	61732	2,76%
Ödemiş	132769	132740	132650	132942	0,22%
Seferihisar	52507	54993	58570	60914	16,01%
Selçuk	37689	38151	38467	38688	2,65%
Tire	86758	87462	87935	87858	1,36%
Torbalı	201476	207840	214059	218744	8,57%
Urla	72741	74736	77599	79610	9,44%

Çizelge 4.1 incelendiğinde, 2021–2024 yılları arasında İzmir ilçelerinin nüfuslarında farklı düzeylerde değişimler meydana geldiği görülmektedir. Göreli değişim oranlarına

göre en yüksek nüfus artışı Seferihisar ilçesinde gerçekleşmiş olup çalışma döneminde nüfus %16,01 oranında artmıştır. Seferihisar'ı sırasıyla Karaburun (%12,96), Menemen (%10,96), Urla (%9,44), Foça (%9,15) ve Torbalı (%8,57) ilçeleri takip etmektedir. Buna karşılık nüfus değişiminin en düşük olduğu ilçeler Ödemiş (%0,22), Kiraz (%0,63), Gaziemir (%0,68) ve Buca (%1,07) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1 İzmir ili 2021-2024 yılları ortalama nüfus haritası

Ortalama nüfus değerleri, çalışma dönemindeki dört yılın aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Ortalama nüfus değerleri incelendiğinde çalışma döneminde en yüksek ortalama nüfusun Buca ilçesinde olduğu, bunu sırasıyla Karabağlar, Bornova ve Karşıyaka ilçelerinin izlediği görülmektedir. Bu ilçelerin ortak özelliği İzmir kent merkezinde yer almaları ve yoğun yerleşim alanlarına sahip olmalarıdır.
Şekil 4.1 incelendiğinde en düşük ortalama nüfus değerleri ise Kiraz, Beydağ, Bayındır, Selçuk, Çeşme, Karaburun, Foça, Dikili ve Kınık ilçelerinde belirlenmiştir.
Yıllara göre nüfus değişimleri değerlendirildiğinde bazı ilçelerde nüfusun sürekli artış eğilimi gösterdiği, bazı ilçelerde ise çalışma döneminde azalma eğiliminin bulunduğu görülmektedir. Özellikle Seferihisar, Menemen, Torbalı, Menderes, Karaburun, Urla,

Foça ve Çeşme ilçelerinde düzenli nüfus artışı dikkat çekmektedir. Buna karşılık Konak, Karşıyaka, Balçova, Narlıdere, Beydağ, Kiraz ve Gaziemir ilçelerinde çalışma döneminde nüfusun azaldığı veya sınırlı düzeyde değişim gösterdiği belirlenmiştir. Merkez ilçelerde nüfus artış hızının düşük kalması, bu ilçelerde yerleşim alanlarının büyük ölçüde dolmuş olması ve yeni yerleşim taleplerinin çevre ilçelere yönelmesi ile açıklanabilir. Buna karşılık Seferihisar, Menemen ve Torbalı ilçelerinde görülen nüfus artışı; üst ölçekli planlarda öngörülen kentsel gelişme alanları, artan yerleşim talepleri ve kentleşmenin çevre ilçelere doğru yayılması ile uyum göstermektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2020).

4.2 Otomobil Sayısının Değerlendirilmesi

İçten yanmalı motorlarda kullanılan benzin, motorin ve LPG gibi fosil yakıtların yanması sonucunda atmosfere karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2), azot oksitler (NO_x) ve partikül madde (PM) başta olmak üzere çeşitli atmosferik kirleticiler salınmaktadır. Bu nedenle motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonları, hava kirliliğinin önemli kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir (Çetin ve Ergüder 2020). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2024 yılı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı otomobillerin yaklaşık %96'sı benzinli, dizel veya LPG yakıtlı içten yanmalı motorlu araçlardan oluşmaktadır (TÜİK 2025). Bu nedenle araştırmada, hava kirliliğini etkileyebilecek faktörlerden biri olarak otomobil sayısı verileri de değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 4.2 İzmir ili 2021–2024 yılları otomobil sayısı ve 100 kişiye düşen otomobil sayısı

Yıl	Otomobil sayısı	100 Kişiye düşen otomobil sayısı
2021	863000	20
2022	898000	20
2023	956000	21
2024	1015000	23

Çizelge 4.2 incelendiğinde çalışma yıllarında otomobil sayısında düzenli bir artış olduğu görülmektedir. Çalışma döneminde otomobil sayısı 863.000'den 1.015.000'e yükselmiştir. Aynı dönemde 100 kişiye düşen otomobil sayısı ise 20'den 23'e yükselmiştir. Otomobil sayısındaki bu artış, kentte motorlu taşıt yoğunluğunun giderek

arttığını göstermektedir. Trafikte bulunan içten yanmalı motorlu araç sayısının artması, egzoz kaynaklı kirletici emisyonlarının da artmasına neden olabileceğinden hava kalitesi üzerinde baskı oluşturan faktörlerden biri olarak değerlendirilebilir. Ancak hava kalitesi yalnızca taşıt sayısından etkilenmemekte; meteorolojik koşullar, sanayi faaliyetleri, topoğrafik özellikler ve diğer emisyon kaynakları da kirletici konsantrasyonlarının değişiminde önemli rol oynamaktadır (Olcay vd. 2025). Bu nedenle otomobil sayısı, hava kalitesini etkileyen faktörlerden biri olarak değerlendirilmiş ve atmosferik kirleticilere ait bulgular ile birlikte yorumlanmıştır.

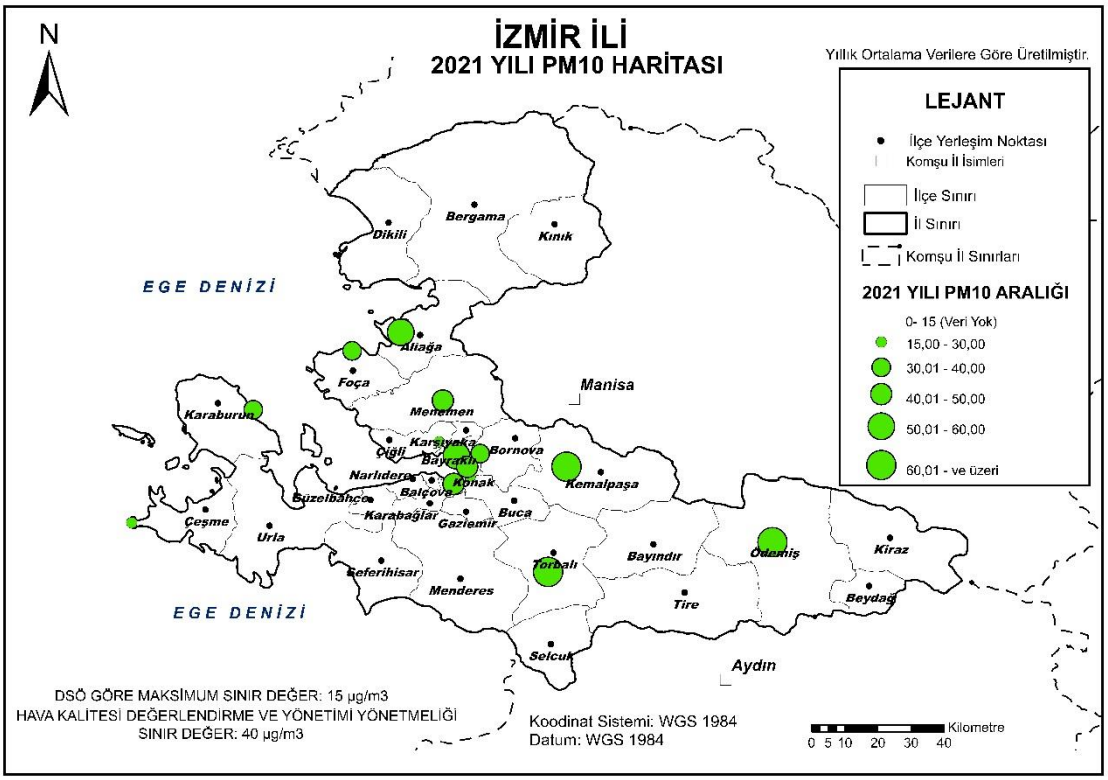
4.3 PM_{10} Değişimi

Atmosferik bir kirletici olan PM_{10} için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değer 40 µg/m³ iken, DSÖ tarafından önerilen kılavuz değer 15 µg/m³'tür. Aliağa, Çeşme, Foça, Gaziemir, Karabağlar, Karaburun, Karşıyaka, Kemalpaşa, Menemen, Ödemiş, Torbalı ilçelerinin PM_{10} atmosferik kirleticisine ilişkin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Bayraklı, Buca, Çiğli, Konak ilçeleri için ise İzmir Büyükşehir Belediyesi Hava Kalitesi İzleme İstasyonları tarafından elde edilen veriler kullanılmıştır. 2024 yılında Çiğli ve Ödemiş ilçesine ait verilere ulaşılamamıştır. Balçova, Bayındır, Bergama, Beydağ, Bornova, Dikili, Güzelbahçe, Kınık, Kiraz, Menderes, Narlıdere, Seferihisar, Selçuk, Tire, Urla ilçelerinde çalışma yıllarına ait herhangi bir veriye ulaşılamamıştır. Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilen 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait ortalama yıllık PM10 verileri esas alınarak İzmir ili için yıllara göre PM_{10} koroplet haritaları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında üretilen haritaların karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla tüm yıllarda aynı sınıf aralıkları kullanılmıştır. Sınıf aralıklarının belirlenmesinde Doğal Kırılma yöntemi sonucunda elde edilen değerlerin yuvarlanmış hâlleri esas alınmış ve sınıf aralıklarında sınır değerlere yer verilmiştir.

4.3.1 2021 Yılı PM_{10} Değişimi

Çizelge 4.3 İzmir iline ait 2021 yılı PM_{10} ortalama değerleri

Adı	2021 yılı PM_{10} ortalama değeri ($\mu g/m^3$)
Aliağa	55.48
Bayraklı	38.79
Buca	19.69
Çeşme	23.35
Çiğli	28.99
Foça	39.76
Gaziemir	47.98
Karabağlar	48.66
Karaburun	33.58
Karşıyaka	57.8
Kemalpaşa	83.09
Konak	42.01
Menemen	43.04
Ödemiş	88.04
Torbalı	101.95



Şekil 4.2 İzmir ili 2021 yılı PM_{10} haritası

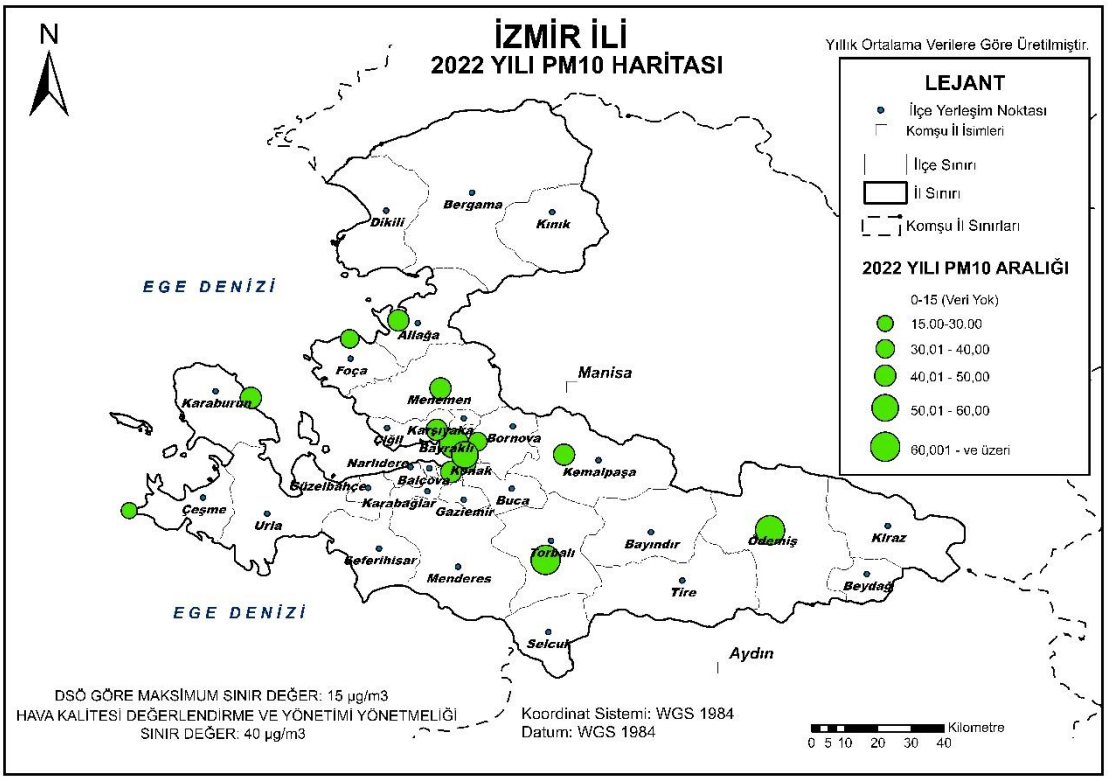
Çizelge 4.3 ve Şekil 4.2 incelendiğinde DSÖ'ye göre belirlenen 15 µg/m^3 sınır değerinin ölçüm yapılan ilçelerin tamamında aşıldığı görülmektedir. Ölçüm yapılan ilçeler içerisinde Bayraklı, Buca, Çeşme, Çiğli, Foça, Karaburun ilçelerinde Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 40 µg/m^3 sınır değer aşılmamıştır. Aliağa, Gaziemir, Karabağlar, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş, Torbalı ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşıldığı görülmektedir.

4.3.2 2022 Yılı PM_{10} Değişimi

Çizelge 4.4 İzmir iline ait 2022 yılı PM_{10} ortalama değerleri

Adı	2022 yılı PM_{10} ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	44.66
Bayraklı	39.18
Buca	28.81
Çeşme	25.78
Çiğli	45.58
Foça	38.58
Gaziemir	49.96

Karabağlar	46.32
Karaburun	44.17
Karşıyaka	67.75
Kemalpaşa	48.45
Konak	55.34
Menemen	47.64
Ödemiş	80.18
Torbalı	72.65



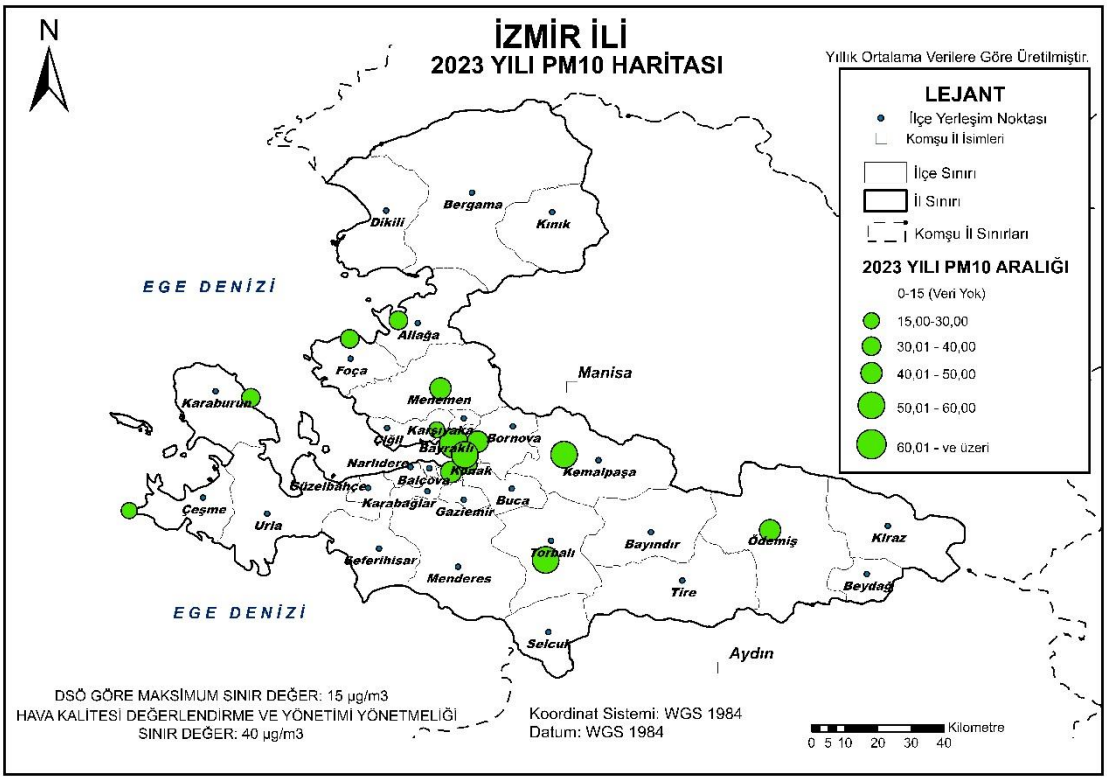
Şekil 4.3 İzmir ili 2022 yılı PM_{10} haritası

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3 incelendiğinde DSÖ'ye göre belirlenen 15 µg/m^3 sınır değerinin ölçüm yapılan ilçelerin tamamında aşıldığı görülmektedir. Bayraklı, Buca, Çeşme, Foça ilçelerinde Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 40 µg/m^3 sınır değer aşılmamıştır. Aliağa, Çiğli, Gaziemir, Karabağlar, Karaburun, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş, Torbalı ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşıldığı görülmektedir.

4.3.3 2023 Yılı PM_{10} Değişimi

Çizelge 4.5 İzmir iline ait 2023 yılı PM_{10} ortalama değerleri

Adı	2023 yılı PM_{10} ortalama değeri ($\mu g/m^3$)
Aliağa	34.21
Bayraklı	44.27
Buca	31.9
Çeşme	22.61
Çiğli	22.54
Foça	34.88
Gaziemir	36.92
Karabağlar	49.67
Karaburun	31.48
Karşıyaka	62.7
Kemalpaşa	56.97
Konak	52.05
Menemen	48.91
Ödemiş	48.09
Torbalı	57.79



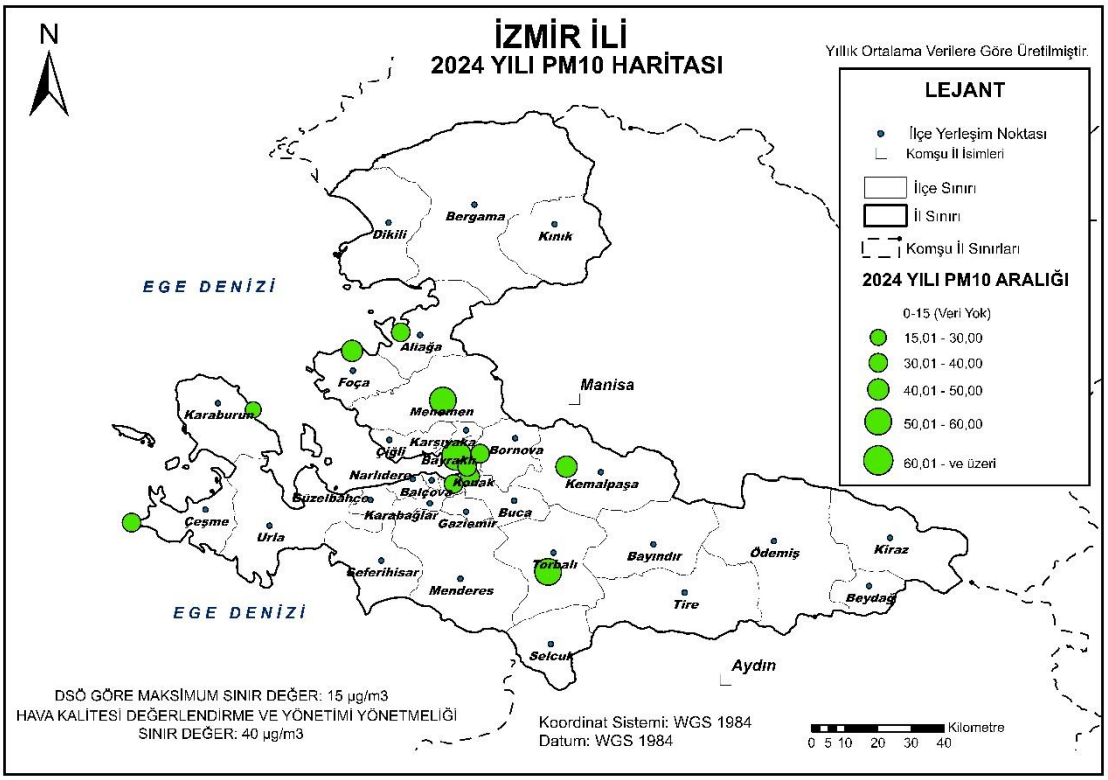
Şekil 4.4 İzmir ili 2023 yılı PM_{10} haritası

Çizelge 4.5 ve Şekil 4.4 incelendiğinde DSÖ'ye göre belirlenen 15 $\mu g/m^3$ sınır değerinin ölçüm yapılan ilçelerin tamamında aşıldığı görülmektedir. Aliağa, Buca, Çeşme, Çiğli, Foça, Gaziemir Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 40 $\mu g/m^3$ sınır değer aşılmamıştır. Bayraklı, Karabağlar, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş, Torbalı ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşıldığı görülmektedir. Şekil 3.3 ile Şekil 2.3 kıyaslandığında nüfus yoğunluğunun fazla olduğu iller olan Karşıyaka, Bayraklı, Konak, Buca, Gaziemir, Karabağlar ilçelerinde DSÖ'ye göre belirlenen PM_{10} maksimum sınır değer olan 15 $\mu g/m^3$ değerinin aşıldığı görülmektedir.

4.3.4 2024 Yılı PM_{10} Değişimi

Çizelge 4.6 İzmir iline ait 2024 yılı PM_{10} ortalama değerleri

Adı	2024 yılı PM_{10} ortalama değeri ($\mu g/m^3$)
Aliağa	32.71
Bayraklı	33.79
Buca	33.15
Çeşme	31.47
Foça	42.42
Gaziemir	28.78
Karabağlar	39.84
Karaburun	20.79
Karşıyaka	64.9
Kemalpaşa	50
Konak	34.44
Menemen	56.73
Torbalı	56.7



Şekil 4.5 İzmir ili 2024 yılı PM_{10} haritası

Çizelge 4.6 ve Şekil 4.5 incelendiğinde DSÖ'ye göre belirlenen 15 µg/m^3 sınır değerinin ölçüm yapılan ilçelerin tamamında aşıldığı görülmektedir. Aliağa, Bayraklı, Buca, Çeşme, Gaziemir, Karabağlar, Karaburun, Konak, ilçelerinde Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 40 µg/m^3 sınır değer aşılmamıştır. Foça, Karşıyaka, Kemalpaşa, Menemen, Torbalı ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşıldığı görülmektedir.

4.4 SO_2 Değişimi

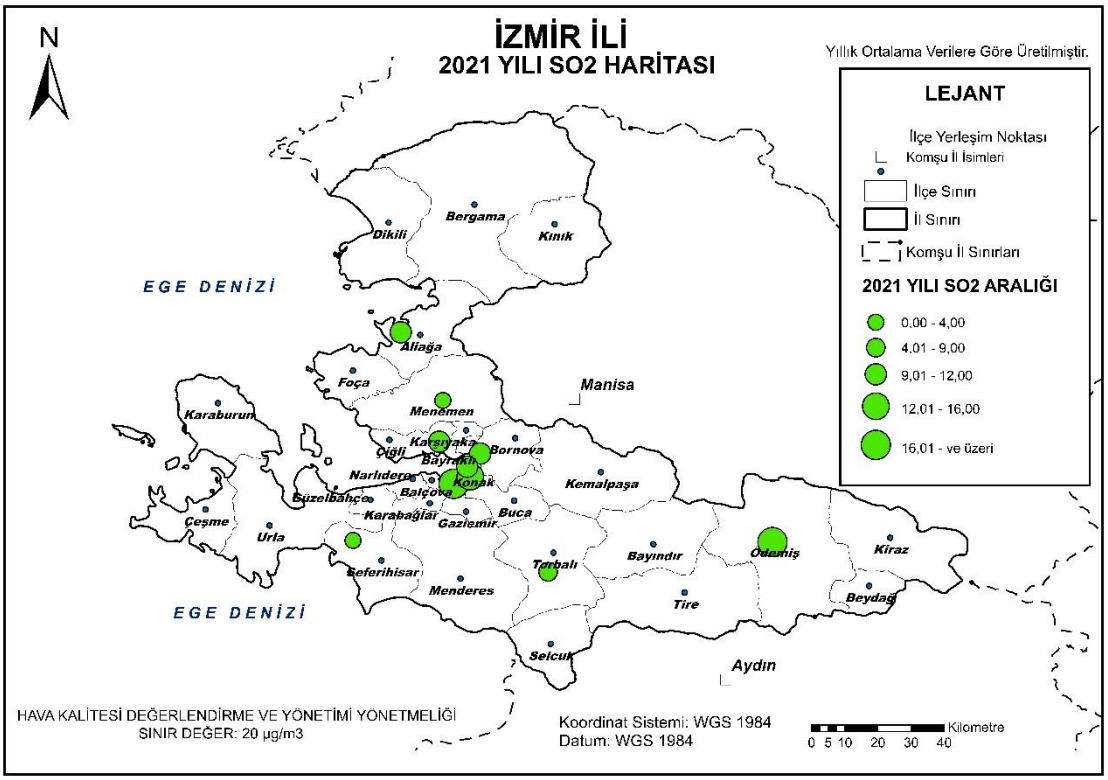
Atmosferik bir kirletici olan SO_2 için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değer 20 µg/m^3 iken, DSÖ tarafından önerilen kılavuz değer bulunmamaktadır. Aliağa, Gaziemir, Karabağlar, Menemen, Ödemiş, Torbalı, Seferihisar ilçelerinin SO_2 atmosferik kirleticisine ilişkin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları tarafından elde edilen veriler kullanılmıştır. Bayraklı, Buca, Çiğli, Konak ilçeleri için ise İzmir Büyükşehir Belediyesi Hava Kalitesi İzleme İstasyonları tarafından elde edilen verileri kullanılmıştır. 2024

yılında Ödemiş ilçesine ait ölçüm verisi bulunamamıştır. Balçova, Bayındır, Bergama, Beydağ, Bornova, Çeşme, Dikili, Foça, Güzelbahçe, Karaburun, Karşıyaka, Kemalpaşa, Kınık, Kiraz, Menderes, Menemen, Narlıdere, Selçuk, Tire, Urla ilçelerinde herhangi bir veriye ulaşılamamıştır. Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilen 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait ortalama yıllık SO2 verileri esas alınarak İzmir ili için yıllara göre SO_2 koroplet haritaları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında üretilen haritaların karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla tüm yıllarda aynı sınıf aralıkları kullanılmıştır. Sınıf aralıklarının belirlenmesinde Doğal Kırılma yöntemi sonucunda elde edilen değerlerin yuvarlanmış hâlleri esas alınmış ve sınıf aralıklarında sınır değerlere yer verilmiştir.

4.4.1 2021 Yılı SO_2 Değişimi

Çizelge 4.7 İzmir iline ait 2021 yılı SO_2 ortalama değerleri

Adı	2021 yılı SO_2 ortalama değeri ($\mu g/m^3$)
Aliağa	10.92
Bayraklı	11.24
Buca	14.78
Çiğli	11.66
Gaziemir	14.82
Karabağlar	16.14
Konak	9.02
Ödemiş	31.68
Seferihisar	3.75
Torbalı	8.58



Şekil 4.6 İzmir ili 2021 yılı SO_2 haritası

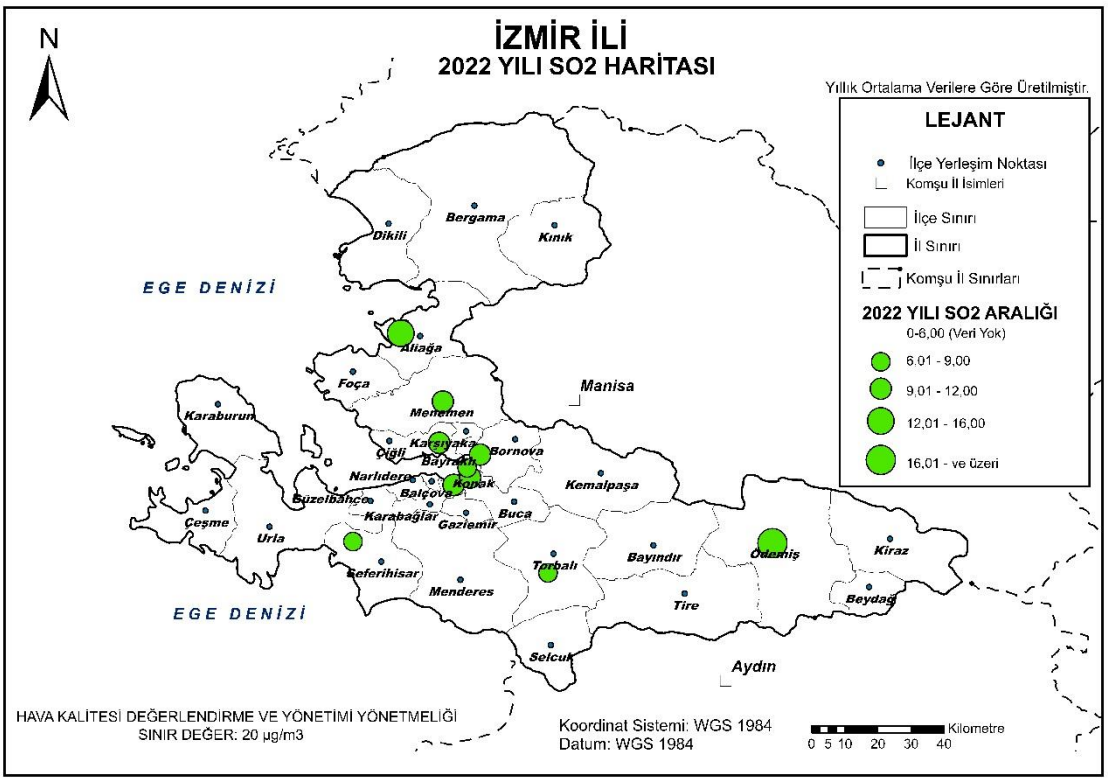
Çizelge 4.7 ve Şekil 4.6 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 20 µg/m^3 sınır değer Ödemiş ilçesinde aşılmıştır. Aliağa, Bayraklı, Buca, Çiğli, Gaziemir, Karabağlar, Konak, Seferihisar, Torbalı ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.4.2 2022 Yılı SO_2 Değişimi

Çizelge 4.8 İzmir iline ait 2022 yılı SO_2 ortalama değerleri

Adı	2022 yılı SO_2 ortalama değeri (µg/m^3)
Aliağa	13.61
Bayraklı	9.85
Buca	11.15
Çiğli	11.21
Gaziemir	9,15
Karabağlar	10.51

Konak	6.6
Menemen	9.66
Ödemiş	20.95
Seferihisar	7.08
Torbalı	6.74



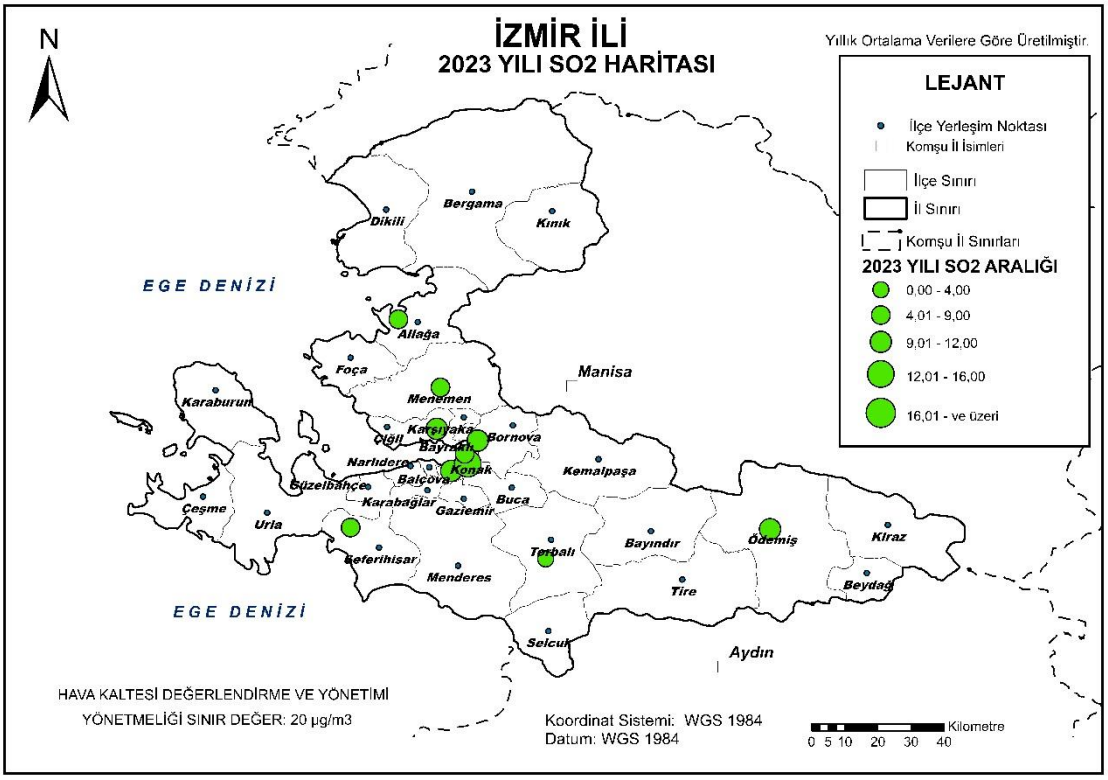
Şekil 4.7 İzmir ili 2022 yılı SO_2 haritası

Çizelge 4.8 ve Şekil 4.7 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 20 $\mu g/m^3$ sınır değer Ödemiş ilçesinde aşılmıştır. Ödemiş ilçesinde ölçülen SO_2 değeri, sınır değere oldukça yakın olduğu ve sınır değeri düşük bir farkla aştığı görülmektedir. Aliağa, Bayraklı, Buca, Çiğli, Gaziemir, Karabağlar, Konak, Menemen, Seferihisar, Torbalı ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.4.3 2023 Yılı SO_2 Değişimi

Çizelge 4.9 İzmir İline Ait 2023 Yılı SO_2 Ortalama Değerleri

Adı	2023 yılı SO_2 ortalama değeri ($\mu g/m^3$)
Aliağa	7.79
Bayraklı	10.87
Buca	12.72
Çiğli	10.24
Konak	5.80
Gaziemir	7.56
Karabağlar	9.49
Menemen	4.72
Ödemiş	11.85
Seferihisar	5.05
Torbalı	3.75



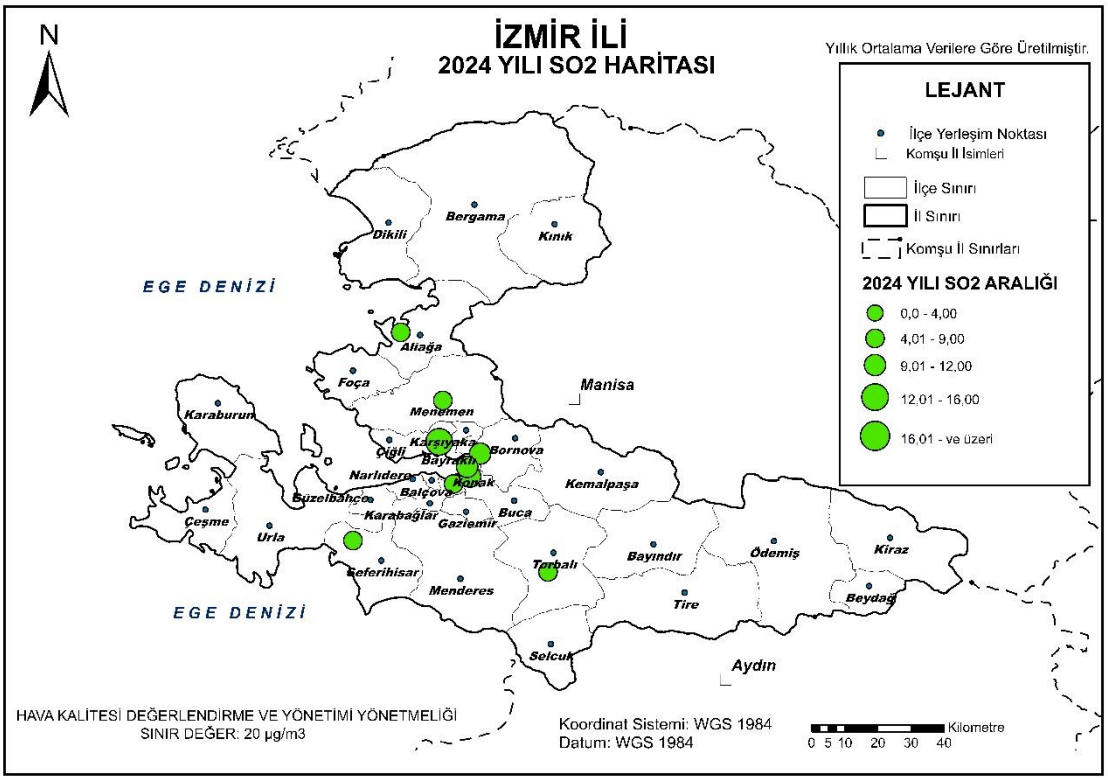
Şekil 4.8 İzmir ili 2023 yılı SO_2 haritası

Çizelge 4.9 ve Şekil 4.8 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 20 $\mu g/m^3$ sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.4.4 2024 Yılı SO_2 Değişimi

Çizelge 4.10 İzmir iline ait 2024 yılı SO_2 ortalama değerleri

Adı	2024 yılı SO_2 ortalama değeri ($\mu g/m^3$)
Aliağa	8.51
Bayraklı	9.11
Buca	9.96
Çiğli	14.37
Gaziemir	16.15
Karabağlar	4.11
Konak	9.30
Menemen	8.37
Seferihisar	7.64
Torbalı	7.85



Şekil 4.9 İzmir ili 2024 yılı SO_2 haritası

Çizelge 4.10 ve Şekil 4.9 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 20 µg/m^3 sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.5 CO Değişimi

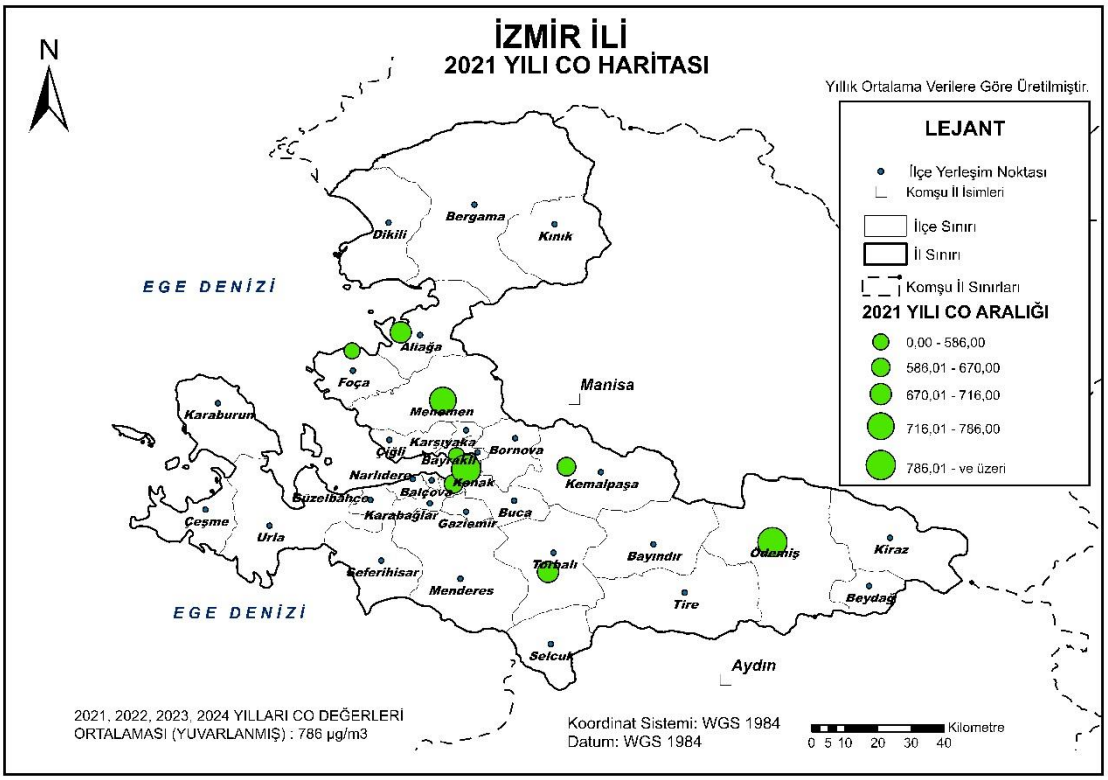
Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre ve DSÖ tarafından CO atmosferik kirleticisi için herhangi bir sınır değer belirlenmemiştir. 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait değerlerin ortalaması alınarak yuvarlanması sonucunda 786 µg/m³ değeri elde edilmiştir. Aliağa, Foça, Karabağlar, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş ve Torbalı ilçelerinin CO atmosferik kirleticisine ilişkin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. 2024 yılında Ödemiş ilçesine ait verilere ulaşılamamıştır. Balçova, Bayındır, Bayraklı, Bergama, Beydağ, Bornova, Buca, Çeşme, Çiğli, Dikili, Gaziemir, Güzelbahçe, Karaburun, Kınık, Kiraz, Menderes, Narlıdere, Seferihisar, Selçuk, Tire ve Urla ilçelerinde çalışma yıllarına ait herhangi bir veriye ulaşılamamıştır.

Çizelge 4.11, Çizelge 4.12, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'te verilen 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait ortalama yıllık CO verileri esas alınarak İzmir ili için yıllara göre CO koroplet haritaları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında üretilen haritaların karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla tüm yıllarda aynı sınıf aralıkları kullanılmıştır. CO için yıllık ortalama sınır değer bulunmaması nedeniyle, 2021–2024 yıllarına ait ölçümlerin genel ortalaması olan 786 µg/m³ referans eşik değer olarak kabul edilmiştir. Sınıf aralıklarının belirlenmesinde Doğal Kırılma yöntemi sonucunda elde edilen değerlerin yuvarlanmış hâlleri esas alınmış ve sınıf aralıklarında sınır değerlere yer verilmiştir. Böylece ölçüm değerlerinin genel ortalamanın altında ve üzerinde kaldığı bölgelerin görsel olarak ayırt edilmesi ve mekânsal farklılıkların daha anlaşılır biçimde ortaya konulması amaçlanmıştır.

4.5.1 2021 Yılı CO Değişimi

Çizelge 4.11 İzmir iline ait 2021 Yılı CO ortalama değerleri

Adı	2021 yılı CO ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	700.76
Foça	386.59
Karabağlar	586.31
Karşıyaka	530.94
Kemalpaşa	638.25
Konak	1063.17
Menemen	716.6
Ödemiş	1408.5
Torbalı	670.49



Şekil 4.10 İzmir ili 2021 yılı CO haritası

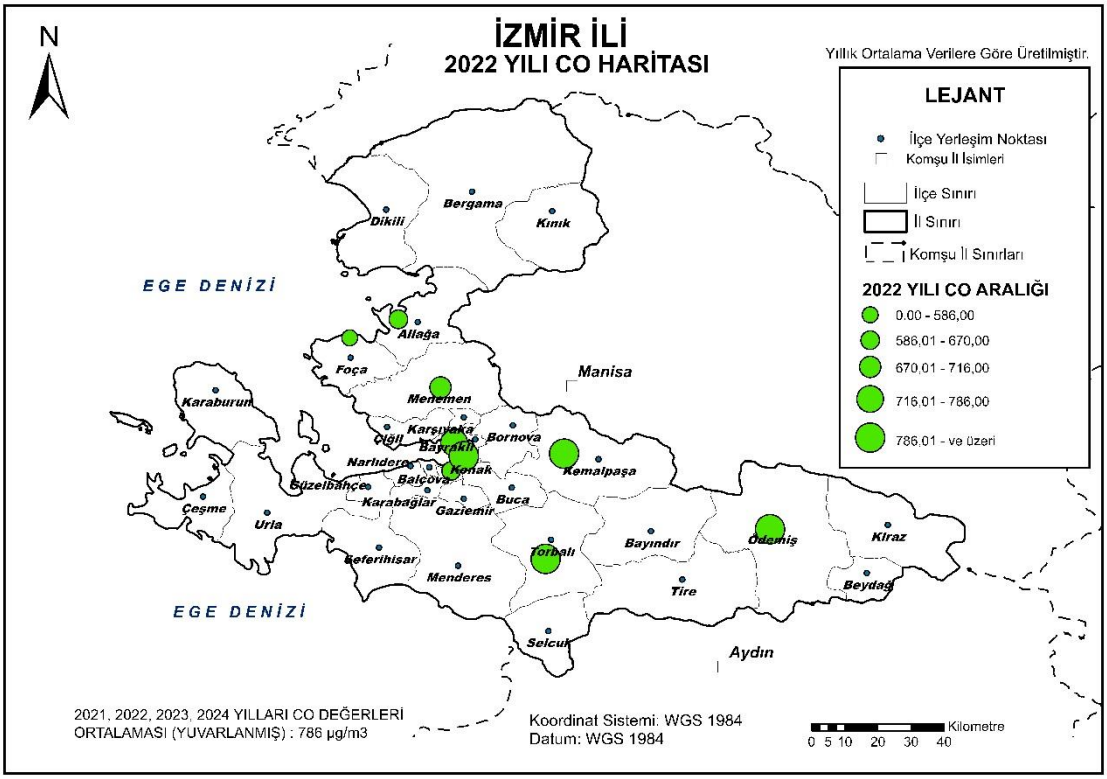
Çizelge 4.11 ve Şekil 4.10 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında ortalama değer olarak belirlenen 786 µg/m^3 Konak ve Ödemiş ilçelerinde aşılmıştır. Aliağa, Foça, Karabağlar, Karşıyaka, Kemalpaşa, Menemen, Torbalı ilçelerinde ortalama değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.5.2 2022 Yılı CO Değişimi

Çizelge 4.12 İzmir iline ait 2022 yılı CO ortalama değerleri

Adı	2022 yılı CO ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	632.85
Foça	299.57
Karabağlar	610.39
Karşıyaka	775.33
Kemalpaşa	1027.05
Konak	1195.81
Menemen	710.11

Ödemiş	1295.97
Torbalı	852.89



Şekil 4.11 İzmir ili 2022 yılı CO haritası

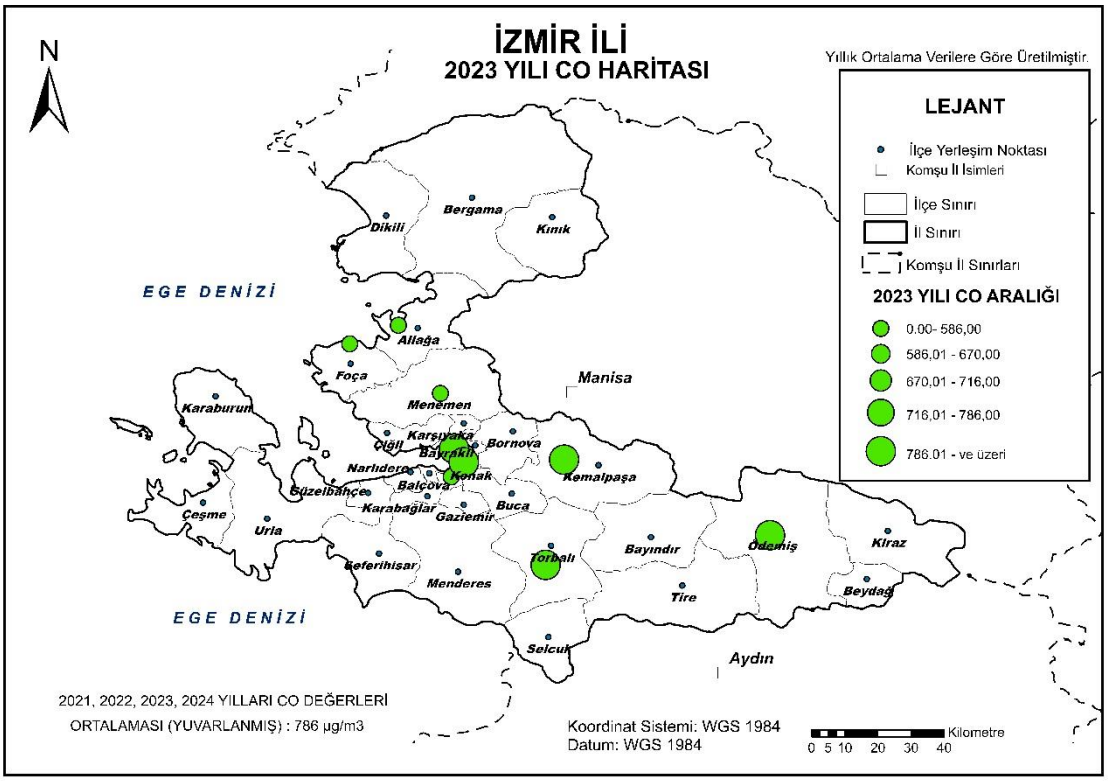
Çizelge 4.12 ve Şekil 4.11 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında ortalama değer olarak belirlenen 786 µg/m^3 Konak, Torbalı, Kemalpaşa, Ödemiş ilçelerinde aşılmıştır. Aliağa, Foça, Karabağlar, Karşıyaka, Menemen ilçelerinde ortalama değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.5.3 2023 Yılı CO Değişimi

Çizelge 4.13 İzmir iline ait 2023 yılı CO ortalama değerleri

Adı	2023 yılı CO ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	427.66
Foça	216.29
Karabağlar	461.72
Karşıyaka	825.24
Kemalpaşa	1691.81

Konak	1082.76
Menemen	476.94
Ödemiş	1075.84
Torbalı	1551.39



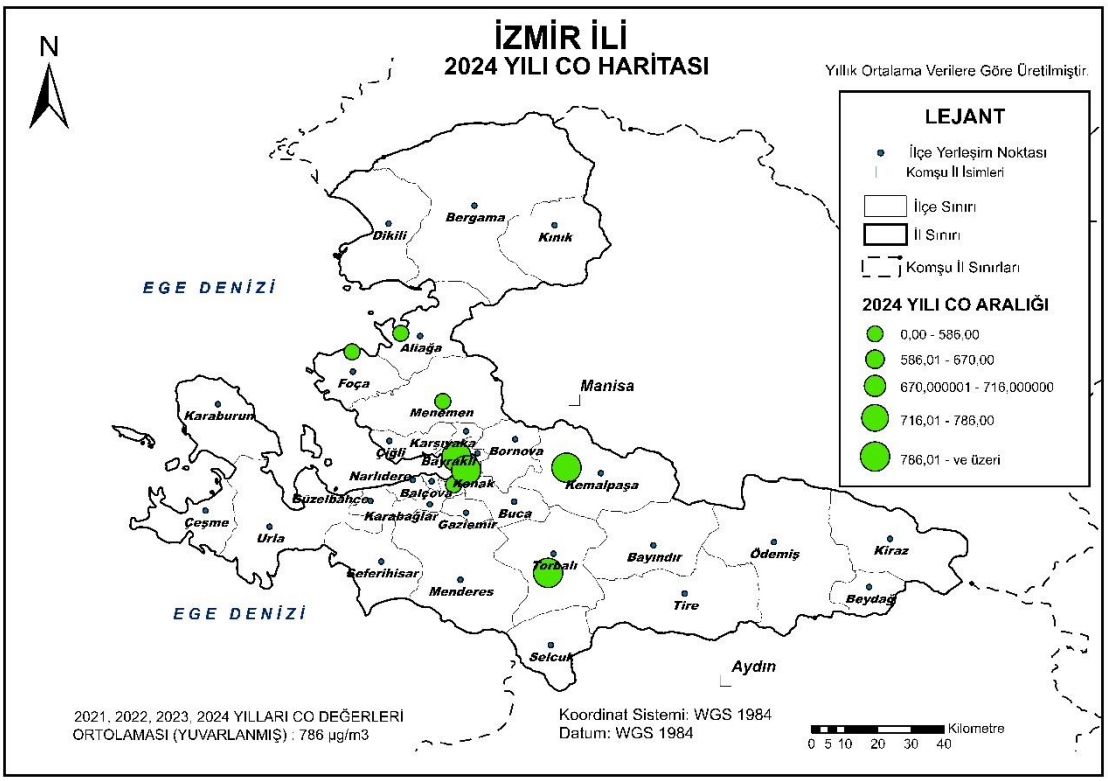
Şekil 4.12 İzmir ili 2023 yılı CO haritası

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.12 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında ortalama değer olarak belirlenen 786 µg/m^3 Konak, Karşıyaka, Torbalı, Kemalpaşa, Ödemiş ilçelerinde aşılmıştır. Aliağa, Foça, Karabağlar, Menemen ilçelerinde ortalama değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.5.4 2024 Yılı CO Değişimi

Çizelge 4.14 İzmir iline ait 2024 yılı CO ortalama değerleri

Adı	2024 yılı CO ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	439.98
Foça	284.62
Karabağlar	485.29
Karşıyaka	1300.46
Kemalpaşa	914.07
Konak	879.06
Menemen	568.88
Torbalı	1119.39



Şekil 4.13 İzmir ili 2024 yılı CO haritası

Çizelge 4.14 ve Şekil 4.13 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında ortalama değer olarak belirlenen 786 µg/m^3 Konak, Karşıyaka, Torbalı, Kemalpaşa ilçelerinde aşılmıştır.

Aliağa, Foça, Karabağlar, Menemen ilçelerinde ortalama değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.6 NO_2 Değişimi

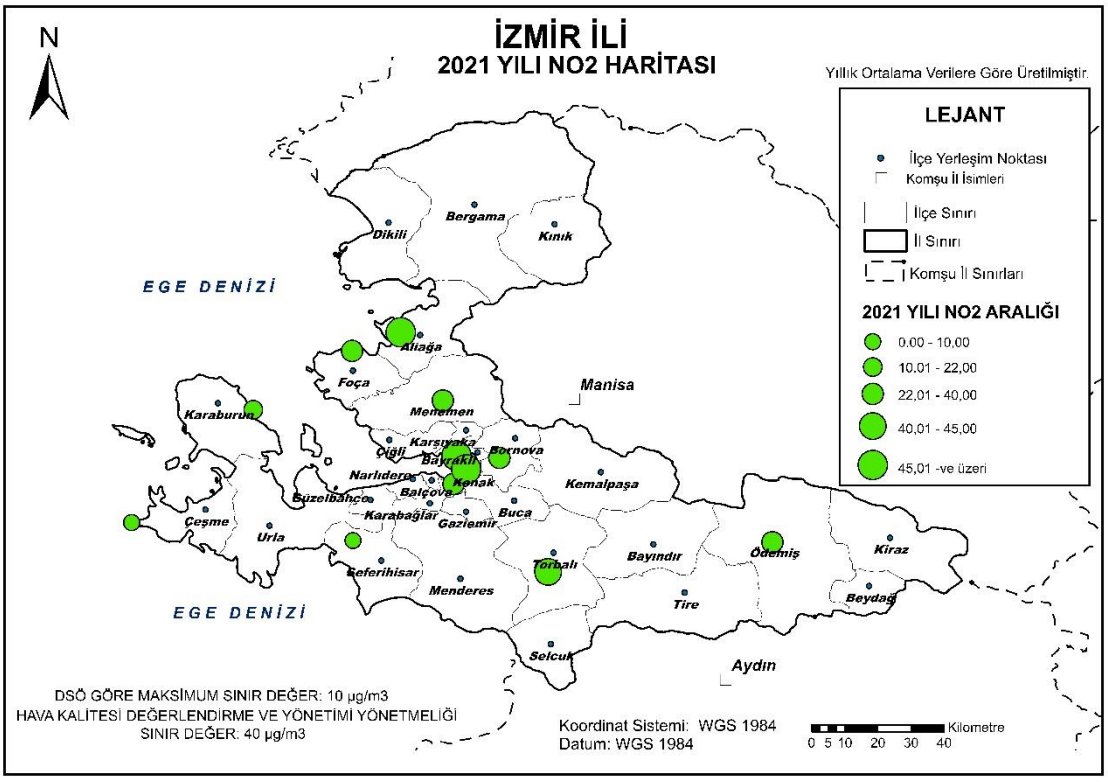
Atmosferik bir kirletici olan NO_2 için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değer 40 µg/m³ iken, DSÖ tarafından önerilen kılavuz değer 10 µg/m³'tür. Aliağa, Bornova, Çeşme, Foça, Karabağlar, Karaburun, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş, Torbalı ve Seferihisar ilçelerinin NO_2 atmosferik kirleticisine ilişkin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. 2024 yılında Ödemiş ilçesine ait verilere ulaşılamamıştır. Balçova, Bayındır, Bayraklı, Bergama, Beydağ, Buca, Dikili, Gaziemir, Güzelbahçe, Kınık, Kiraz, Menderes, Narlıdere, Selçuk, Tire ve Urla ilçelerinde çalışma yıllarına ait herhangi bir veriye ulaşılamamıştır. Çizelge 4.15, Çizelge 4.16, Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18'te verilen 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait ortalama yıllık NO_2 verileri esas alınarak İzmir ili için 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait NO_2 koroplet haritaları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında üretilen haritaların karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla tüm yıllarda aynı sınıf aralıkları kullanılmıştır. Sınıf aralıklarının belirlenmesinde Doğal Kırılma yöntemi sonucunda elde edilen değerlerin yuvarlanmış hâlleri esas alınmış ve sınıf aralıklarında sınır değerlere yer verilmiştir.

4.6.1 2021 Yılı NO_2 Değişimi

Çizelge 4.15 İzmir iline ait 2021 yılı NO_2 ortalama değerleri

Adı	2021 yılı NO_2 ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	45.82
Bornova	35.77
Çeşme	8
Foça	22.02
Karabağlar	27.47
Karaburun	17.25

Karşıyaka	78.68
Kemalpaşa	28.19
Konak	92.13
Menemen	25.97
Ödemiş	36.2
Seferihisar	7.52
Torbalı	41.75



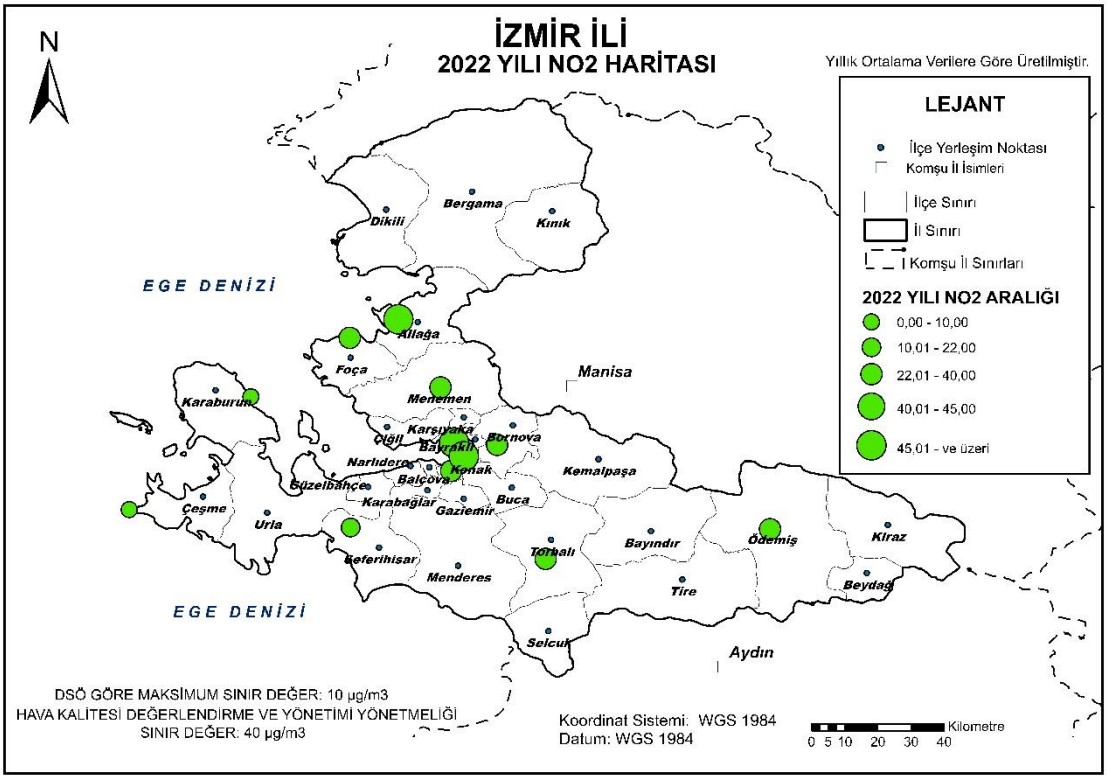
Şekil 4.14 İzmir ili 2021 yılı NO_2 haritası

Çizelge 4.15 ve Şekil 4.14 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; DSÖ'ye göre belirlenen maksimum sınır değer olan 10 µg/m^3 Aliağa, Bornova, Foça, Karabağlar, Karaburun, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 40 µg/m^3 sınır değer ise Aliağa, Karşıyaka, Konak, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Çeşme ve Seferihisar ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.6.2 2022 Yılı NO_2 Değişimi

Çizelge 4.16 İzmir iline ait 2022 yılı NO_2 ortalama değerleri

Adı	2022 yılı NO_2 ortalama değeri ($\mu g/m^3$)
Aliağa	54.74
Bornova	29.65
Çeşme	6.53
Foça	28.76
Karabağlar	29.49
Karaburun	6.23
Karşıyaka	81.1
Kemalpaşa	29.73
Konak	83.58
Menemen	27.1
Ödemiş	29.97
Seferihisar	11.92
Torbalı	32.7



Şekil 4.15 İzmir ili 2022 yılı NO_2 haritası

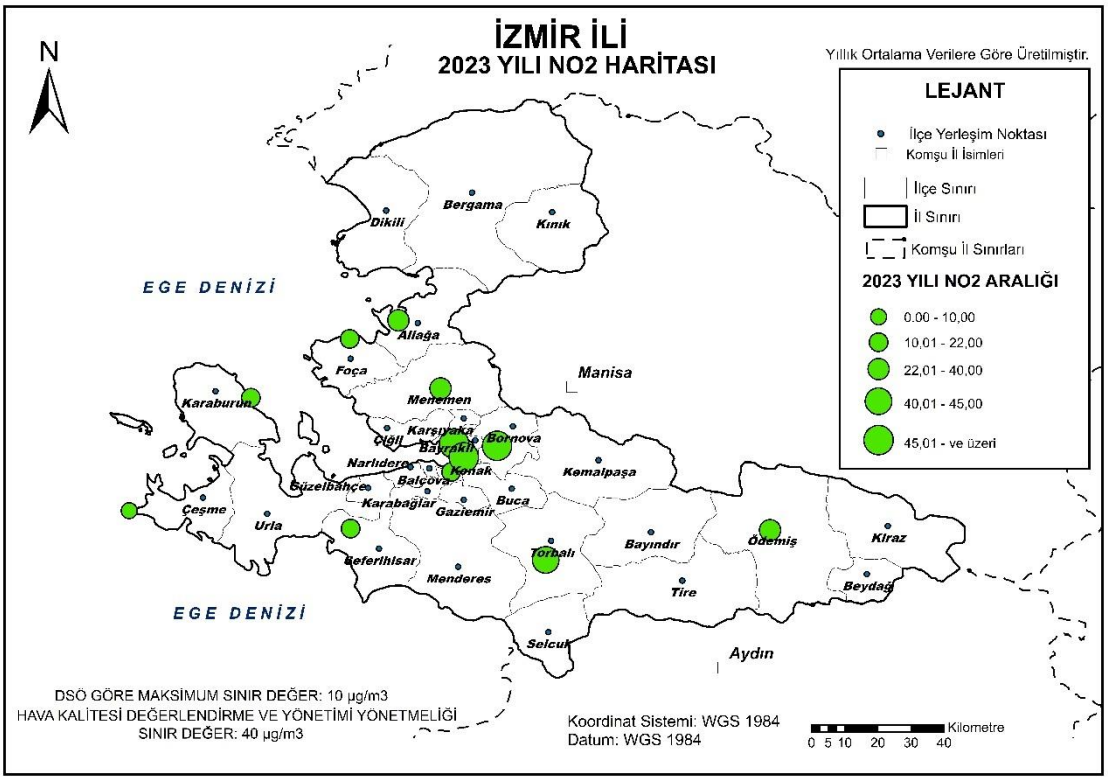
Çizelge 4.16 ve Şekil 4.15 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler içerisinde; DSÖ'ye göre belirlenen maksimum sınır değer olan 10 $\mu g/m^3$ Aliağa, Bornova, Foça, Karabağlar,

Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş, Seferihisar, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 40 $\mu g/m^3$ sınır değer ise Aliağa, Konak, Karşıyaka ilçelerinde aşılmıştır. Çeşme ve Karaburun ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.6.3 2023 Yılı NO_2 Değişimi

Çizelge 4.17 İzmir iline ait 2023 yılı NO_2 ortalama değerleri

Adı	2023 Yılı NO_2 Ortalama Değeri ($\mu g/m^3$)
Aliağa	38.42
Bornova	48.35
Çeşme	7.89
Foça	17.17
Karabağlar	19.72
Karaburun	11.00
Karşıyaka	68.45
Kemalpaşa	48.13
Konak	73.49
Menemen	23.06
Ödemiş	34.79
Seferihisar	10.11
Torbalı	41.5



Şekil 4.16 İzmir ili 2023 yılı NO_2 haritası

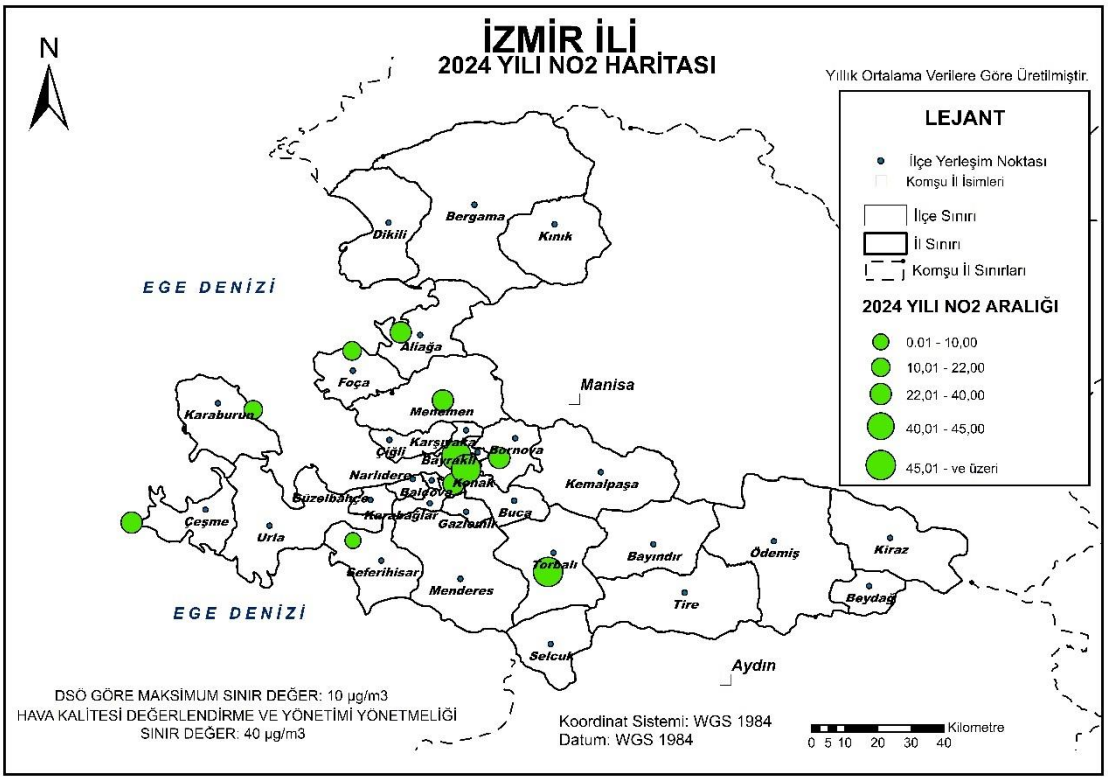
Çizelge 4.17 ve Şekil 4.16 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; DSÖ'ye göre belirlenen maksimum sınır değer olan 10 µg/m^3 Aliağa, Bornova, Foça, Karabağlar, Karaburun, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş, Seferihisar, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 40 µg/m^3 sınır değer ise Bornova, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Çeşme ilçesinde belirlenen sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.6.4 2024 Yılı NO_2 Değişimi

Çizelge 4.18 İzmir iline ait 2024 yılı NO_2 ortalama değerleri

Adı	2024 yılı NO_2 ortalama değeri (µg/m^3)
Aliağa	34.4
Bornova	23.44
Çeşme	23.51
Foça	15.35
Karabağlar	39.92

Karaburun	10.83
Karşıyaka	100.08
Kemalpaşa	39.54
Konak	69.98
Menemen	23.02
Seferihisar	9.45
Torbalı	47.42



Şekil 4.17 İzmir ili 2024 yılı NO_2 haritası

Çizelge 4.18 ve Şekil 4.17 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; DSÖ'ye göre belirlenen maksimum sınır değer olan 10 µg/m^3 Aliağa, Bornova, Çeşme, Foça, Karabağlar, Karaburun, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 40 µg/m^3 sınır değer ise Karşıyaka, Konak, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Seferihisar ilçesinde belirlenen sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.7 NO_X Değişimi

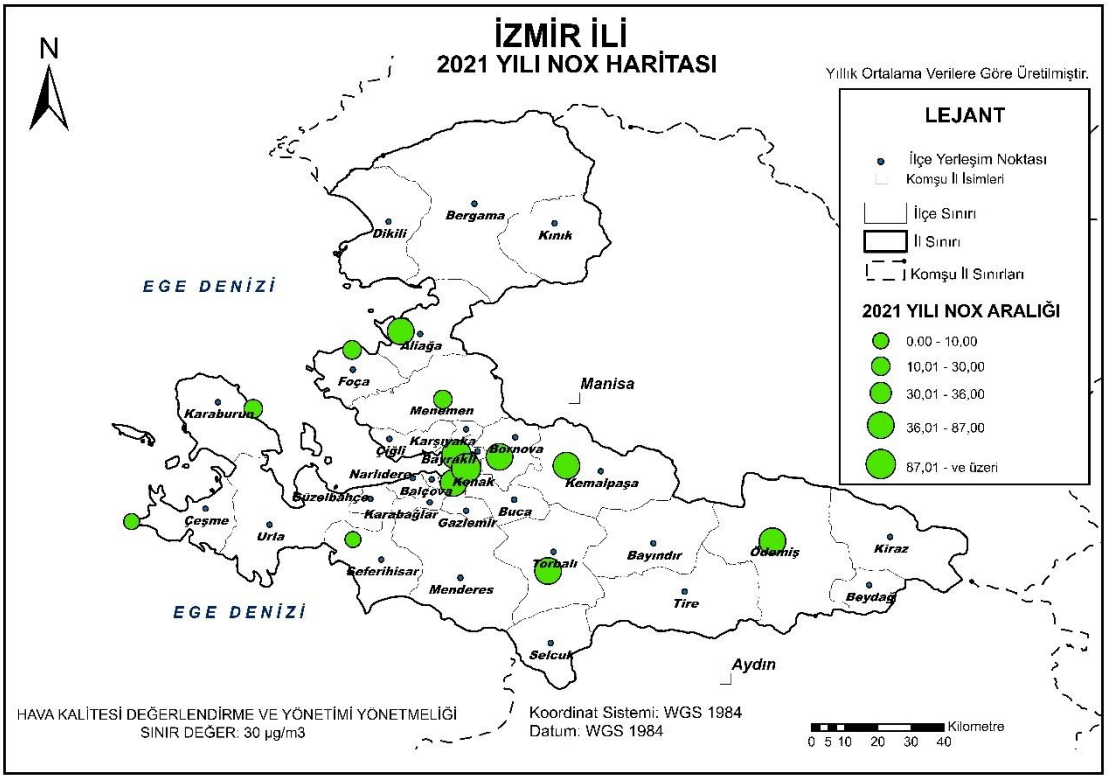
Atmosferik bir kirletici olan NO_X için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değer 30 µg/m³ iken, DSÖ tarafından önerilen kılavuz değer bulunmamaktadır. Aliağa, Bornova, Çeşme, Foça, Karabağlar, Karaburun, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş, Torbalı ve Seferihisar ilçelerinin NO_X atmosferik kirleticisine ilişkin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. 2024 yılında Ödemiş ilçesine ait verilere ulaşılamamıştır. Balçova, Bayındır, Bayraklı, Bergama, Beydağ, Buca, Çiğli, Dikili, Gaziemir, Güzelbahçe, Kınık, Kiraz, Menderes, Narlıdere, Selçuk, Tire ve Urla ilçelerinde çalışma yıllarına ait herhangi bir veriye ulaşılamamıştır. Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22'de verilen 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait ortalama yıllık NO_X verileri esas alınarak İzmir ili için 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait NO_X koroplet haritaları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında üretilen haritaların karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla tüm yıllarda aynı sınıf aralıkları kullanılmıştır. NO_X parametresi için DSÖ tarafından tanımlanmış yıllık bir kılavuz değer bulunmaması nedeniyle, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 30 µg/m³ sınır değeri referans alınmıştır. Sınıf aralıklarının belirlenmesinde Doğal Kırılma yöntemi sonucunda elde edilen değerlerin yuvarlanmış hâlleri esas alınmış ve sınıf aralıklarında sınır değerlere yer verilmiştir.

4.7.1 2021 Yılı NO_X Değişimi

Çizelge 4.19 İzmir iline ait 2021 Yılı NO_X ortalama değerleri

Adı	2021 yılı NO_X ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	86.65
Bornova	52.69
Çeşme	9.95
Foça	28.17
Karabağlar	36.64
Karaburun	20.17
Karşıyaka	127.68
Kemalpaşa	44.08
Konak	160.33
Menemen	25.23
Ödemiş	56.68

Seferihisar	9.83
Torbalı	61.72



Şekil 4.18 İzmir ili 2021 yılı NO_X haritası

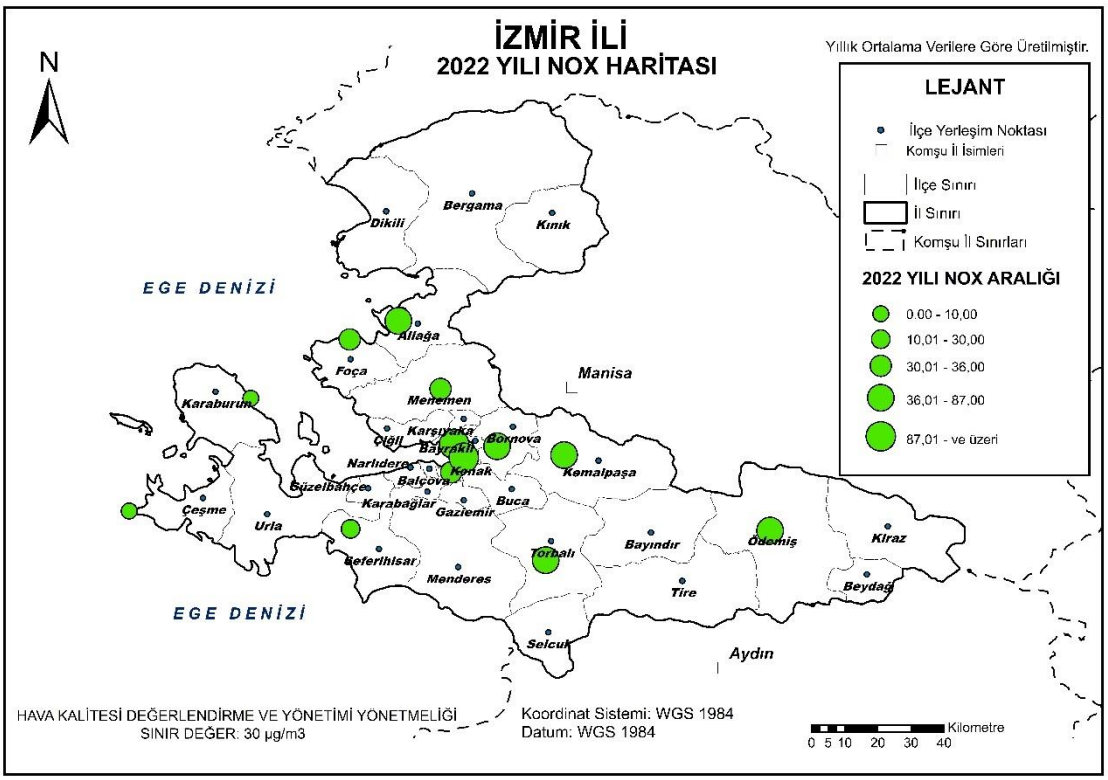
Çizelge 4.19 ve Şekil 4.18 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 30 µg/m^3 sınır değer Aliağa, Bornova, Karabağlar, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Ödemiş, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Çeşme, Foça, Karaburun, Menemen ve Seferihisar ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.7.2 2022 Yılı NO_X Değişimi

Çizelge 4.20 İzmir iline ait 2022 yılı NOX ortalama değerleri

Adı	2022 yılı NO_X ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	77.89
Bornova	41.46
Çeşme	9.53

Foça	31.94
Karabağlar	34.22
Karaburun	8.47
Karşıyaka	115.3
Kemalpaşa	48.58
Konak	132.87
Menemen	31.38
Ödemiş	41.15
Seferihisar	16.27
Torbalı	45.04



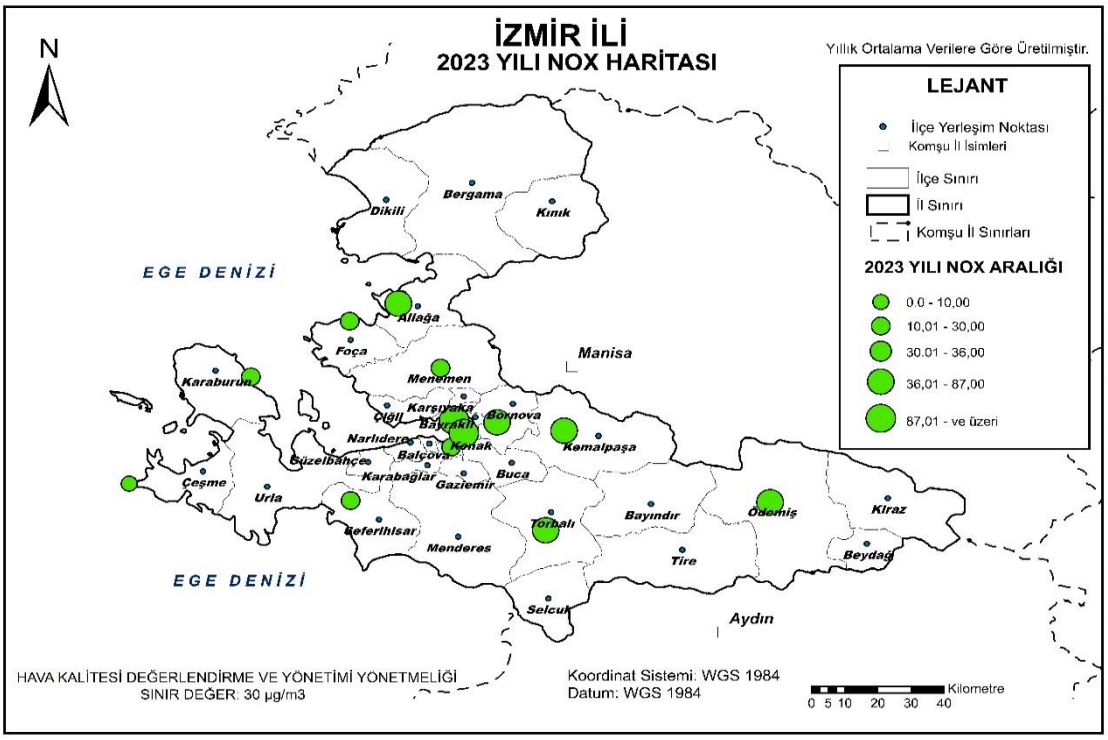
Şekil 4.19 İzmir ili 2022 yılı NO_X haritası

Çizelge 4.20 ve Şekil 4.19 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 30 µg/m^3 sınır değer Aliağa, Bornova, Foça, Karabağlar, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Çeşme, Karaburun ve Seferihisar ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.7.3 2023 Yılı NO_X Değişimi

Çizelge 4.21 İzmir iline ait 2023 yılı NOX ortalama değerleri

Adı	2023 yılı NO_X ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	77
Bornova	67.43
Çeşme	9.38
Foça	19.52
Karabağlar	25.16
Karaburun	14.11
Karşıyaka	97.2
Kemalpaşa	64.42
Konak	120.01
Menemen	27.35
Ödemiş	51.97
Seferihisar	12.35
Torbalı	57.39



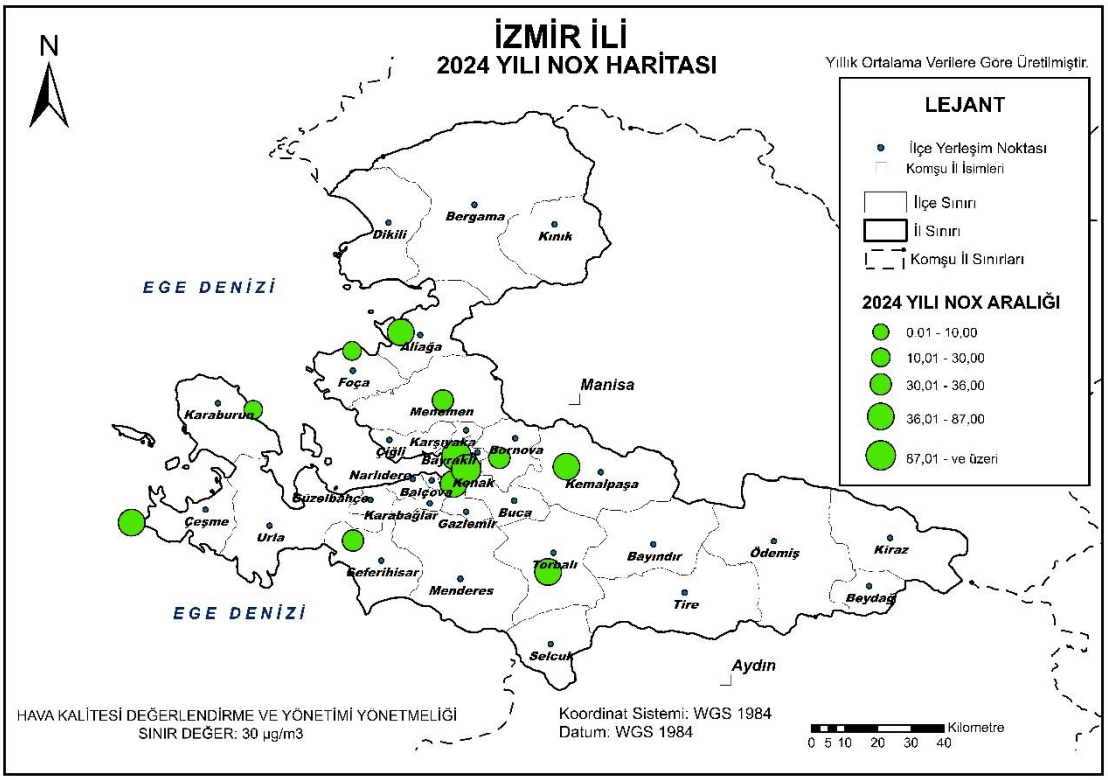
Şekil 4.20 İzmir ili 2023 yılı NO_X haritası

Çizelge 4.20 ve Şekil 4.21 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 30 µg/m^3 sınır değer Aliağa, Bornova, Kemalpaşa, Konak, Karşıyaka, Ödemiş, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Çeşme, Foça, Karabağlar, Karaburun, Menemen ve Seferihisar ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.7.4 2024 Yılı NO_X Değişimi

Çizelge 4.22 İzmir iline ait 2024 yılı NO_X ortalama değerleri

Adı	2024 yılı NO_X ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	56.79
Bornova	33.99
Çeşme	58.37
Foça	18.9
Karabağlar	56.92
Karaburun	17.36
Karşıyaka	162.59
Kemalpaşa	63.4
Konak	120.38
Menemen	30.14
Seferihisar	34.73
Torbalı	66.15



Şekil 4.21 İzmir ili 2024 yılı NO_X haritası

Çizelge 4.22 ve Şekil 4.21 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 30 µg/m^3 sınır değer Aliağa, Bornova, Çeşme, Karabağlar, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Seferihisar, Torbalı ilçelerinde aşılmıştır. Foça ve Karaburun ilçelerinde belirlenen sınır değerin aşılmadığı görülmektedir.

4.8 NO Değişimi

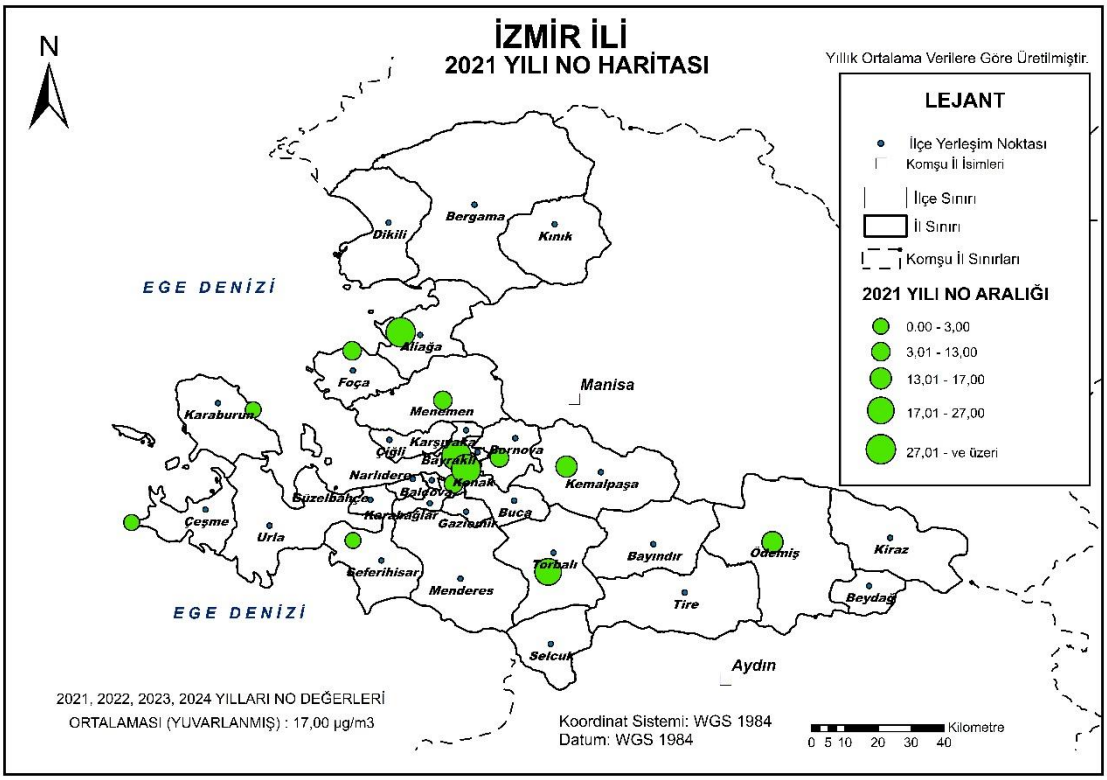
NO atmosferik kirleticisi için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile DSÖ tarafından tanımlanmış herhangi bir sınır veya kılavuz değer bulunmamaktadır. 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait değerlerin ortalaması alınarak yuvarlanması sonucunda 17 µg/m³ değeri elde edilmiştir. Aliağa, Bornova, Çeşme, Foça, Karabağlar, Karaburun, Karşıyaka, Kemalpaşa, Konak, Menemen, Ödemiş, Torbalı ve Seferihisar ilçelerinin NO atmosferik kirleticisine ilişkin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. 2024 yılında Ödemiş ilçesine ait verilere ulaşılamamıştır. Balçova, Bayındır, Bayraklı,

Bergama, Beydağ, Buca, Çiğli, Dikili, Gaziemir, Güzelbahçe, Kınık, Kiraz, Menderes, Narlıdere, Selçuk, Tire ve Urla ilçelerinde çalışma yıllarına ait herhangi bir veriye ulaşılamamıştır. Çizelge 4.23, Çizelge 4.24, Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26'da verilen 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait ortalama yıllık NO verileri esas alınarak İzmir ili için 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait NO koroplet haritaları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında üretilen haritaların karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla tüm yıllarda aynı sınıf aralıkları kullanılmıştır. NO atmosferik kirleticisi için DSÖ ve Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği tarafından belirlenmiş bir sınır veya kılavuz değer bulunmaması nedeniyle, 2021–2024 yıllarına ait değerlerin genel ortalaması olan 17 µg/m³ referans eşik değer olarak kabul edilmiştir. Sınıf aralıklarının belirlenmesinde Doğal Kırılma yöntemi sonucunda elde edilen değerlerin yuvarlanmış hâlleri esas alınmış ve sınıf aralıklarında sınır değerlere yer verilmiştir.

4.8.1 2021 Yılı NO Değişimi

Çizelge 4.23 İzmir iline ait 2021 yılı NO ortalama değerleri

Adı	2021 yılı NO ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	27.27
Bornova	12.71
Çeşme	2.17
Foça	3.21
Karabağlar	9.15
Karaburun	2.91
Karşıyaka	42.31
Kemalpaşa	15.88
Konak	56.29
Menemen	7.25
Ödemiş	15.46
Seferihisar	2.53
Torbalı	19.98



Şekil 4.22 İzmir ili 2021 yılı NO haritası

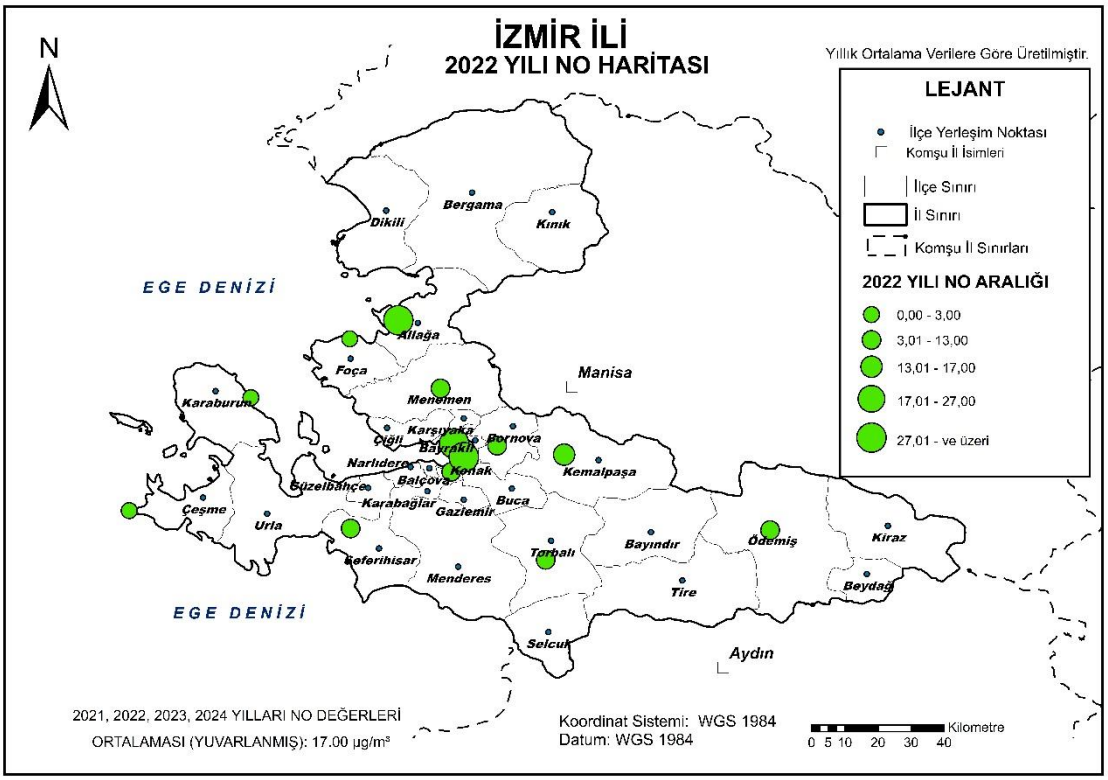
Çizelge 4.23 ve Şekil 4.22 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; NO parametresinin en yüksek ölçüldüğü ilçeler Konak ve Karşıyaka ilçeleridir. Çeşme, Foça, Karabağlar, Karaburun, Menemen ve Seferihisar ilçeleri diğer ilçelere kıyasla NO parametresinin daha düşük seviyede ölçüldüğü görülmektedir.

4.8.2 2022 Yılı NO Değişimi

Çizelge 4.24 İzmir iline ait 2022 yılı NO ortalama değerleri

Adı	2022 yılı NO ortalama değeri ($\mu g/m^3$)
Aliağa	45.24
Bornova	9.75
Çeşme	0.92
Foça	2.89
Karabağlar	7.42
Karaburun	1.08

Karşıyaka	40.41
Kemalpaşa	13.75
Konak	47.2
Menemen	4.66
Ödemiş	12.53
Seferihisar	3.19
Torbalı	11.44



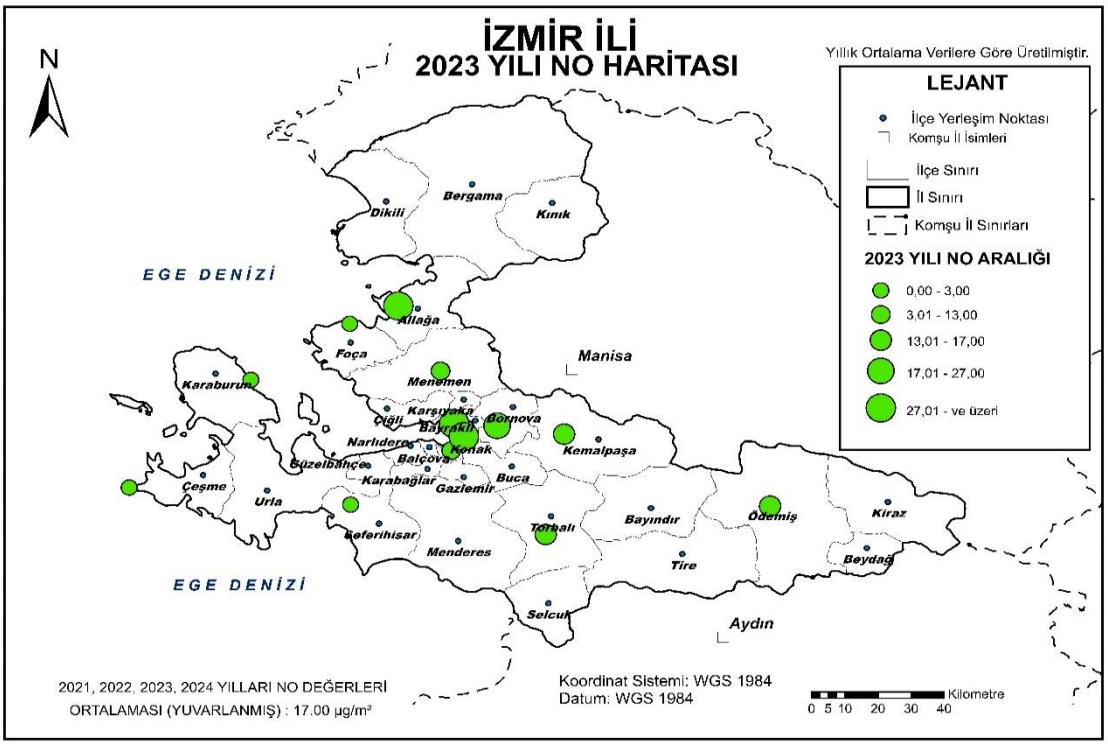
Şekil 4.23 İzmir ili 2022 yılı NO haritası

Çizelge 4.24 ve Şekil 4.23 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; NO parametresinin en yüksek ölçüldüğü ilçeler Aliağa ve Karşıyaka ilçeleridir. Bornova, Çeşme, Foça, Karabağlar, Karaburun, Menemen ve Seferihisar ilçeleri diğer ilçelere kıyasla NO parametresinin daha düşük seviyede ölçüldüğü görülmektedir.

4.8.3 2023 Yılı NO Değişimi

Çizelge 4.25 İzmir iline ait 2023 yılı NO ortalama değerleri

Adı	2023 yılı NO ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	33.78
Bornova	19.08
Çeşme	0.87
Foça	1.42
Karabağlar	4.94
Karaburun	1.57
Karşıyaka	40.86
Kemalpaşa	16.8
Konak	44.65
Menemen	5.44
Ödemiş	16.16
Seferihisar	2.23
Torbalı	15.6



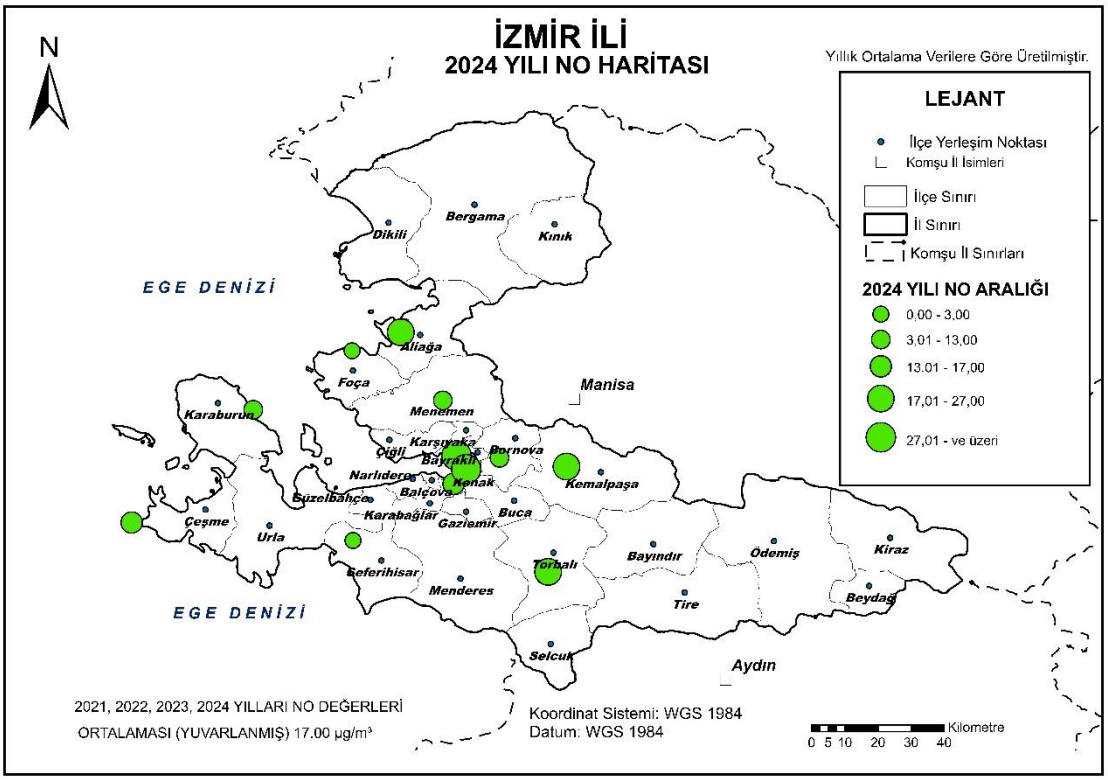
Şekil 4.24 İzmir ili 2023 yılı NO haritası

Çizelge 4.25 ve Şekil 4.24 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; NO parametresinin en yüksek ölçüldüğü ilçeler Karşıyaka ve Konak ilçeleridir. Çeşme, Foça, Karabağlar, Karaburun, Menemen ve Seferihisar ilçeleri diğer ilçelere kıyasla NO parametresinin daha düşük seviyede ölçüldüğü görülmektedir.

4.8.4 2024 Yılı NO Değişimi

Çizelge 4.26 İzmir iline ait 2024 yılı NO ortalama değerleri

Adı	2024 yılı NO ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	22.13
Bornova	10.72
Çeşme	13.41
Foça	1.12
Karabağlar	16.48
Karaburun	4.61
Karşıyaka	61.13
Kemalpaşa	23.86
Konak	44.33
Menemen	7.79
Seferihisar	2.15
Torbalı	18.73



Şekil 4.25 İzmir ili 2024 yılı NO haritası

Çizelge 4.26 ve Şekil 4.25 incelendiğinde ölçüm yapılan ilçeler arasında; NO parametresinin en yüksek ölçüldüğü ilçeler Karşıyaka ve Konak ilçeleridir. Foça, Karaburun, Menemen ve Seferihisar ilçeleri diğer ilçelere kıyasla NO parametresinin daha düşük seviyede ölçüldüğü görülmektedir.

4.9 O_3 Değişimi

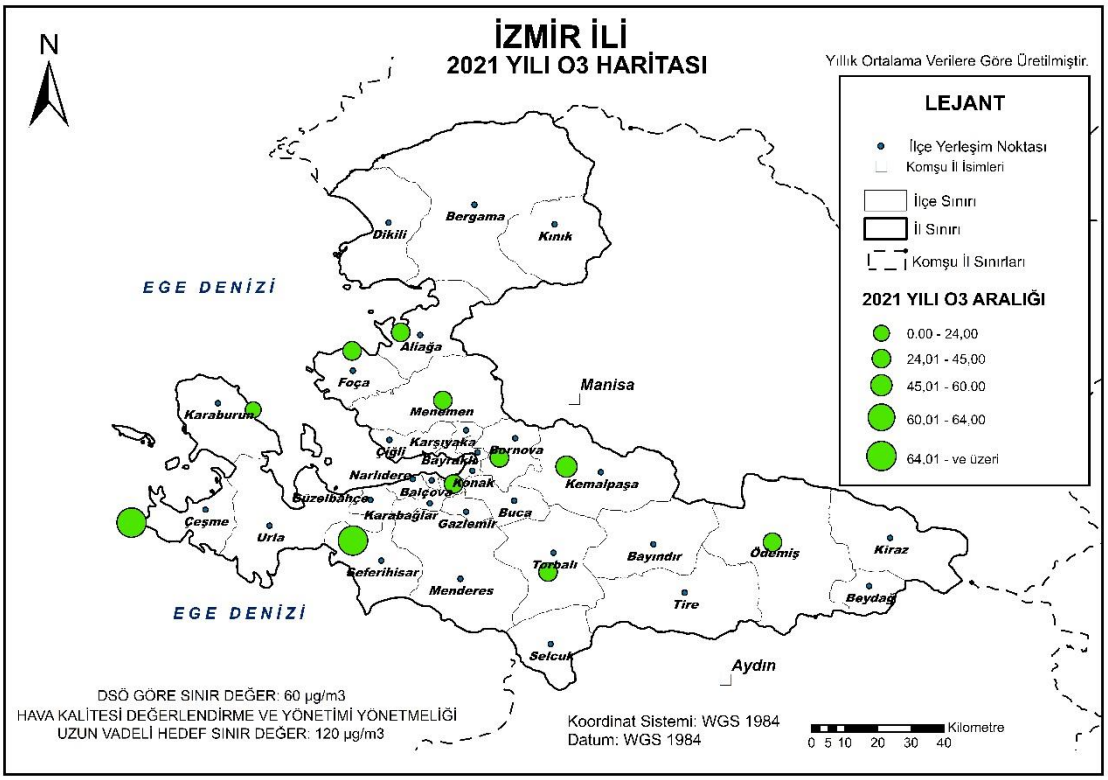
Atmosferik bir kirletici olan O3 için Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtilen uzun vadeli hedef sınır değer 120 µg/m³ iken, DSÖ tarafından önerilen kılavuz değer 60 µg/m³'tür. Aliağa, Bornova, Çeşme, Foça, Karabağlar, Karaburun, Kemalpaşa, Menemen, Ödemiş, Seferihisar ve Torbalı ilçelerinin O3 atmosferik kirleticisine ilişkin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. 2024 yılında Ödemiş ilçesine ait verilere ulaşılamamıştır. Balçova, Bayındır, Bayraklı, Bergama, Beydağ, Buca, Çiğli, Dikili, Gaziemir, Güzelbahçe, Karşıyaka, Kınık, Kiraz, Konak, Menderes, Narlıdere, Selçuk, Tire ve Urla ilçelerinde çalışma yıllarına ait herhangi bir veriye

ulaşılamamıştır. Çizelge 4.27, Çizelge 4.28, Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30'te verilen 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait ortalama yıllık O3 verileri esas alınarak İzmir ili için 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait O3 koroplet haritaları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında üretilen haritaların karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla tüm yıllarda aynı sınıf aralıkları kullanılmıştır. Sınıf aralıklarının belirlenmesinde Doğal Kırılma yöntemi sonucunda elde edilen değerlerin yuvarlanmış hâlleri esas alınmış ve sınıf aralıklarında sınır değerlere yer verilmiştir.

4.9.1 2021 Yılı O_3 Değişimi

Çizelge 4.27 İzmir iline ait 2021 yılı O_3 ortalama değerleri

Adı	2021 yılı O_3 ortalama değeri ($\mu g/m^3$)
Aliağa	34.79
Bornova	31
Çeşme	64.75
Foça	39.39
Karabağlar	24.21
Karaburun	18.72
Kemalpaşa	45.61
Menemen	37.44
Ödemiş	33.13
Seferihisar	113.07
Torbalı	31.59



Şekil 4.26 İzmir ili 2021 yılı O_3 haritası

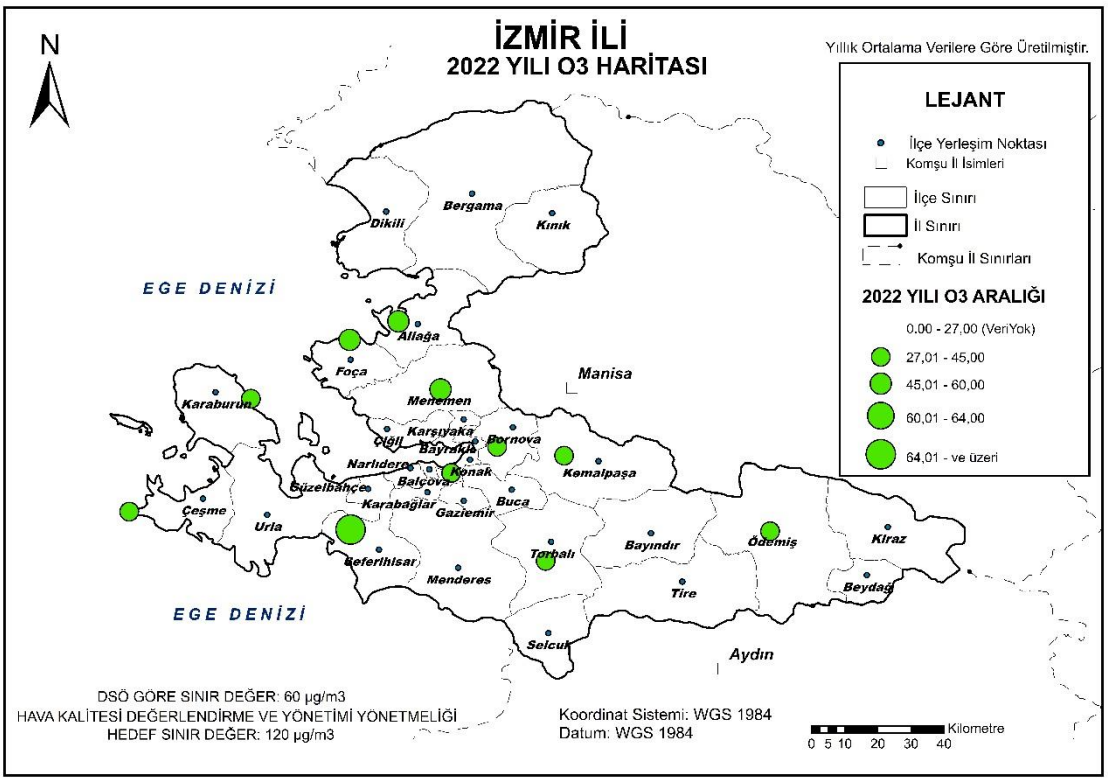
Çizelge 4.26 ve Şekil 4.26 incelendiğinde DSÖ'ye göre belirlenen maksimum sınır değer olan 60 µg/m^3, ölçüm yapılan ilçeler arasında Seferihisar ve Çeşme ilçeleri hariç tüm ilçelerde aşılmadığı görülmektedir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 120 µg/m^3 uzun vadeli hedef sınır değer hiçbir ilçe tarafından aşılmamıştır.

4.9.2 2022 Yılı O_3 Değişimi

Çizelge 4.28 İzmir iline ait 2022 yılı O_3 ortalama değerleri

Adı	2022 yılı O_3 ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	51.46
Bornova	40.23
Çeşme	40.38
Foça	51.74
Karabağlar	36.48
Karaburun	27.02

Kemalpaşa	44.42
Menemen	47.92
Ödemiş	32.36
Seferihisar	72.65
Torbalı	38.14



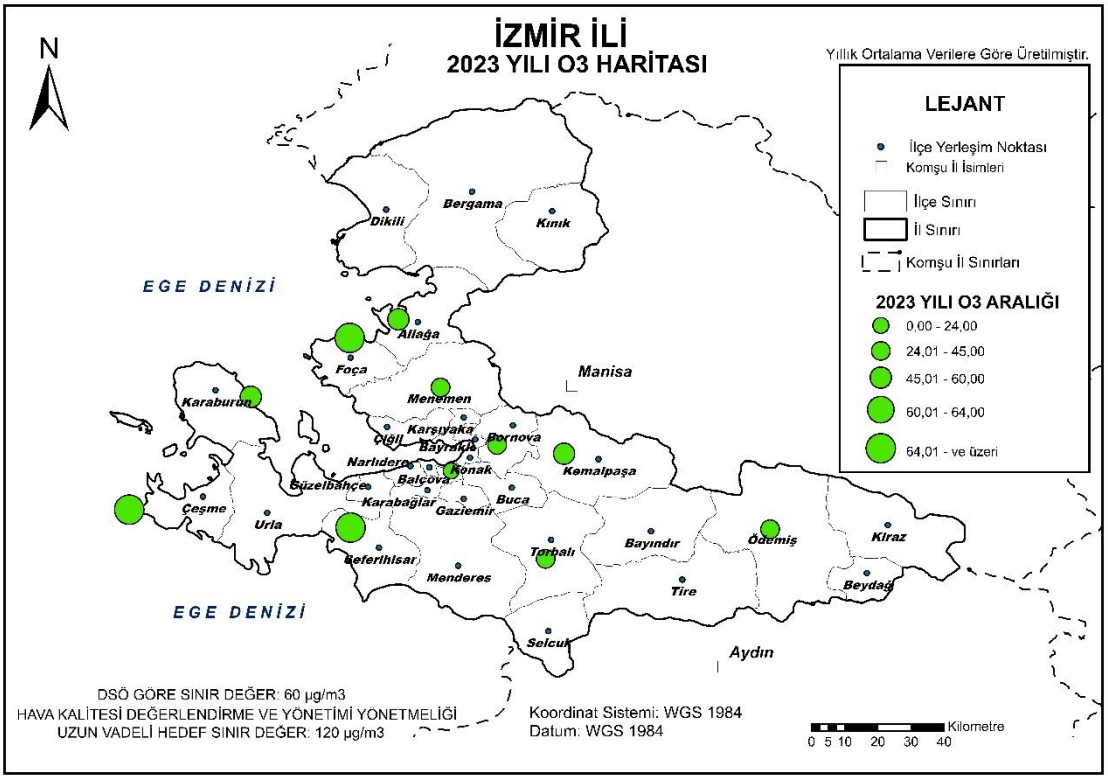
Şekil 4.27 İzmir ili 2022 yılı O_3 haritası

Çizelge 4.28 ve Şekil 4.27 incelendiğinde DSÖ'ye göre belirlenen maksimum sınır değer olan 60 µg/m^3, ölçüm yapılan ilçeler arasında yalnızca Seferihisar ilçesinde aşılmıştır. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 120 µg/m^3 uzun vadeli hedef sınır değer hiçbir ilçe tarafından aşılmamıştır.

4.9.3 2023 Yılı O_3 Değişimi

Çizelge 4.29 İzmir iline ait 2023 yılı O_3 ortalama değerleri

Adı	2023 Yılı O_3 Ortalama Değeri (µg/m³)
Aliağa	50.18
Bornova	40.28
Çeşme	72.29
Foça	64.97
Karabağlar	21.87
Karaburun	47.29
Kemalpaşa	49.76
Menemen	44.21
Ödemiş	25.61
Seferihisar	69.96
Torbalı	30.54



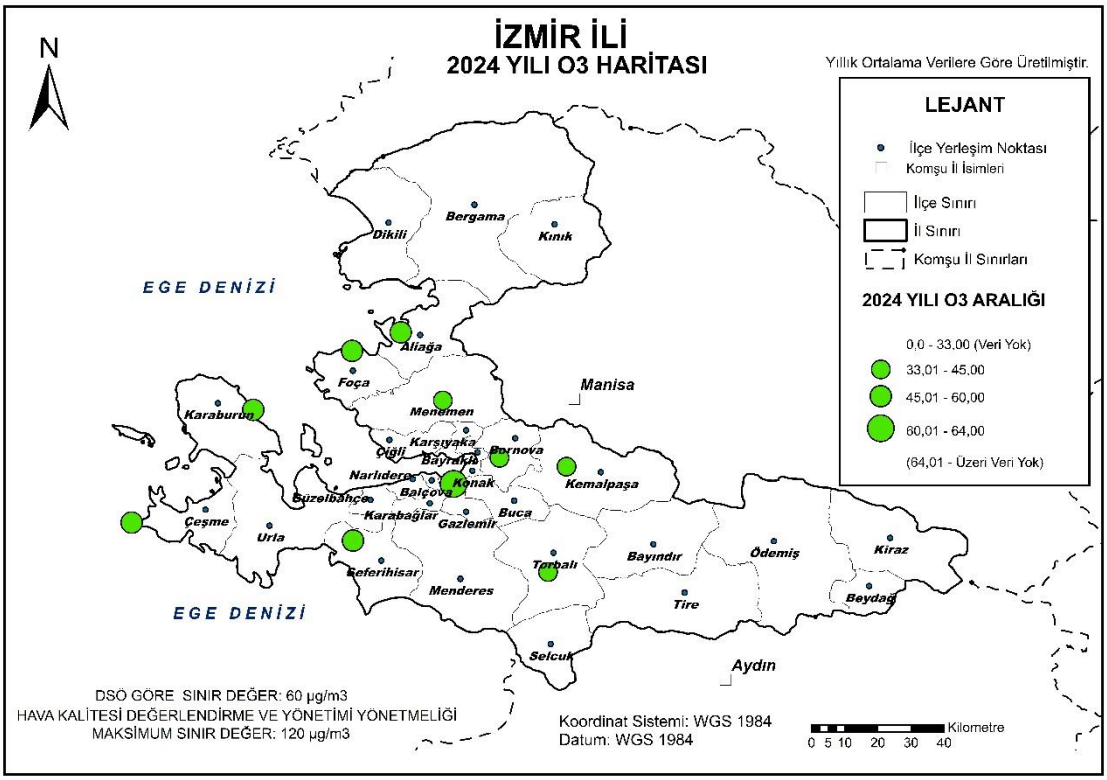
Şekil 4.28 İzmir ili 2023 yılı O_3 haritası

Çizelge 4.29 ve Şekil 4.28 incelendiğinde DSÖ'ye göre belirlenen maksimum sınır değer olan 60 µg/m^3, ölçüm yapılan ilçeler arasında Çeşme, Foça ve Seferihisar ilçeleri hariç tüm ilçelerde aşılmadığı görülmektedir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 120 µg/m^3 uzun vadeli hedef sınır değer hiçbir ilçe tarafından aşılmamıştır.

4.9.4 2024 Yılı O_3 Değişimi

Çizelge 4.30 İzmir iline ait 2024 yılı O_3 ortalama değerleri

Adı	2024 yılı O_3 ortalama değeri (µg/m³)
Aliağa	57.59
Bornova	43.15
Çeşme	53.72
Foça	51.67
Karabağlar	61.02
Karaburun	51.34
Kemalpaşa	34.06
Menemen	43.21
Seferihisar	51.76
Torbalı	33.54



Şekil 4.29 İzmir ili 2024 yılı O_3 haritası

Çizelge 4.30 ve Şekil 4.29 incelendiğinde DSÖ'ye göre belirlenen maksimum sınır değer olan 60 µg/m^3, ölçüm yapılan ilçeler arasında Karabağlar ilçeleri hariç tüm ilçelerde aşılmadığı görülmektedir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen 120 µg/m^3 uzun vadeli hedef sınır değer hiçbir ilçe tarafından aşılmamıştır.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada İzmir ili için PM_{10}, SO_2, CO, NO_2, NO_X, NO, O_3 atmosferik kirleticilerinin zamana bağlı değişimleri incelenmiştir ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Çizelge 5.1'de yer alan "+" işareti, ilgili kirletici için esas alınan sınır veya kılavuz değerin aşıldığını, "−" işareti ise aşılmadığını göstermektedir. Referans değer olarak, kirleticinin özelliğine bağlı olarak Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği sınır değerleri veya Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) kılavuz değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 5.1 İzmir ili için PM_{10} ölçümlerin sınır değerleri bakımından incelenmesi

İlçeler	PM10				PM2.5				SO2				CO				NO2				NOX				NO				O3			
Adı	2021	2022	2023	2024	2021	2022	2023	2024	2021	2022	2023	2024	2021	2022	2023	2024	2021	2022	2023	2024	2021	2022	2023	2024	2021	2022	2023	2024	2021	2022	2023	2024
Aliağa		+	+	-					-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Balçova																																
Bayındır																																
Bayraklı	+	+	+	-					-	-	-	-																				
Bergama																																
Beydağ																																
Bornova					+	+	+	+									+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Buca	+	+	+	-					-	-	-	-																				
Çeşme	+	+	+	-													-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
Çiğli	+	+	+		+	+	+		-	-	-	-																				
Dikili																																
Foça	+	+	+	+									-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaziemir	+	+	+	-					-	-	-	-																				
Güzelbahçe													-																			
Karabağlar	+	+	+	-					-	-	-	-		-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+		-	-	-	-	-	-	-
Karaburun	+	+	+	-													+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Karşıyaka	+	+	+	+									-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Kemalpaşa	+	+	+	+									-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kınık																																
Kiraz																																
Konak	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-		-	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+				
Menderes																																
Menemen	+	+	+	+						-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Narlıdere																		+														
Ödemiş	+	+	+	-					+	+	-		+	+	+		+		-		+	+	+		-	-	-		-	-	-	
Seferihisar									-	-	-	-					-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
Selçuk																																
Tire																																
Torbalı	+	+	+	+					-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Urla																																

Çizelge 5.1 incelendiğinde, hava kalitesini olumsuz yönde etkileyen atmosferik kirleticilerin tamamına ilişkin ölçümlerin tüm ilçelerde düzenli ve eksiksiz olarak gerçekleştirilmediği veya elde edilen verilerin kullanıma sunulmadığı görülmektedir. Hava kalitesindeki zamansal değişimin sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi için atmosferik kirleticilere ilişkin ölçümlerin düzenli, sürekli ve mümkün olduğunca eksiksiz olarak gerçekleştirilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, hava kirliliğine neden olabilecek kaynakların belirlenmesi ve bu kaynaklara yönelik uygun emisyon kontrol ve azaltım önlemlerinin uygulanması, hava kalitesinin iyileştirilmesi açısından önem arz etmektedir.

Ödemiş ilçesinde bazı atmosferik kirletici parametrelerine ait değerlerin sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Ödemiş ilçesi büyük sanayi merkezleri arasında yer almamakla birlikte, ilçede çeşitli imalat sanayi faaliyetlerinin bulunduğu görülmektedir. Özellikle metal imalatı, çelik döküm ve makine üretimi gibi sanayi faaliyetlerinin atmosferik kirletici emisyonlarına katkıda bulunabileceği değerlendirilmektedir. Uygun emisyon kontrol ve filtreleme sistemlerinin kullanılmaması durumunda sanayi tesisleri ve enerji üretim tesislerinin partikül maddeler başta olmak üzere çeşitli atmosferik kirleticilerin emisyonuna katkıda bulunabileceği bilinmektedir. İzmir genelinde jeotermal kaynakların ve jeotermal enerji üretim faaliyetlerinin bulunması nedeniyle, Ödemiş çevresindeki jeotermal faaliyetlerin de atmosferik kirleticiler açısından olası kaynaklardan biri olabileceği değerlendirilmektedir. Ancak mevcut çalışma kapsamında kirletici konsantrasyonları ile belirli emisyon kaynakları arasında doğrudan bir nedensellik ilişkisi kurulmamıştır. Ödemiş ilçesinin temel ekonomik faaliyetlerinden biri tarımdır. Tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan traktör ve diğer tarım makinelerinden kaynaklanan egzoz emisyonlarının atmosferik kirletici konsantrasyonlarına katkıda bulunabileceği değerlendirilmektedir. Bunun yanında, tarımsal alanlarda gerçekleştirilen anız yakma faaliyetleri de çeşitli atmosferik kirleticilerin oluşmasına neden olabilecek unsurlar arasında değerlendirilebilir. İzmir ilinde anız yakılmasının yasaklanmış olması da bu uygulamanın hava kalitesi ve çevresel etkiler açısından önem taşıdığını göstermektedir. Ödemiş ilçesinin topoğrafik özellikleri de hava kalitesinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken faktörlerden biridir. İlçe yerleşiminin ova içerisinde ve dağlık alanlarla çevrili bir konumda bulunması nedeniyle, özellikle atmosferik koşulların durağan olduğu ve rüzgâr sirkülasyonunun yetersiz kaldığı dönemlerde kirleticilerin atmosferde birikmesi

ve dağılımının sınırlanması mümkün olabilmektedir.

Aliağa ilçesinde 2021, 2022 ve 2023 yıllarında yapılan ölçümler incelendiğinde, genel olarak hava kalitesinin temiz olmadığı görülmektedir. 2024 yılı değerlendirildiğinde ise NOX parametresi dışında incelenen atmosferik kirletici parametrelerinin sınır değerlerin altında kaldığı ve bu doğrultuda 2024 yılında Aliağa ilçesinde hava kalitesinin önceki yıllara kıyasla daha iyi olduğu görülmektedir. Aliağa ilçesi, ağır sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu önemli bir sanayi bölgesidir. İlçede petrokimya, rafineri, demir-çelik, elektrik üretimi ve diğer sanayi faaliyetlerinin yanı sıra gemi söküm faaliyetleri de gerçekleştirilmektedir. Bu faaliyetlerden kaynaklanan emisyonların Aliağa ilçesindeki atmosferik kirletici konsantrasyonları üzerinde etkili olabileceği değerlendirilmektedir. Aliağa Limanı'ndaki deniz taşımacılığı faaliyetleri, ağır tonajlı araç ve kamyon trafiği ile sanayi tesislerine bağlı karayolu taşımacılığından kaynaklanan egzoz emisyonları da atmosferik kirletici konsantrasyonlarına katkıda bulunabilecek unsurlar arasında değerlendirilmektedir. 2024 yılında atmosferik kirletici parametrelerinin önemli bir bölümünde daha düşük değerlerin elde edilmesinde sanayi faaliyetlerinin yoğunluğu, emisyon kontrol uygulamaları, çevresel denetimler, meteorolojik koşullar ve bölgenin topoğrafik özelliklerinin birlikte etkili olmuş olabileceği değerlendirilmektedir. Aliağa'da 2024 yılında gözlenen daha düşük kirletici konsantrasyonları, önceki yıllara kıyasla hava kalitesinde iyileşme olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, yıllık ortalamaların daha düşük olması yıl içerisinde kirletici konsantrasyonlarında herhangi bir artış veya sınır değer aşımı yaşanmadığı anlamına gelmemektedir. Aliağa'nın kıyı konumu, bölgedeki hava sirkülasyonu ve denizel meteorolojik koşulların atmosferde bulunan kirleticilerin taşınması ve seyrelmesi üzerinde etkili olabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle rüzgâr koşulları ve atmosferik kararlılık, kirleticilerin atmosferde birikmesini veya daha geniş alanlara taşınmasını etkileyebilmektedir. Bunun yanında, sanayi tesislerinin çalışma yoğunluğu, emisyon kontrol uygulamaları ve çevresel denetimlerin yıllara bağlı olarak değişmesi de hava kalitesindeki farklılıklarda etkili olmuş olabilir. Ancak mevcut çalışma kapsamında meteorolojik koşullar, sanayi üretim miktarları ve emisyon kaynaklarının katkıları ayrı olarak analiz edilmediğinden, 2024 yılında gözlenen iyileşmenin belirli bir faktöre bağlanması mümkün değildir. Bu nedenle Aliağa'da 2024 yılında gözlenen daha düşük kirletici konsantrasyonlarının meteorolojik ve antropojenik

faktörlerin birlikte etkisiyle ortaya çıkmış olabileceği değerlendirilmektedir.

Çeşme, Foça, Karaburun ve Seferihisar ilçelerinde O3 atmosferik kirleticisinin bazı dönemlerde zamansal olarak yüksek değerlerde ölçüldüğü görülmekle birlikte, genel olarak bu ilçelerde hava kalitesinin diğer bazı ilçelere kıyasla daha iyi olduğu değerlendirilmektedir. Söz konusu ilçelerin önemli turizm merkezleri olması, kıyı bölgelerinde yer almaları ve doğal alanların önemli ölçüde korunmuş olması, hava kalitesinin değerlendirilmesinde dikkate alınabilecek özelliklerdir. Çeşme ilçesinde sanayi yatırımlarının bulunmaması ve ilçenin rüzgârlı hava koşullarına sahip olması, atmosferik kirleticilerin dağılımı ve seyrelmesi açısından olumlu koşullar oluşturabilmektedir. Foça ve Karaburun çevresindeki doğal ve korunan alanların varlığı da bölgenin çevresel özelliklerini desteklemektedir. Foça Özel Çevre Koruma Bölgesi kapsamında kıyı ve doğal alanların korunmasına yönelik çalışmalar yürütülmekte, Karaburun Yarımadası'nda ise orman ve maki formasyonları geniş alanlar kaplamaktadır. Bununla birlikte, söz konusu ilçelerde O3 değerlerinin bazı dönemlerde yükselmesi, ozonun oluşum ve taşınım özellikleriyle birlikte değerlendirilmelidir. O3, diğer bazı kirleticilerden farklı olarak doğrudan bir kaynaktan atmosfere salınmak yerine, atmosferde fotokimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşabilmekte ve meteorolojik koşullardan etkilenebilmektedir. Bu nedenle özellikle güneşlenme süresinin arttığı sıcak dönemlerde O3 konsantrasyonlarında yükselmeler meydana gelebilmektedir. Kıyı konumu ve rüzgâr koşulları ise kirleticilerin taşınması ve seyrelmesinde etkili olabilmektedir. Çeşme, Foça, Karaburun ve Seferihisar ilçelerinde nüfus yoğunluğunun görece düşük olması, ağır sanayi faaliyetlerinin sınırlı olması ve doğal alanların önemli ölçüde korunmuş olması gibi özelliklerin, özellikle yerel kaynaklı hava kirliliğinin daha düşük olmasına katkıda bulunabileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, mevcut çalışma kapsamında nüfus yoğunluğu, meteorolojik koşullar ve emisyon kaynaklarının O3 konsantrasyonları üzerindeki etkileri ayrı olarak analiz edilmediğinden, söz konusu faktörler ile hava kalitesi arasında doğrudan nedensellik ilişkisi kurulmamıştır. Bu nedenle bu ilçelerde gözlenen genel olarak daha düşük kirletici konsantrasyonlarının; nüfus yoğunluğu, sanayi faaliyetlerinin sınırlılığı, kıyısal konum, meteorolojik koşullar ve doğal alanların varlığı gibi faktörlerin birlikte etkisiyle açıklanabileceği değerlendirilmektedir.

Kemalpaşa ilçesinde ölçümü gerçekleştirilen atmosferik kirletici parametreleri değerlendirildiğinde, ilçede hava kalitesinin olumsuz yönde etkilendiği görülmektedir. Ölçüm istasyonunun, nüfus ve yerleşim yoğunluğunun görece yüksek olduğu ilçe merkezine yakın bir konumda bulunması, ölçülen kirletici konsantrasyonlarının değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken bir unsurdur. Kemalpaşa, sanayi faaliyetlerinin yoğunlaştığı ilçelerden biri olup ilçede Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi ve çeşitli sanayi tesisleri bulunmaktadır. Sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonların ilçe hava kalitesi üzerinde etkili olabileceği değerlendirilmektedir. İzmir İl Çevre Durum Raporlarında da imalat sanayi işletmeleri, maden işletmeleri ve karayolu trafiği hava kirliliğine neden olan kaynaklar arasında gösterilmektedir. Kemalpaşa'nın önemli bir lojistik merkez niteliği kazanması ve bölgede yük taşımacılığı faaliyetlerinin yoğunlaşması da hava kalitesi açısından dikkate alınması gereken bir diğer faktördür. Kemalpaşa Lojistik Merkezi'ne ilişkin planlama çalışmalarında ilçenin İzmir'deki önemli lojistik alanlardan biri olduğu ve yük, kamyon ve tır trafiğinin yoğun olduğu belirtilmektedir. Bu kapsamda, Çizelge 4.2'de gösterilen otomobil sayısındaki artışa bağlı olarak karayolu taşıtlarından kaynaklanan egzoz emisyonlarının, özellikle azot oksitler ve partikül maddeler başta olmak üzere atmosferik kirletici konsantrasyonlarına katkıda bulunabileceği değerlendirilmektedir. İlçede devam eden sanayi ve lojistik faaliyetlerinin yanı sıra yapılaşma ve çeşitli inşaat faaliyetleri de atmosferik kirleticilerin oluşumunda etkili olabilecek unsurlar arasında değerlendirilebilir. İnşaat faaliyetlerinde kullanılan iş makinelerinden kaynaklanan egzoz emisyonları ile faaliyetler sırasında oluşabilecek toz emisyonlarının hava kalitesini olumsuz yönde etkileyebileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, mevcut çalışma kapsamında bu kaynakların atmosferik kirletici konsantrasyonlarına katkı düzeyleri ayrı olarak belirlenmediğinden, doğrudan nedensellik ilişkisi kurulmamıştır. Kemalpaşa ilçesinin İzmir-Ankara karayolu güzergâhında bulunması ve bölgedeki yoğun ulaşım faaliyetleri de hava kalitesinin değerlendirilmesinde önem taşımaktadır. Karayolu trafiğinden kaynaklanan egzoz emisyonları, özellikle yerleşim ve ulaşım akslarının yakın çevresinde atmosferik kirletici konsantrasyonlarının artmasına neden olabilecek kaynaklar arasında değerlendirilmektedir. Ayrıca ilçede gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerinin de toz ve partikül madde oluşumu açısından hava kalitesi üzerinde etkili olabileceği değerlendirilmektedir. İzmir İl Çevre Durum Raporunda maden işletmeleri ve karayolu

trafiği hava kirliliği kaynakları arasında yer almaktadır. Kemalpaşa ilçesindeki doğal alanlar ve turizm potansiyeli dikkate alındığında ise, bu alanların hava kalitesini doğrudan olumsuz etkileyen bir unsur olarak değerlendirilmesinden ziyade, ilçedeki insan hareketliliğinin dönemsel olarak artmasına bağlı olarak ulaşım kaynaklı emisyonlarda değişime neden olabileceği düşünülebilir.

Menemen ilçesinin 2021, 2022, 2023 ve 2024 yıllarına ait hava kalitesi değerleri incelendiğinde, atmosferik kirletici konsantrasyonlarının yıllara ve dönemlere göre değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Menemen ilçesinin ova karakterindeki topoğrafik yapısı ve bölgedeki meteorolojik koşulların, atmosferik kirleticilerin taşınması ve dağılımı üzerinde etkili olabileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, mevcut çalışma kapsamında rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve atmosferik kararlılık gibi meteorolojik değişkenler ayrıca analiz edilmediğinden, topoğrafik yapı ile kirletici konsantrasyonları arasında doğrudan bir nedensellik ilişkisi kurulmamıştır. Menemen ilçesinde çeşitli sanayi faaliyetleri bulunmakla birlikte, sanayi faaliyetlerinin Aliağa ilçesindeki kadar yoğun ve çeşitlenmiş olmadığı görülmektedir. Bu durum, sanayi kaynaklı emisyonların Aliağa'ya kıyasla daha sınırlı olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, Menemen'in Aliağa ilçesine yakın konumda bulunması ve bölgesel ölçekte sanayi faaliyetlerinin etkisinde kalabilmesi, hava kalitesinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken bir unsur olarak değerlendirilmektedir. İlçede bulunan Gediz Deltası ve çevresindeki sulak alanlar ile tarımsal faaliyetler, bölgenin arazi kullanım özellikleri açısından önemli bir yer tutmaktadır. Tarımsal faaliyetler sırasında gerçekleştirilebilen anız yakma uygulamaları ve tarımsal araçların kullanımı, dönemsel olarak atmosferik partikül madde ve diğer kirletici emisyonlarının oluşmasına katkıda bulunabilecek unsurlar arasında değerlendirilebilir. Şekil 4.1 incelendiğinde, Menemen ilçesinin nüfus yoğunluğunun İzmir'in merkezi ve yoğun nüfuslu ilçelerine kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Nüfus yoğunluğunun görece düşük olması, özellikle konut kaynaklı ısınma ve yerel ulaşım kaynaklarından meydana gelen emisyonların yoğunluğunun merkezi ilçelere kıyasla daha sınırlı olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, nüfus yoğunluğu ile hava kirliliği arasında doğrudan bir ilişki kurulabilmesi için emisyon kaynakları ve meteorolojik koşulların birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Menemen ilçesinin İzmir-Çanakkale karayolu güzergâhı üzerinde bulunması, karayolu

taşımacılığından kaynaklanan emisyonların hava kalitesi açısından dikkate alınmasını gerektirmektedir. Özellikle ağır taşıt ve diğer motorlu taşıt trafiğinin yoğunluğu, zamana bağlı olarak değişebilmekte ve buna bağlı olarak egzoz kaynaklı emisyonların atmosferik kirletici konsantrasyonlarına katkısı farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle ulaşım yoğunluğundaki dönemsel değişimlerin Menemen ilçesinde gözlenen hava kalitesi değişkenliğinde etkili olmuş olabileceği değerlendirilmektedir. Sonuç olarak Menemen ilçesinde gözlenen hava kalitesindeki zamansal değişkenliğin; sanayi faaliyetleri, karayolu ulaşımı, tarımsal faaliyetler, nüfus yoğunluğu ve meteorolojik koşullar gibi birden fazla faktörün birlikte etkisiyle ortaya çıkmış olabileceği değerlendirilmektedir. Menemen'in Aliağa'ya kıyasla daha düşük sanayi yoğunluğuna sahip olması, nüfus yoğunluğunun merkezi ilçelere göre daha düşük olması ve farklı arazi kullanım özelliklerine sahip olması, ilçedeki atmosferik kirletici dağılımının Aliağa ve İzmir'in merkezi ilçelerinden farklılaşmasına neden olabilecek faktörler arasında değerlendirilebilir.

Torbalı ilçesinde ölçümü gerçekleştirilen atmosferik kirletici parametreleri incelendiğinde, ilçede hava kalitesinin olumsuz yönde etkilendiği görülmektedir. Torbalı ilçesi, sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu ve organize sanayi bölgelerinin bulunduğu ilçelerden biridir. Sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar ile bölgede gerçekleşen yoğun araç sirkülasyonunun, özellikle azot oksitler ve partikül maddeler başta olmak üzere atmosferik kirletici konsantrasyonlarına katkıda bulunabileceği değerlendirilmektedir. İlçenin nüfusunun ve yapılaşma yoğunluğunun artmasıyla birlikte ulaşım, konut ve inşaat faaliyetlerinin de artması, hava kalitesi üzerinde etkili olabilecek unsurlar arasında değerlendirilebilir. Torbalı ilçesinde tarımsal faaliyetler de devam etmekte olup, dönemsel olarak gerçekleştirilen anız yakma faaliyetleri atmosferik partikül madde ve diğer kirleticilerin oluşumuna katkıda bulunabilecek unsurlar arasında değerlendirilmektedir. Şekil 4.1 incelendiğinde, ilçedeki nüfus yoğunluğunun ve buna bağlı olarak yapılaşma yoğunluğunun arttığı, bu durumun doğal ve yeşil alanların azalmasına ve insan faaliyetlerinin yoğunlaşmasına neden olabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle ulaşım ve inşaat faaliyetlerindeki artışın, Çizelge 4.2'de gösterilen otomobil sayısındaki artışın da etkisiyle, egzoz emisyonları ve toz oluşumu yoluyla hava kalitesi üzerinde etkili olabileceği değerlendirilmektedir. Sonuç olarak

Torbalı ilçesinde gözlenen hava kalitesinin olumsuz durumunun; sanayi faaliyetleri, karayolu ulaşımı, nüfus ve yapılaşma artışı ile tarımsal faaliyetler gibi birden fazla faktörün birlikte etkisiyle ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.1 incelendiğinde, 2021–2024 yılları arasında İzmir ilindeki nüfus yoğunluğunda kayda değer bir değişim gözlenmediği görülmektedir. Bununla birlikte, Karşıyaka, Bornova, Bayraklı, Konak, Balçova, Karabağlar, Buca ve Gaziemir ilçelerinin diğer ilçelere kıyasla daha yüksek nüfus yoğunluğuna sahip olduğu görülmektedir. Nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu söz konusu ilçelerin İzmir'in merkez ilçeleri içerisinde yer aldığı görülmektedir.

Konak ve Bornova ilçeleri harici hiçbir ilçenin 2021, 2022, 2023, 2024 yıllarına ait $PM_{2.5}$ parametresi ölçüm değerleri bulunamamıştır. Ölçüm yapılan ilçelerde de DSÖ'ye göre belirlenen değerin aşıldığı görülmektedir.

5.2 Öneriler

Bu tez kapsamında İzmir ilinde 2021–2024 yılları arasında PM10, SO_2, CO, NO_2, NOX, NO ve O_3 atmosferik kirleticilerinin zamansal ve mekânsal değişimleri incelenmiş, elde edilen sonuçlar doğrultusunda bazı ilçelerde atmosferik kirletici konsantrasyonlarının sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. İzmir ilinde hava kalitesinin zamansal değişiminin daha sağlıklı değerlendirilebilmesi amacıyla atmosferik kirleticilere ilişkin ölçümlerin düzenli, sürekli ve mümkün olduğunca eksiksiz olarak gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Özellikle çalışma kapsamında yeterli veriye ulaşılamayan ilçelerde hava kalitesi izleme istasyonlarının sayısının artırılması ve mevcut istasyonların ölçüm sürekliliğinin sağlanması önem taşımaktadır. Sınır değerlerin üzerinde atmosferik kirletici konsantrasyonlarının belirlendiği ilçelerde, ilgili kirletici parametrenin yüksek ölçülmesine neden olabilecek sanayi, ulaşım, ısınma, tarımsal faaliyetler ve diğer emisyon kaynaklarının ayrı ayrı değerlendirilmesi ve gerekli emisyon azaltım çalışmalarının gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Sanayi ve ağır sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu Aliağa, Kemalpaşa ve Torbalı gibi ilçelerde hava kalitesinin düzenli olarak izlenmesi, emisyon kontrol uygulamalarının ve çevresel denetimlerin etkinliğinin artırılması önerilmektedir. Sanayi tesislerinde kullanılan emisyon kontrol sistemlerinin düzenli olarak denetlenmesi ve gerekli durumlarda iyileştirilmesi hava kalitesinin

korunmasına katkı sağlayabilir. İzmir ilinde karayolu ulaşımının yoğun olduğu bölgelerde, motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarının azaltılması amacıyla toplu taşıma kullanımının yaygınlaştırılması, alternatif ulaşım olanaklarının geliştirilmesi ve düşük emisyonlu araç kullanımının teşvik edilmesi önerilmektedir. Özellikle ağır tonajlı taşıt trafiğinin yoğun olduğu güzergâhlarda ulaşım kaynaklı emisyonların hava kalitesi üzerindeki etkilerinin ayrıca değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Konutlarda ısınma amacıyla kullanılan yakıtların hava kalitesi üzerindeki etkisinin azaltılması amacıyla daha düşük emisyonlu ve çevreye daha az zarar veren yakıtların tercih edilmesi, enerji verimliliğinin artırılması ve uygun ısınma sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması önerilmektedir. Çalışmada doğal çevre ve ekosistem özelliklerinin korunmuş olduğu ilçelerde genel olarak daha iyi hava kalitesi değerlerinin gözlenmesi nedeniyle, doğal alanların ve ekosistemlerin korunmasına yönelik planlama ve uygulamaların sürdürülmesi önerilmektedir. Yeni yapılaşma ve sanayi yatırımlarında doğal çevrenin korunması ve çevresel etkilerin dikkate alınması önem taşımaktadır. Turizm açısından önemli olan ve kıyı kesiminde yer alan ilçelerde gözlenen görece daha iyi hava kalitesinin korunabilmesi amacıyla, bu bölgelerde plansız yapılaşma ve yoğun sanayileşmenin önüne geçilmesi, nüfus ve yapılaşma kararlarının çevresel taşıma kapasitesi dikkate alınarak gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Yeni sanayi ve yerleşim alanlarının planlanmasında ilçelerin topografik özellikleri, mevcut yerleşim dokusu, ulaşım bağlantıları, meteorolojik koşulları ve doğal alanları birlikte değerlendirilmelidir. Böylece hava kirliliğinin belirli bölgelerde yoğunlaşmasına neden olabilecek mekânsal koşulların azaltılması mümkün olabilir. Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu ilçelerde, özellikle partikül madde oluşumuna katkı sağlayabilecek anız yakma gibi uygulamaların önlenmesine yönelik denetim ve bilinçlendirme çalışmalarının artırılması önerilmektedir. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan araç ve makinelerden kaynaklanan emisyonların azaltılması için de uygun uygulamaların geliştirilmesi önem taşımaktadır. Hava kalitesinin nüfus yoğunluğu ile birlikte değerlendirilmesi sonucunda, nüfus yoğunluğunun tek başına hava kirliliğini açıklayan bir faktör olmadığı görülmüştür. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda nüfus yoğunluğu ile birlikte sanayi, ulaşım, arazi kullanımı, meteorolojik koşullar ve topoğrafik özelliklerin birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir. Hava kalitesindeki zamansal değişimin nedenlerinin daha ayrıntılı ortaya konulabilmesi amacıyla, ilerleyen çalışmalarda atmosferik kirletici verilerinin

meteorolojik veriler, trafik yoğunluğu, sanayi faaliyetleri, nüfus değişimi ve arazi kullanımı ile birlikte analiz edilmesi önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

Akbulut Z F, 2017, SO_2 Buharına Maruz Bırakılmış Bazı Doğal Taşların Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi, AKÜ FEMÜBİD, 17, 955–963.

Akyalçın L, 1999, Baca Gazlarından Sitrat Yıkama Yöntemi İle SO_2 Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Arı A, 2016, Eskişehir Atmosferindeki $PM_{2.5}$ Parçacıklarının Kimyasal Karakterizasyonu ve Kaynaklarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Aronoff S, 1991, Geographic Information Systems: A Management Perspective, WDL Publications, Ottawa.

Aydın O, Raja N B, 2025, Ankara'da Partikül Madde (PM_{10}) ve Kükürt Dioksit (SO_2) Konsantrasyonlarının İklim Parametreleri ile Mekânsal-Zamansal Analizi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 11, 249–267.

Ayönü Y, 2009, İzmir'de Türk Hâkimiyetinin Başlaması, Türk Dünyası İncelemeleri Dergisi, 9, 1–8.

Bayram H, 2009, Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dicle Üniversitesi Yayınları, 181s, Diyarbakır.

Buğdaycı İ, Bildirici İ Ö, 2009, Harita Kullanımının Coğrafya Eğitimindeki Önemi, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Calkins W H., 1994, The Chemical Forms of Sulfur in Coal: A Review, Fuel, 73(4), 475–484.

Cellek M S, 2017, Sanayi Tipi Brülör-Kazan Sisteminde Yanma Emisyonlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Cindoruk S S, 2018, Havadaki NO ve NO_2 Parametrelerinin Marmara Temiz Hava Merkezi Ölçümleri Kapsamında İncelenmesi, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7, 600–611.

Çatalbaş F, 2022, Tarihi Kentsel Peyzaj: İzmir Tarihi Liman Kenti Örneği, Megaron, 17, 345–357.

Çetin M, Ergüder T O, 2020, Erzincan'da Motorlu Taşıtlar Tarafından Atmosfere

Bırakılan Egzoz Emisyonları ve Tahmini Miktarlarının Belirlenmesi, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(3), 1403–1412.

Çobanoğlu S, 2016, Kartografya ve Uygulamaları Ders Notları, Harita Genel Komutanlığı Yayınları, Ankara.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020, İzmir-Manisa Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Açıklama Raporu, Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2025, 2024 Yılı Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Ankara.

Demir A, 2009, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Engin M S, 2025, Tekirdağ İli Çorlu İlçesinde Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Ersoy S, İri N İ Ö, Karadeniz H, Ketenci H Ç, Kaya E Ç, 2022, İş Sağlığı ve Güvenliğinde Kimyasal Risk Faktörleri: Karbonmonoksit (CO) Maruziyeti, Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 11, 927–936.

Fidan C, Akdur R, 2021, Hava Kirliliği ve COVID-19, ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi, 7, 268–274.

Gary J H, Handwerk G E, 2001, Petroleum Refining: Technology and Economics, 4th Edition, Marcel Dekker Inc., New York.

Güler, Ç, 2002, Kapalı Ortam Hava Kalitesi, Yazıt Yayıncılık, Ankara.

Güzel Ş, Özer P, 2022, Türkiye'de Hava Kirliliği ve Sağlık Harcamaları, Sağlık ve Sosyal Refah Araştırmaları Dergisi, 4, 186–202.

İçöz O, 1994, Çevre Sorunları Turizmi Tehdit Ediyor Mu?, Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi, 5, 18–22.

İlkılıç C, Behçet R, 2006, Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Etkisi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12, 115–121.

İleri S, 2017, Tematik Harita Tasarımı, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.

IPCC, 2023, Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland.

Jin L, 2018, Research on the Principles and Development History of Geographic Cartography, Frontiers in Science and Engineering, 2, 1–6.

Karadaş A, 2014, İzmir'in bilinen ilk yerleşmesi Yeşilova Höyüğü'nde jeoarkeoloji ve paleocoğrafya araştırmaları, Ege Coğrafya Dergisi, 23, 43–55.

Karagözoğlu S, Asav E, 2021, Kükürt Dioksit Düzeylerinin Kırklareli İl Merkezindeki Ölümler Üzerine Etkisi, İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri MYO Dergisi, 9, 618–627.

Karakuş C B, Yıldız S, 2019, Hava Kalite İndeksi ile Meteorolojik Parametreler Arasındaki İlişkinin Çoklu Regresyon Yöntemi ile Belirlenmesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(2), 698–711.

Karakurt İ, Aydın G, Aydıner K, 2009, Yeraltı Jeolojik Rezervuarlarında Karbon dioksitin Depolanması, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 2, 175–184.

Kaya İ, 2024, Sivas İli Hava Kalitesi Analizi, Emisyon Envanteri Hesabı ve Modellenmesi, Doktora Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

Kaya Korkmaz Ş, Karacaoğlu M, 2025, Yükseltilmiş Karbon dioksit (CO_2) Seviyelerinin Biyolojik ve Ekolojik Etkileri, Manas Tarım Veteriner ve Yaşam Bilimleri Dergisi, 15, 304–310.

Koç H, Ergün A (Ed.), 2021, Bilginin Görsel İfadesi: Haritalar, Pegem Akademi, Ankara.

Li W, Wang Y, Bernier C, Estes M, 2020, Identification of Sea Breeze Recirculation and Its Effects on Ozone in Houston, TX, During DISCOVER-AQ 2013, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 125, e2020JD033165.

Olcay H, Yakın F, Gökçe Gündüzoğlu H A, 2025, Hava Kirliliği ile Doğal Ortam Arasındaki İlişki: Sistematik Literatür Taraması, Coğrafi Bilimler Dergisi, 23,

701–733.

Özdalyan B, Çelik M B, Kadı İ, 2001, Karabük'te Hava Kirliliği ve Çözüm Önerileri, Teknoloji Dergisi, 4(3–4), 51–56.

Partigöç N S, Çubukçu K M, 2017, Hava Kirliliği ve İnsan Sağlığına Etkisi, İdealkent, 8(22), 678–714.

Sapan N, Çekiç Ş, 2020, Hava Kirliliği ve Alerjik Hastalıklar, Klinik Tıp Pediatri Dergisi, 12, 49–53.

Schlesinger W H, Bernhardt E S, 2020, The Atmosphere: Composition of Atmospheric Gases, Biogeochemistry: An Analysis of Global Change, Elsevier, Amsterdam, 51–80.

Şahin B, Bozyiğit R, 2023, Ortaöğretim Coğrafya Ders Kitaplarında Tematik Harita Kullanımının İncelenmesi, International Journal of Geography and Geography Education (IGGE), 48, 1–20.

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2023, İzmir Kültür ve Turizm Verileri Brifing Raporu, İzmir.

Teker A G, 2020, İzmir İlinde 2009–2018 Yılları Arasında Partiküler Madde Kirliliği, ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi, 5(2), 216–226.

Uçar D, Uluğtekin N N, 2006, Tematik Haritaların Tasarımı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.

Wayne R P, 1990, Glossary of Atmospheric Chemistry Terms, Pure and Applied Chemistry, 62, 2167–2219.

Wilbur S, Williams M, Williams R, Scinicariello F, Klotzbach J M, Diamond G L, Citra M, 2012, Toxicological Profile for Carbon Monoxide, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Atlanta, GA.

World Health Organization, 2013, Health Effects of Particulate Matter: Policy Implications for Countries in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

Yıldırım M, Aksoy B, İdiküt A, Kalyoncu Atasoy Z B, 2023, Hava Kirliliği ve Obezite İlişkisinin Değerlendirilmesi, Türkiye Klinikleri Hemşirelik Bilimleri Dergisi, 8, 334–342.

Yılmaz F, 2021, Hava Kirliliği, Bileşenleri ve Sağlık, FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi, 18, 231–251.

Yılmaz M, Toros H, İncecik S, Öztürk Z, Kirkil G, Öztaş D, Akçay M, Dinç U, Gültekin M, Beba H E, Arslantaş O A, 2020, Dilovası Hava Kirliliğinin Trafik Emisyonları Açısından Değerlendirilmesi, Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1), 43–51.

Yılmaz Z, 2022, Meteorolojik Parametrelerin Hava Kirliliğine Etkisinin İstatistiksel Analizi – Muş İli (2021), Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(4), 1182–1193.

Yollu B, 2007, Marmara Üniversitesi Göztepe Kampusu Atmosferindeki Parçacıkların Sınıflandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 73s, İstanbul.

Zencirci S A, Işıklı B, 2017, Hava Kirliliği, ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi, 2, 24–36.

Özler S, 2011, İyi Ozon, Kötü Ozon, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 523, 58–61.

İnternet Kaynakları

1- European Environment Agency, What is particulate matter (PM) and what are its effects on human health?, https://www.eea.europa.eu/en/about/contact-us/faqs/what-is-particulate-matter-and-what-are-its-effects-on-human-health, 01.06.2026.

2- Pennsylvania State University, Carbon Dioxide, https://courses.ems.psu.edu/egee102/book/export/html/1952, Erişim Tarihi: 26.07.2026.

3- United States Environmental Protection Agency, Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter (Final Report, 2024), https://www.epa.gov/isa/integrated-science-assessment-isa-particulate-matter, 26.07.2026.

4- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Hava Kalitesinin İzlenmesi, https://egethm.csb.gov.tr/hava-kalitesinin-izlenmesi-87406, 31.07.2026.

5- Türkiye İstatistik Kurumu, Motorlu Kara Taşıtları, Aralık 2025,

https://veriportali.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2025-53463, 01.08.2026.

6- IQAir, 2024 World Air Quality Report, https://www.iqair.com/world-air-quality-report, 18.08.2026.

7- T.C. Sağlık Bakanlığı, Karbon Monoksit Zehirlenmesi, https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cevresagligi-karbonmonoksit.html, 02.08.2026.

8- Pennsylvania State University, Primary Pollutants and Secondary Pollutants, https://courses.ems.psu.edu/egee102, 02.08.2026.

9- United States Environmental Protection Agency, Ground-level Ozone Basics, https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics, 02.08.2026.

10- Türkiye İstatistik Kurumu, Motorlu Kara Taşıtları, https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/53783, 02.08.2026.

11- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İzmir AKDM, Genel Bilgiler, https://izmirakdm.csb.gov.tr/genel-bilgiler-i-3590, 02.08.2026.

12- Resmî Gazete, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/06/20080606-6.htm, 02.08.2026.

13- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ozon, https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Ozon.pdf, 01.06.2026.

ÖZGEÇMİŞ