

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOCAELİ KENTİNDE HAVA KİRLİLİĞİNE NEDEN OLAN
İNORGANİK GAZ KİRLİTİCİLERİN DÜZEYLERİNİN,
DAĞILIMLARININ VE KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS

Kimyager Ümmiye ÖZASLAN

Ana Bilim Dalı: Çevre Mühendisliği

Danışman :Yrd. Doç. Dr. Beyhan PEKEY

KOCAELİ, 2008

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

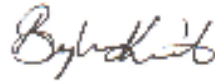
**KOCAELİ KENTİNDE HAVA KİRLİLİĞİNE NEDEN OLAN
İNORGANİK GAZ KİRLİTİCİLERİN DÜZEYLERİNİN,
DAĞILIMLARININ VE KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kimyager Ümmiye ÖZASLAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26 Mayıs 2008

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Haziran 2008

Tez Danışmanı **Üye** **Üye**
Yrd. Doç. Dr. Beyhan PEKEY **Yrd. Doç. Dr. Şenay ÇETİN** **Yrd. Doç. Dr. Asude ATEŞ**







KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışması kapsamında gerçekleştirilen bu çalışmada Kocaeli kenti genelinde 51 noktada pasif örnekleme tekniği kullanılarak yaz ve kış dönemlerinde toplanan örneklerde SO₂ , NO₂ ve O₃ konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak incelenen kirleticilere ait kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Tez çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimi ile çalışmamı yönlendiren ve sonuca ulaşmasını sağlayan değerli danışman hocam Yrd.Doç. Dr. Beyhan PEKEY'e çok teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında çok büyük katkıları olan ve desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Hakan PEKEY'e,

Örnekleme çalışmalarında büyük katkıları olan Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Arş. Gör. Demet ARSLANBAŞ ve Arş. Gör. Zehra BOZKURT'a,

Örneklerin hazırlanması ve analizi için laboratuvarlarını kullandığımız ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri Prof. Dr. Gürdal TUNCEL ve Prof.Dr. Ülkü YETİŞ, Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Abdurrahman BAYRAM ve Arş. Gör. Yetkin SÖNMEZ DUMANOĞLU'na,

Bugünlere gelmemi sağlayan,eğitimim boyunca maddi manevi her zaman bana destek olan anneme ve babama, hep yanımda olan kardeşlerime, ayrıca sevgisi ve anlayışıyla beni yalnız bırakmayan tez çalışmam sırasında bana büyük destek veren nişanlım İsmail KALKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ümmiye ÖZASLAN
Kocaeli,2008

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLERDİZİNİ.....	iv
TABLOLARDİZİNİ.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	vi
ÖZET.....	vii
İNGİLİZCE ÖZET.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Önemi.....	3
1.2. Çalışmanın Amacı.....	3
1.3. Çalışmanın Kapsamı.....	4
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Hava Kirliliği.....	5
2.2. Hava Kirliliği Kaynakları.....	8
2.3. Hava Kirleticileri.....	9
2.3.1 Kirletici parametreler ve etkileri.....	10
2.4. Kükürtdioksit.....	12
2.4.1.Kükürtdioksit etkileri.....	14
2.5. Azotdioksit.....	15
2.5.1. Atmosferik reaksiyonları.....	15
2.5.2. Azotdioksit etkileri.....	17
2.6. Ozon.....	18
2.6.1.Ozon atmosferik reaksiyonları.....	18
2.6.2. Ozon Etkileri.....	19
2.7. Pasif Örnekleme Yöntemleri.....	20
2.8. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	23
2.8.1 CBS bileşenleri.....	24
2.8.2 CBS 'nin çalışması.....	26
2.8.3 CBS de temel işlevler.....	27
2.9. Literatür Özeti.....	29
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	32
3.1. Çalışma Alanı.....	32
3.2. Örnek Alma Noktaları.....	33
3.3. Örnekleme Süresi.....	34
3.4. Örneklerin Toplanması ,Hazırlanması ve Analizi.....	35
3.4.1. SO ₂ ve NO ₂ örnekleri.....	36
3.4.2 O ₃ örnekleri.....	38
3.5. Meteorolojik Veriler.....	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Kocaeli İli İnorganik Gaz Kirletici Konsantrasyonları.....	41
4.1.1.1. Kocaeli ili SO ₂ konsantrasyonları mevsimsel değişimi.....	45
4.1.1.2. Kocaeli ili NO ₂ konsantrasyonları mevsimsel değişimi.....	47
4.1.1.3. Kocaeli ili O ₃ konsantrasyonları mevsimsel değişimi.....	48

4.2. Kocaeli İli Kirlilik Dağılım Haritalarının Oluşturulması	49
4.2.1. SO ₂ dağılım haritaları.....	49
4.2.2. NO ₂ dağılım haritaları.....	51
4.2.3. O ₃ dağılım haritaları.....	53
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil2.1 Atmosferik azotdioksidin fotolitik çevrimi.....	17
Şekil3.1 Örnek alma noktaları.....	34
Şekil3.2 Örnekleme alanındaki örnekleycilerden bir görünüm.....	36
Şekil 3.3 Difüzyon örnekleycisi.....	37
Şekil 4.1 Yaz ve kış mevsimi SO ₂ konsantrasyonları.....	46
Şekil 4.2 Kocaeli kent merkezinde SO ₂ konsantrasyonlarının yıllık değişimi.....	47
Şekil 4.3 Yaz ve kış mevsimi NO ₂ konsantrasyonları.....	48
Şekil 4.4 Yaz ve kış mevsimi O ₃ konsantrasyonları.....	49
Şekil 4.5Yaz mevsimi örneklemede Kocaeli bölgesinde gözlenen SO ₂ dağılımı.....	50
Şekil 4 .6 Kış mevsimi örneklemede Kocaeli bölgesinde gözlenen SO ₂ dağılımı.....	51
Şekil 4 .7 Yaz mevsimi örneklemede Kocaeli bölgesinde gözlenen NO ₂ dağılımı.....	52
Şekil 4 .8 Kış mevsimi örneklemede Kocaeli bölgesinde gözlenen NO ₂ dağılımı.....	53
Şekil 4 .9 Yaz mevsimi örneklemede Kocaeli bölgesinde gözlenen O ₃ dağılımı.....	54
Şekil 4.10 Kış mevsimi örneklemede Kocaeli bölgesinde gözlenen O ₃ Dağılımı.....	54

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1 Temiz havanın bileşimi.....	6
Tablo 2.2 Türkiye’de bazı kirleticiler için hava kalitesi sınır değerleri.....	12
Tablo 2.3 Doğal ve antropojenik SO ₂ emisyon kaynakları	13
Tablo 2.4 Türkiye’de, ABD’de, AB’de geçerli sınır değerler ile WHO tarafından önerilen kükürtdioksit sınır değerleri (µg/m ³).....	15
Tablo 2.5 Türkiye’de, ABD’de, AB’de geçerli sınır değerler ile WHO tarafından önerilen azotdioksit sınır değerleri(µg/m ³)	17
Tablo 2.6 Türkiye’de, ABD’de, AB’de geçerli sınır değerler ile WHO tarafından önerilen ozon sınır değerleri (µg/m ³).....	20
Tablo 2.7 Mapinfo yazılımı tipik uygulamaları.....	29
Tablo 3.1 Meteorolojik veriler.....	40
Tablo 4.1 Yaz mevsimi NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ konsantrasyonları.....	42
Tablo 4.2 Kış mevsimi NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ konsantrasyonları.....	44

SİMGELER ve KISALTMALAR

µg: mikrogram
CO: Karbonmonoksit
Cl₂: Klorür
HC: Hidrokarbon
H₂S: Hidrojen sülfür
NO: Azot monoksit
NO₂: Azotdioksit
O₃: Ozon
PAN: Peroksiasetil nitrat
PM10: Aerodinamik çapı ≤ 10 µm olan partiküler maddeler
SO₂: Kükürtdioksit
TEA: Triethanolamine
DPE: 1.2-bis(4-pyridyl)ethylene

Kısaltmalar:

AOT40: Accumulated Exposure Over a Treshold of 40 ppb (40 ppb sınırı üzerinde birikmiş maruziyet)
BENELUX: Belçika, Hollanda, Lüksemburg Standartları
CBS: Coğrafi Bilgi Sistemi
CORINAIR: Co-ordinated Information on the Environment in the European Community - AIR
EPA: Environmental Protection Agency (Amerikan Çevre Koruma Ajansı)
EU: Avrupa Birliği
GLOBE: Global Land One-km Base Elevation Project
HKKY: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
HKDYY: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (İklim Değişimi üzerine Hükümetlerarası Panel)
KVS: Kısa Vadeli Sınır Değeri
ppb: Parts per billion (milyarda bir parça)
TOMS: Total Ozone Mapping Spectrometer
TUV: Tropospheric Ultraviolet and Visible Radiation Model (Troposferik Morötesi ve Görünür Radyasyon Modeli)
UAM: Urban Airshed Model (Kentsel Hava Kalitesi Modeli)
UV: Ultra violet (Mor ötesi)
UVS: Uzun Vadeli Sınır Değeri
VOC: Volatile Organic Compounds (Uçucu Organik Bileşikler)
WHO: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

KOCAELİ KENTİNDE HAVA KİRLİLİĞİNE NEDEN OLAN İNORGANİK GAZ KİRLİTİCİLERİN DÜZEYLERİNİN, DAĞILIMLARININ VE KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ

Ümmiye ÖZASLAN

Anahtar Kelimeler: Kocaeli, Hava kirliliği, İnorganik gaz kirleticiler, Kirlilik dağılım haritaları, pasif örnekleme

ÖZET: Bu çalışmada, Kocaeli kentinde endüstriyel, evsel ve taşıt kaynaklı kirleticilerden ortama yayılan kükürtdioksit (SO_2), azotdioksit (NO_2) ve ikincil kirletici olan ozon (O_3) düzeyleri belirlenmiştir. Pasif örnekleme tekniği kullanılarak 51 noktada toplanan örnekler, SO_2 için iyon kromatograf, O_3 için spektrofotometrik ve NO_2 için her iki yöntem kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışmada seçilen inorganik kirleticilerin mevsimsel değişimlerini belirlemek amacı ile yaz ve kış mevsimlerini temsil eden iki örnekleme periyodu seçilmiştir. Bölge genelinde NO_2 ve SO_2 için elde edilen konsantrasyon değerlerinin, her 2 mevsim için de Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği (HKKY)'de verilen Uzun Vadeli Sınır (UVS) değerlerin altında olduğu ancak taslak yönetmelik Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) dikkate alındığında her iki kirletici için de sınır değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir. Ozon için tespit edilen değerler tüm ölçüm noktalarında Avrupa Birliği tarafından verilen günlük ortalama sınır değer $120 \mu g/m^3$ 'ün altında olmakla birlikte, özellikle yaz mevsiminde kent merkezinden uzak bölgelerdeki ozon konsantrasyonlarının vejetasyonun korunması için verilen $65 \mu g/m^3$ 'lük sınır değeri birçok yerde aştığı gözlenmiştir.

Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılarak kirleticilerin dağılım haritaları oluşturulmuştur.

DETERMINATION OF THE LEVELS, DISTRIBUTIONS AND SOURCES OF INORGANIC GAS POLLUTANTS CAUSING AIR POLLUTION IN KOCAELI

Ümmiye ÖZASLAN

Keywords: Kocaeli, Air pollution, Inorganic gas pollutants, Pollutant distribution maps, Passive sampling

ABSTRACT : In this study, sulphur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂) and ozone (O₃) levels derive from industrial, domestic and traffic related pollutants were determined in Kocaeli. Samples collected from 51 points using passive sampling technique were analyzed with ion chromatography for SO₂; ultraviolet-visible (UV/VIS) spectrometry for O₃; and with both techniques for NO₂.

The samples were collected during the summer and winter months in an effort to investigate the seasonal variations of the selected inorganic pollutants in this study. NO₂ and SO₂ concentrations were smaller than the long-term (average) limit values (LTLV) given by Turkish Air Quality Control Act throughout the study area for the summer and winter seasons. NO₂ and SO₂ concentrations higher than the limit values given by Turkish Air Quality Assessment and Management Act throughout the study area. It is observed that O₃ concentrations of the rural areas far removed from industry and heavy traffic were generally exceeded the limit value (65 µg/m³) to protect vegetation from damage, especially during the summer period, although O₃ concentrations were smaller than the daily average limit value (120 µg/m³) given by European Union (EU).

The distribution maps of the pollutants were also produced based on Geographic Information System (GIS) technology.

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Önemi

Sanayi devrimi ile birlikte, hızla büyüyen ve gelişen şehirler, motorlu taşıt araçlarındaki artış ve buna karşılık plansız ve düzensiz yerleşimler sonucu giderek artan hava kirliliği pek çok yerleşim yerinde sağlık ve çevre sorunlarına yol açmıştır.

Kocaeli endüstrileşme ve buna paralel olarak nüfus yoğunluğu ve artışı bakımından Türkiye'nin önde gelen bölgelerinden biri konumundadır. Körfez çevresinde kurulu 300'den fazla büyük endüstriyel tesis ve özellikle kuzey kıyısı boyunca Türkiye'nin %30'dan daha fazla ihtiyacını karşılayan petrol rafinerisi ile dolmuş tesisleri, petrokimya, kimya, boya, pestisit, plastik gibi çok çeşitli endüstriyel tesis yer almaktadır. İzmit, İstanbul ve Anadolu kentlerini bağlayan ve çok sayıda endüstrinin faaliyet gösterdiği bir bölgede olduğu için araç trafiğinin oldukça yoğun olduğu iki büyük karayolu (D-100 ve TEM Otoyolu) da buradan geçmektedir.[1]

Evsel ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğine endüstriyel ve trafik kaynaklı kirliliğinde eklenmesi Kocaeli kentinde hava kirliliğinin izlenmesi ve sebep olabileceği olumsuz etkilerin araştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu doğrultuda Kocaeli'nde bugüne kadar sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar arasında, hava kalitesinin izlenmesi amacıyla ülkemizin birçok kentinde de yapılan günlük SO₂ ve duman ölçümleri 1987 yılından itibaren İl Sağlık Müdürlüğü tarafından sürdürülmektedir. Bu kirlleticilerin izlenmesi gerekli ancak yeterli değildir, zira yanmadan kaynaklanan SO₂ ve partiküler madde havadaki kirleticilerin sadece bir türüdür.

Kentlerde yanma kökenli kirleticilerin yanında en az aynı derecede önemli diğer bir kirleticiler grubu araçlardan atmosfere atılan kirleticilerdir. Araç emisyonları, hidrokarbonlar, NO, CO, Pb, Br gibi birincil ve bunların bir bölümünün atmosferde

girdikleri fotokimyasal tepkimeler sonucu oluşan, NO₂, aldehitler, ketonlar, O₃ gibi ikincil kirleticilerden oluşmaktadır. Araç kaynaklı kirleticilerden, benzen, PAN (peroksiasetilnitrat), O₃ gibi bazıları gerek insan sağlığı ve gerekse ekosistem bileşenlerine verdikleri zararlar açısından tehlikeli kirleticilerdir. Ancak bu kirleticiler, yanma kökenli partiküler madde gibi gözle görünür özellikler içermediğinden, ülkemizde önemli bir hava kirliliği sorunu olarak algılanmamaktadır. Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi tarafından Ankara'da yapılan O₃ ölçümlerinde bu ikincil kirletici düzeylerinin mevcut standartların çok üzerinde olduğunun görülmesi, ölçülmediği için yok sayılan araç kaynaklı kirliliğin gerçekte kentlerimizde çok ciddi boyutlarda olduğunu göstermektedir. Ayrıca rafineri çevrelerinde troposferik ozon ve uçucu organik bileşik gibi kirleticilerin düzeylerinin yüksek olacağı bilinmesine rağmen bugüne kadar rafineri tesisinin bulunduğu Kocaeli'de bu tür ölçümler yapılmamıştır. Kocaeli kentinde yerleşim yerleri ile sanayi tesislerinin iç içe yer almaktadır. Bu durum bölgede yaşayan halkın kirleticilere maruz kalma riskini önemli derecede artırmaktadır.

Kocaeli'de özellikle 1996 yılından sonra endüstrilerde ve yerleşim alanlarında yavaş yavaş doğal gaz kullanılmaya başlanmış ve günümüzde bu kullanım oldukça yaygınlaşmıştır. Doğal gaz yanmasından kaynaklanan en belirgin kirleticiler ise NO_x'lerdir. Kocaeli Merkez ilçede emisyon faktörleri kullanılarak NO_x, SO₂, CO ve partikül maddelerin değerlendirildiği bir çalışmada, bu kirleticiler arasında en önemli payın yıllık 14631 tonluk emisyonla NO_x'lere ait olduğu bulunmuş ve NO_x emisyonunun %73'ünün endüstrilerden, %21'inin trafikten ve %6'sının da evsel ısınmadan kaynaklandığı hesaplanmıştır. Önemli konvansiyonel kirleticilerden SO₂'in %76'sının konutlardan kaynaklandığı tahmin edilmiştir.[2]

Yerleşim ve endüstri bölgelerinde toplum ve ekosistem üzerinde önemli etkileri olan kirleticilerin izlenmesi ve olası tehlikelere karşı önlemlerin alınması halk sağlığı ve ekolojik dengenin sağlanması için bir zorunluluktur. Ancak bütün parametreleri ölçen çok sayıda istasyon kurulmasının ekonomik yükü oldukça yüksektir. Son yıllarda bu çıkmazı aşmak amacıyla pasif örnekleme teknikleri kullanılmaktadır. Pasif örnekleme cihazları ucuz olduğundan, bu tür örnekleme pek çok yerde

yapmak mümkün olabilmektedir. Pasif örnekleme yöntemi kirletici düzeylerinin bölgesel bazda belirlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bugün için NO₂, O₃, SO₂ ve uçucu organik bileşikler pasif örnekleme yöntemleriyle ölçülebilmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Kocaeli İli endüstriyel açıdan gelişmiş ve halen gelişmekte olan bir ildir. Hava kirliliğinin çözüme ulaşması için yapılacak planlamalarda, hava kirliliğinin boyutlarının bilinmesine ve kentsel hava kalitesini AB standartlarına uyumlu hale getirebilmek için yapılması gereken çalışmaların bilimsel bazda ortaya çıkartılmasına ihtiyaç vardır. Bir bölgedeki kirliliğin muhtemel kaynaklara göre kontrolü için öncelikli olarak tüm kenti kapsayacak bir kirlilik tespit çalışması yapılmalıdır. Bu amaçla çalışmada endüstriyel, evsel ve taşıt kaynaklı yaygın kirleticilerden SO₂, NO₂ ve O₃ miktarlarının Kocaeli ilindeki konsantrasyonlarının mekansal dağılımının belirlenmesi ve kirlilik bölgelerinin izlenmesinde kolaylık sağlayan dağılım haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bir harita üzerinde hava kirleticilerin konsantrasyonlarının relatif büyüklükleri gösterildiğinde kirleticilerin lokal dağılımları açıkça görülebilmektedir. Bu şekilde kirletici düzeylerini etkileyen etmenlerin belirlenmesi ve kirletici kaynaklar ile kirleticilerden etkilenen alıcı ortam arasındaki ilişkiler daha kolay bir şekilde ortaya çıkarılabilecektir.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Bu tez kapsamında pasif örnekleme metodu kullanılarak Kocaeli kenti genelinde belirlenen 51 noktada NO₂, O₃ ve SO₂ ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda seçilen kirleticilerin konsantrasyonları belirlenmiş ve bu kirleticilerin kentteki dağılımını gösteren kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Kirleticilerin konsantrasyonları ulusal ve uluslararası çevre havası sınır değerleri ile karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde konunun önemi ve amacı ortaya konduktan sonra ikinci bölümde çalışmaya esas teşkil eden hava kirliliği ve

kentsel hava kirleticilerinin genel özellikleri sunulmuştur. Ayrıca çalışma için seçilen kirleticilerin bölgedeki dağılımlarını belirlemek ve kirlilik haritalarını oluşturmak için kullanılan coğrafi bilgi sistemlerinin genel özellikleri de bu bölümde verilmiştir.

Çalışma alanı, çalışmada kullanılan örneklerin toplanması, hazırlanması, analiz yöntemleri ve dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılan yazılım programı ile ilgili bilgiler üçüncü bölüm içerisinde yer almaktadır. Çalışmanın dördüncü bölümünde Kocaeli'nde 51 noktada pasif örnekleme tekniği kullanılarak toplanan örneklerin analiz sonuçları, yaz ve kış konsantrasyonları ve MapInfo yazılımı kullanılarak oluşturulan kirlilik dağılım haritaları sunulmuştur. Beşinci ve son bölümde ise çalışmanın sonuçları ve öneriler anlatılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Hava Kirliliği

Endüstrileşmiş uluslarda kent merkezlerinde yaşayan sosyal toplumlar modern yaşamın konfor ve rahatlığının yanı sıra sağlıklı bir yaşam alanı da isterler. Bu toplumsal talepler motorlu araç yoğunluğunu ve kent merkezlerine yakın endüstrileşmeyi beraberinde getirir ve bu da insan ve çevre sağlığı için tehlike teşkil eder. Tüm bunlar ışığında hava kirliliği modern hayata eşlik eden kaçınılmaz bir durum olarak ortaya çıkar ve şu şekilde tanımlanabilir:

İnsan, hayvan ve toprak yaşamına zarar verme eğilimi taşıyan (niceliği ve bulunma süresine bağlı olarak) yaşam koşullarını ve çalışma şartlarını olumsuz yönde etkileyen atmosfer ortamında bulunan bir ya da birkaç kirleticisi yada bunların kombinasyonlarıyla oluşan kirliliktir .[3]

Hava kirliliği, zararlı etki verecek miktarda olan istenmeyen maddelerin hava içerisinde bulunmasıdır. İstenmeyen maddeler insan sağlığına, bitkilere ve hayvanlara, eşyalara veya global çevreye zarar verebilmekte, ayrıca çevrede estetik olmayan görüntülere ve istenmeyen kokulara da sebebiyet verebilmektedir. Hava kirlenmesinde kirleticilere maruz kalma süresi oldukça büyük önem taşımaktadır. Bazı kirleticilere düşük derişimler de çok uzun sürede maruz kalınma ile olumsuz etki oluşurken, diğer bazı kirleticilerin düşük derişimleri uzun sürede insanlarda ölümcül etkilere, diğer canlı ve eşyalara ise tahribata neden olmaktadır. [4]

Bu istenmeyen maddelerin çoğu atmosfere insanların kontrolü altındaki kaynaklardan yayılmaktadır. Bununla birlikte, dünyada insanların en çok yaşadıkları yerler özellikle endüstrileşmiş şehirlerdir. Bu kirleticilerin en önemli kaynağı, insan aktiviteleridir. Bu aktiviteler çoğunlukla insanların yaşam standartlarıyla yakından ilişkilidir. Bu aktivitelerin ortadan kaldırılması, yaşam standartlarında önemli düşüşlere neden

olabilir. Bu nedenle, bir çok endüstrileşmiş şehirde, bu aktivitelerin devamı ve hava kirletici emisyonlarının kontrolü için çözümler aranmaktadır .[5]

Temiz Hava Stratejik Topluluğu (Clean Air Strategic Alliance-CASA) gibi topluluklar; “Hava, kokusuz, tatsız, temiz görünen ve uzun ya da kısa dönemde insan, hayvan ve çevre sağlığına zararsız olmalıdır” vizyonunu takip ederek, modern yaşamlar için kaçınılmaz hale gelen hava kirliliğine rağmen daha temiz bir atmosfer için çabalamaktadır. [3]

Temiz havanın çok açık bir tanımı olmadığı için hava kirlenmesi üzerinde kantitatif olarak tartışmak oldukça zordur. Pek çok araştırmacı temiz havanın bileşimini Tablo 2.1’de verildiği gibi kabul etmektedir. Bu tabloda bulunmayan herhangi bir maddenin atmosferde bulunmasını kirletici olarak isimlendirmek gerekir. Bununla birlikte, böyle ideal bir hava hiçbir yerde bulunamaz. Bu nedenle yukarıdaki tanımlamada olduğu gibi bu kirleticilerin havada bulunması değil, istenmeyen etkilere neden olabilecek konsantrasyonlarda bulunması hava kirliliği olarak tanımlanmalıdır. [6]

Tablo 2.1: Temiz Havanın Bileşimi [6]

Bileşen	Konsantrasyon,ppm
Azot	780900
Oksijen	209400
Argon	9300
Karbondioksit	315
Neon	18
Helyum	5,2
Metan	1,0-1,2
Kripton	1,0
Azot oksidal	0,5
Hidrojen	0,5
Ksenon	0,08
Azotdioksit	0,08
Ozon	0,01-0,04

Yaşamın gereği aktiviteler için bir ortam olarak hizmet veren yerküre ve üzerindeki atmosferin kompozisyonu, iki milyar yıldan bu yana değişikliğe uğramış ve halen de uğramaktadır. Diğer bir deyişle yerkürenin gaz fazının bileşiminde, insanoğlunun

çevresi ile ilişkileri ve yaşayan canlı organizma ile atmosferin etkileşimi sonucunda değişiklikler meydana gelmiştir ve hava kirlenmesi kavramını da beraberinde ortaya çıkarmıştır. Değişik çağlarda yanardağ patlamaları ile başlayan doğal kirlenme daha sonra insan aktiviteleri ile büyük boyutlara ulaşmıştır.

Atmosferin bileşimindeki değişikliklerin 20. yüzyılın başlarından itibaren görülmeye başladığı bilinmektedir. Özellikle 1940'lı yıllardan sonra endüstri ve teknolojiye başlayan ilerlemeler kirlenme olaylarını beraberinde getirmiş ve bununla beraber yanma olayından kaynaklanan hava kirliliğinin ilk ortaya çıkışı 13. yüzyılda İngiltere de olmuştur. Kral I.Edward, 1301 yılı kışında Londra'da aşırı bir şekilde duman ve kokuya sebep olduğu gerekçesi ile ısınma için kömür yakılmasını yasaklamak zorunda kalmıştır. 1930 yılında Belçika'nın Meuse Vadisi'nde meydana gelen trajik ölümler, 1948 yılında A.B.D Pennsylvania eyaleti Donora şehrinde yaşanan hava kirliliği sebebiyle olan ölümler bu konuda yaşanan en ilginç tarihsel olaylardır. 1948 yılında A.B.D Pennsylvania eyaletinde bir nehir vadisinde bulunan Donora şehrinde 5 gün süre ile yaşanan durgun antisiklonik basıncın yeryüzü üzerinde sebep olduğu şiddetli terselme, bu nehir üzerinde bulunan sülfürik asit, çinko, çelik tel fabrikasından çıkan kükürdioksit (SO₂) ve partikül madde (PM) emisyonlarını hapsederek 14 saat süre içerisinde 17 kişinin ölümüne sebep olmuştur. 1952 yılında Londra'da meydana gelen smog olayının sonrasında ise SO₂ konsantrasyonunun 1430 µg/m³'e, ulaştığı görülmüştür. Bu şekilde ölümlere sebebiyet veren hava kirliliği olaylarının ard arda yaşanması ülkeleri bu konuda yasal önlemler almaya zorlamıştır. [7]

Hava kirliliğine birçok gaz, bileşik ve partiküller neden olurlar ve bunların konsantrasyonları ve atmosferde bulunuş süreleri önemlidir. Hava kirliliğinin kaynakları insan kaynaklı ve doğal olarak 2 sınıfa ayrılabilir. Doğal kaynaklar; polenler, rüzgar etkisiyle oluşan tozlar, volkanik hareketler ve orman yangınları olarak sayılabilir. İnsan etkisiyle oluşan kirlilikler, endüstriyel, trafik, yanma kaynaklı olarak sınıflandırılabilir.[8]

2.2. Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliğine yol açan kaynaklar temel özellikleri göz önüne alındığında iki ana grupta incelenmektedir. Bunlar; doğal hava kirliliği kaynakları ve antropojenik (yapay) hava kirliliği kaynaklarıdır. Bu iki temel kaynak türü içerisinde insan yapımı olan antropojenik kaynaklar en etkin olanıdır.[4]

Hava kirleticilerin havaya atıldığı yere veya faaliyete kirletici kaynak adı verilir. Kirlilik kaynağı; orman yangını, volkan püskürmesi vb. doğal kaynaklar veya evsel ısınma aracı, sanayi kuruluşu, taşıt gibi yapay kaynaklar şeklinde olabilir. Hava kirleticiler atmosfere ulaşır, önceleri bir duman huzmesi ya da bulutu halinde taşınırken, bir taraftan da seyrelerek, çökelerek veya atmosferde reaksiyona uğrayarak,uzaklaşarak kaybolurlar. Bu mekanizmalar kaynağın kirleticileri üretme fonksiyonuna zıt bir tüketim alanı oluşturdukları için kaynak veya rezervuar (sink) olarak tanımlanırlar. Rezervuar olarak toprak, yeşil bitki örtüsü, yüzeysel sular atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonlar, yağışla yıkanarak veya kuru kuruya çökelerek toprağa inme (depozisyon) sayılabilir. Bir kirletici maddenin kaynaktan yayıldığı andan havada yok oluncaya kadar geçen sürenin en iyi ölçüsü kirleticinin yarılanma ömrüdür. Bir kirleticinin atmosferdeki yarılanma ömrü, ilk yayıldığı andaki miktarının yarıya düşmesine kadar geçen zamandır.

En sık rastlanan hava kirleticilerin saat veya gün mertebesinde yarılanma ömrüne sahip oldukları bilinmektedir. Bu da bize bu maddelerin atmosferde oldukça hızlı ve etkin uzaklaştırma mekanizmalarına sahip olduklarının göstermektedir. Bu nedenle global ölçekte düşünülürse SO₂, hidrokarbonlar, tozluluk vb. kirleticilerin ortalama konsantrasyonlarında dikkate değer bir artışa rastlanmamaktadır. Buna karşılık atmosferdeki karbon dioksit gazının atmosferdeki derişimi, yıldan yıla artan miktarlarda kömür ve petrol gibi fosil yakıtların yakılması dolayısıyla artan miktarda üretilmesi ve bunların yanı sıra yeşil bitki örtüsünün azalması yüzünden hızla artmaktadır. Bu tahribat, ekvator bölgelerindeki "yağmur ormanlarının tarım alanı açma, yol geçirme vb bahanelerle yok edilmesi ve okyanus yüzeyindeki plankton faaliyetlerini engelleyen petrol saçılması gibi nedenlerle giderek önemini arttırmaktadır. CO₂in yanı sıra metan, kloroflorokarbonlar (örneğin Freon), N₂O gibi

insan eliyle atmosferdeki varlığı artan bazı moleküller de güneş radyasyonunu yutarak ısıtma etkisi yaratma özellikleri vardır. Sonuçta atmosferde sera gazı etkisi adı verilen bir mekanizma ortaya çıkarak; küresel ölçekli ısınma, buzulların erimesi, deniz seviyesinde yükselmeler, iklimsel değişiklikler yaratabilecek bir güce ulaştığı belirlenmiştir.[9]

2.3. Hava Kirleticileri

Hava kirleticileri, havanın doğal bileşimini değiştiren gaz, sıvı veya katı halde olabilen kimyasal maddelerdir. Gaz hali dışındaki kirleticiler havada aerosol halinde olup, bazıları sis, mist, duman gibi özel adlarla adlandırılırlar.

Hava kirleticileri çeşitli özellikleri göz önüne alınarak sınıflandırılır. Fiziksel durumuna göre gaz ve partikül madde şeklinde sınıflandırma yapılır. Diğer bir sınıflandırma ise kimyasal yapıya bağlı olarak yapılır. Buna göre kirleticiler; organik ve inorganik kirleticiler olarak ayrılırlar. Organik kirleticilerin de kendi içlerinde çok sayıda sınıfa ayrılması söz konusudur. Genel bir sıralama ile havayı kirleten maddeleri;

- Partiküller (tozlar)
- Kükürtlü maddeler
- Azotlu maddeler
- Karbon monoksit
- Halojenler
- Organik maddeler
- Radyoaktif maddeler

Şeklinde sınıflandırılabilir. [10]

Yukarıda adları sayılan kirletici maddelerin bazıları doğrudan doğruya kirletici kaynaktan atıldıkları şekilde hava içinde bulunurlar. “Birincil” kirlenmeyi oluşturan bu kirleticiler “birincil kirleticiler” olarak adlandırılır [10]. İkincil kirleticiler ise atmosfere atmosferde bulunan birincil kirleticiler ile atmosferik özellikler arasındaki fiziksel ve kimyasal girişimler sonucunda meydana gelmektedir.

Birincil kirleticiler içerisinde SO₂, azotmonoksit (NO), karbonmonoksit (CO), hidrojen sülfür (H₂S) ve ardışık olarak da kükürttrioksit (SO₃), NO₂, CO₂, hidrojen florür (HF), amonyak (NH₃) ve klorür (Cl₂) yer almaktadır. Organik gazlar ise genel şekli ile HC'lar ve aldehitlerden oluşmaktadır. HC reaktivite derecesine çeşitli gruplar içerisinde de sınıflandırılmaktadır. Bunlar içerisinde aromatik ve alifatik olmak üzere iki grup kirletici yer almaktadır. Bunlar aromatik HC'lar reaktif olmayıp kanserojen özelliğine sahiptirler. Bunlara en iyi örnek peroksiasetil nitrat (PAN) gösterilebilir. PAN klasik olarak peroksi karbonil şeklinde oksitlenmiş HC'ların NO₂ ile reaksiyonundan meydana gelmektedir. Alifatik HC'lar içerisinde alkanlar doymuş HC'lar iken alken ve alkinler ise doymamış HC'lardır. PM ise genel olarak katı ve sıvı şeklinde bulunmaktadır.[4]

2.3.1. Kirletici parametreler ve etkileri

Hava kirliliğinin en önemli etkisi insan sağlığı üzerinde görülmektedir. Bu etkiler ve sonucunda çıkan hastalıklar ile tedavi ve korunma önlemleri tıp biliminde incelenmektedir. Hava kirliliğine neden olan zehirli gazların ilk etkisi insan vücudunun dış kısımları arasında görülmektedir. Göz, saç ve deri üzerindeki olumsuz etkileri buna örnek gösterilebilir. Hava kirliliğinin yoğun olduğu yörelerde sisli, rutubetli havada ve hafif yağışlar sırasında havadaki gazların aside dönüşmesi sonucu saçlar ve deri üzerinde çeşitli etkiler görülmektedir. Kirliliğinin ikinci ve en önemli etkisi vücudun iç kısımlarında ortaya çıkmaktadır. Solunum yoluyla kirli hava ağız, boğaz, nefes borusu ve akciğerlere ulaşmakta ve oradan kana karışarak vücudun çeşitli organlarına girmektedir. Solunum yetersizliği, astım, bronşit, halsizlik, iştahsızlık, kanser, anemi türü rahatsızlıkların nedenleri arasında hava kirliliği önemli bir etken olarak görülmektedir.

Hava kirliliği insanlar üzerinde olduğu gibi hayvanlar üzerinde de çeşitli olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Hayvanların hava kirliliğinden etkilenmesi solunum yoluyla ve beslenme sırasında aldıkları kirletici maddelerden kaynaklanmaktadır. Gıdalar yoluyla alınan kirleticilerin etkisi havadan solunum yoluyla alındıktan daha önemlidir. Kirleticilerden etkilenen yörelerde yetiştirilen yem bitkileri, kirletici

kimyasal maddeleri emilme yoluyla etkilemekte, bitki dokusunda biriken kirleticiler beslenme sırasında hayvanların vücuduna girmektedir. Et, süt ve yumurtasından yararlandığımız hayvanların kirlenmeden etkilenmesi onların ürünlerini yiyerek beslenen insanları dolaylı olarak etkilemektedir. Arsenik, kurşun, kadmiyum, molibden gibi ağır metaller bu yolla önce bitkiler üzerinde birikmekte , oradan da hayvan ve insan vücuduna ulaşmaktadır.

Hava kirliliğın genel olarak bitkilerin yapraklarına zarar verildiğı çeşitli çalışmalar tarafından ortaya koyulmuştur. Nemli havada yaprağın yapısındaki gözenekler açılarak CO₂ girişine ve su buharı çıkışına ortam yaratılmaktadır. Bu mekanizmanın çalışması sırasında SO₂ ve O₃ gibi gaz kirleticiler stomalardan yaprak dokusuna geçmektedir. Bitki dokusu içerisine giren bu gazlar suda çözülmüş halde bitki hücrelerine nüfuz etmektedir.

Kirletici gazların bitki dokusuna girmesi ve etkili bir konsantrasyonda ulaşması sonucunda ilk görülen belirtiler solma ,sararma, gelişim duraksamasıdır. Bunların devam etmesi durumunda bitkinin ölümü görülmektedir. Fotosentez olayını gerçekleştirerek bitkinin beslenme ve gelişimini sağlayan yaprakların ölümü ve bu sayının artması sonucu bitki gelişimi durmaktadır.

Günlük yaşamda pek fark edilmese de hava kirliliğinin kullandığımız eşyalar, giysiler ve özellikle tarihi yapılar üzerinde etkileri bulunmaktadır. Kirletici gaz ve tozlar havanın nemi ile birleşerek ortamda asidik etkiler yaratmaktadır. Kumaş , metal ve ahşap eşyalar üzerinde etkili olmaktadır. Binaların dış cephelerinin kararmasına ve aşınmasına nede olmaktadır . Hava kirliliğinin yoğun olduğu kentlerde kararan ve aşınan bina cephelerinin onarılması ve yeniden değiştirilmesi zorunluluğu doğmaktadır.[9] 2 Kasım1986 tarihinde 19269 sayı ile Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren “Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği’nde, çeşitli hava kirleticiler için uzun vadeli sınır (UVS) değerleri ve kısa vadeli sınır (KVS) değerleri Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2: Türkiye’de bazı kirleticiler için hava kalitesi sınır değerleri [12]

	Hava Kirleticileri	Birim	UVS*	KVS**
1	Kükürt Dioksit (SO ₂)(SO ₃) dahil			
	a.Genel	µg/m ³	150	400(900)
	b.Endüstri Bölgeleri	µg/m ³	250	400(900)
2	Karbon Monoksit (CO)	µg/m ³	10000	30000
3	Azot Dioksit (NO ₂)	µg/m ³	100	300
4	Azot Monoksit (NO)	µg/m ³	200	600
5	Klor (Cl ₂)	µg/m ³	100	300
6	Klorlu Hidrojen (HCl) ve gaz halinde klorürler (Cl)	µg/m ³		300
7	Florlu Hidrojen (HF) ve gaz halinde florürler (F)	µg/m ³		10(30)
8	Ozon (O ₃) ve fotokimyasal oksitleyiciler	µg/m ³		(240)
9	Hidrokarbonlar (HC)	µg/m ³		140(280)
10	Hidrojen sülfür (H ₂ S)	µg/m ³		40(100)
11	Havada asılı partiküler maddeler (PM) (10 µg ve daha küçük partiküller)			
	a.Genel	µg/m ³	150	300
	b.Endüstri Bölgeleri	µg/m ³	200	400
12	PM içinde kurşun (Pb) ve bileşikleri	µg/m ³	2	
13	PM içinde kadmiyum (Cd) ve bileşikleri	µg/m ³	0.04	
14	Çökelen Tozlar			
	a.Genel	µg/m ³	350	650
	b.Endüstri Bölgeleri	µg/m ³	450	800
15	Çökelen Tozlarda Pb ve bileşikleri	µg/m ² /gün	500	
16	Çökelen Tozlarda Cd ve bileşikleri	µg/m ² /gün	7.5	
17	Çökelen Tozlarda Tl ve bileşikleri	µg/m ² /gün	10	

2.4. Kükürtdioksit

Hava kirletici emisyonların en yaygın olanı SO₂ dir. Kükürtoksitler (SO_x), SO₂ ve SO₃ gazlarını içermektedir. Atmosferde daha çok SO₂ gazına rastlanmaktadır. Yapılan araştırmalara göre atmosfere her yıl yaklaşık 350 milyon ton SO_x karışmaktadır. Bunlar doğal ya da antropojenik (yapay) kaynaklardan atmosferin bileşimine katılmaktadırlar.

Kükürtdioksitin başlıca kaynakları yanardağlar, kükürt suları, kükürt gazı çıkaran yer altı kaynakları, kömür ve fuel-oil, çürümekte olan organik maddeler, insanların çeşitli faaliyetleri gibi sıralanmaktadır.[9] Doğal ve antropojenik SO₂ emisyonları Tablo 2.3’de gösterilmektedir.

Tablo 2.3: Doğal ve antropojenik SO₂ emisyon kaynakları [11]

Kaynak	Global Emisyon (Mt S yıl ⁻¹)
Doğal Kaynaklar	
Dimetil sülfid (DMS)	16
Toprak ve Bitkiler	2
Volkanlar	8
Tolam Doğal Kaynaklar	26
Antropojenik Kaynaklar	
Biyokütle Yakılması	3
Fosil Yakıtların Yakılması	70
Toplam Antropojenik Kaynakalar	73
GENEL TOPLAM	99

Kükürt içeren yakıtların yakılması sonucu büyük miktarda SO₂ az miktarda SO₃ meydana gelmektedir.



Doğal kükürt emisyonlarının en büyük kaynağı deniz planktonları tarafından üretilen Dimetil sülfid (DMS) oluşturmaktadır. Dimetil sülfidin atmosferde oksitlenmesiyle de atmosfere doğal kökenli SO₂ salınmış olmaktadır. Toprak ve bitkilerdeki çürüme sonucu H₂S, volkanlardan ise SO₂ doğal kaynak olarak atmosfere salınmaktadır.[13]

SO₂ emisyonunun en büyük kaynağı sabit kaynaklarda yakıt yanması olarak bilinmektedir. Bunun en önemli kısmı da termik santrallerden kaynaklanmaktadır. ABD’de termik santrallerden çıkan SO₂ emisyonunun miktarı 16.8 milyon ton/ yıl olarak hesaplanmış, buda diğer tüm kaynaklardan çıkan SO₂’nin %50’sini oluşturmaktadır. [10]

2.4.1. Kükürtdioksit etkileri

Havadaki SO_x ler içerisinde en önemli pay kükürtdioksit gazına aittir. Kükürtdioksit gazı hava kirleticilerinin başında gelmektedir Kükürtdioksit renksiz bir gaz olup, havadaki 0,3-1 ppm seviyelerde ağızda karakteristik bir tat bırakmakta,3 ppm'in üstünde ise boğucu bir hisse yol açmaktadır.[11]

Zararlı tesiri insanlar, hayvanlar, bitkiler ve hattâ madeni eşya üzerinde bile görülür. Kükürdü yüksek yakıt maddeleri kullanan şehirlerin havasında SO₂ miktarı artar. SO₂ gazının insanların mâruz kalmasına müsaade edilen dozu, bir saat maruz kalmada milyonda 1 dir (hacim olarak). Sekiz saat maruz kalmada ise, milyonda 0.3 tür.

Bitkiler için, milyonda 0.3 kısımdan fazlası zararlıdır. SO₂ gazının milyonda 10 kısım bulunması ve sekiz saat mâruz kalınması zehirleyici doz olarak tesbit edilmiştir. SO₂ nin güneş ışınları tesiriyle veya oksitleyici diğer tesirlerle SO₃ haline geçmesi ve su içerisinde kolaylıkla çözülmesi ile asit sülfürik teşekkül eder. Bu sebeple, SO₂ nin rutubetli ve yağmurlu havalardaki tesiri bir misli fazla olmaktadır. SO₂ nin insanlar ve hayvanlar üzerindeki etkisi bilhassa solunum sistemindedir. Öksürtücü ve boğazı tahriş edici bir gazdır.

Bitkiler üzerindeki tesiri hem SO₂ gazı olarak, hem de yağmur sularında erimesiyle teşekkül eden asilli suyun toprağa geçmesiyle olur. Havaya kükürtlü gazlar veren fabrikaların civarındaki ağaçlar ve bitkiler kısa zamanda kurur ve fabrika sahasını çorak bir hale getirir.

SO₂ nin madeni eşya üzerinde, fabrika bacalarında, çinko damlarda özellikle nemli havalardaki aşındırıcı ve paslandırıcı tahribatı büyüktür. Kükürt miktarı yüksek olan yakıtların kullanılması ile havaya çok fazla SO₂ verilmesi durumu Dünya Sağlık Teşkilatında da incelenmiş ve şehirlerde kullanılan yakıtların kükürt miktarının % 2 den fazla olmaması esası kabul edilmiştir. [14]

Tablo 2.4 de Farklı ülkeler ve dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından önerilen kükürtdioksit sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 2.4: Türkiye’de, ABD’de, AB’de geçerli sınır değerler ile WHO tarafından önerilen kükürtdioksit sınır değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [15]

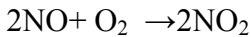
Sınır Değeri Veren Kuruluş	Günlük Ortalama Sınır Değer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Aşılmaması İstenen Gün Sayısı	Sınır Değerin Aşıldığı Gün Sayısı	Yıllık Ortalama Sınır Değer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
WHO	125	-	-	50
EPA	365	-	-	80
EU	125	3	-	20
BENELUX	400	-	-	-
HKYY	400	-	-	150

2.5. Azotdioksit

Atmosferin bileşiminde doğal olarak ve %79 oranında bulunan azot (N) canlı yaşamı için herhangi bir zararı olmadığı gibi ekosistemde bitkiler için önemli bir kaynaktır. Azotdioksit (NO_2), kırmızımsı kahverengi renklidir. Azotmonoksit (NO) atmosferde oksijen ile birleştiğinde yüksek oranda reaktif gaz formunda NO_2 oluşur. Bir kere oluştuğundan sonra NO_2 , uçucu organik bileşikler gibi diğer kirleticilerle reaksiyona girer. Bu reaksiyonlar sonucunda, yer seviyesinde ozon oluşmasına neden olur. Ana kaynaklar, motorlu taşıt araçları ve termik santrallerdir.[7] Yoğun trafiğe sahip yol kenarlarında ölçülen azot oksit konsantrasyonları yüksek çıkmaktadır.[16]

2.5.1 Atmosferik reaksiyonları

Azotoksitlerden özellikle NO_2 aşağı atmosferde fotokimyasal reaksiyonların başlatılması ve oluşumunda önemli rol oynar. Çeşitli kirletici kaynaklardan, özellikle motorlu taşıtlardan atmosfere verilen NO,



(2.3) reaksiyonunu verir. Reaksiyon NO konsantrasyonu düşük iken çok yavaştır. Bu yüzden NO fotokimyasal reaksiyon vermez. NO_2 ise 420 nm ve çok daha yüksek miktarda 380 nm altında



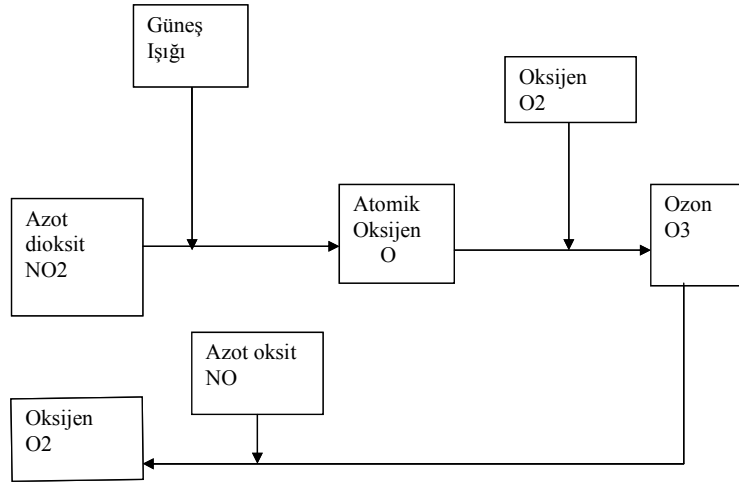
fotoliz reaksiyonu verir. Oluşan atomik oksijen moleküler oksijen ile



reaksiyonu ile ozon meydana getirir. Bu reaksiyon aşağı atmosferde ozon oluşturan en önemli reaksiyondur. Ozon ise NO ile



NO₂ miktarını arttırır. Buna göre ozon konsantrasyonunun atmosferde hızla artmadığı, bir dengenin olduğu görülmektedir. Reaksiyonlar şematik olarak Şekil 2.1'de gösterilmiştir.[17]



Şekil 2.1: Atmosferik azotdioksitin fotolitik çevrimi [17]

2.5.2 Azotdioksit Etkileri

Azot dioksitin sağlık üzerine etkileri; çeşitli kesimlerdeki bireylere değişik konsantrasyonlar uygulanması ile tesbit edilmiştir. 3000-9400 µg/m³ konsantrasyonlarına 10-15 dakika süre ile maruziyet sonucunda; normal ve bronşitli kişilerde akciğer fonksiyon değişimleri gözlenmiştir. Azot dioksit maruziyeti sonucunda oluşan şikayetler; normal ve sağlıklı kişilerde 1880 µg/m³ konsantrasyonundan itibaren başlarken, astımlı kişilerde aynı şikayetler 940 µg/m³ konsantrasyon seviyesinden itibaren başlamaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nin

çeşitli eyaletlerinde yapılan bir çalışmada; yemek pişirme amacıyla gaz kullanılan evlerdeki 6-10 yaş grubu arasındaki çocukların bronşiyal hastalıklara yakalanma şanslarının fazla olduğu tesbit edilmiştir. Azot dioksitin bulunduğu ortamlarda diğer kirleticilerin ve özellikle ozonun bulunması durumunda, bu kirleticiler arasında oluşan reaksiyonlar nedeniyle insan sağlığında olumsuz etkileşimlerin arttığı belirlenmiştir.

Bir haftadan bir aya kadar olan sürede $1880 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den az konsantrasyona maruziyette; bronşiyel ve pulmoner bölgelerdeki hücrelerde anormal değişiklikler, $940 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyona maruziyette ise akciğerlerin bakteriyel enfeksiyonlara karşı hassasiyetinin artması ve biyokimyasal değişimler gözlenmektedir. Borusuz sobaların kullanıldığı iç ortamda saatlik ortalama değer $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve saatlik maksimum değer $2000-4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında olduğu tesbit edilmiştir.[12] Tablo 2.5 de azotdioksit sınır değerleri verilmiştir.

Tablo2.5: Türkiye’de, ABD’de, AB’de geçerli sınır değerler ile WHO tarafından önerilen azotdioksit sınır değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [15]

Sınır Değeri Veren Kuruluş	Saatlik Ortalama Sınır Değer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Günlük Ortalama Sınır Değer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Aşılmaması İstenen Saat Sayısı	Sınır Değerin Aşıldığı Gün/Saat Sayısı	Yıllık Ortalama Sınır Değer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
WHO	200	-	-	-	40
EPA		-	-	-	100
EU	200	-	18	-	40
BENELUX	-	150	-	-	-
HKKY	-	300	-	-	100

2.6. Ozon

Ozon dünya atmosferinde eser miktarlarda doğal olarak oluşan reaktif bir gazdır. Stratosfer tabakasında bulunan ozon dünyayı güneşten gelen zararlı radyasyondan korur. Yer seviyesindeki ozon ise (troposferik ozon) kirletici kaynaklardan atmosfere atılan bir kirletici olmayıp, atmosferde uçucu organik bileşikler ve azotoksitler gibi çeşitli kirleticilerin fotokimyasal reaksiyonları sonucunda oluşur. Ozon ikincil bir

kirletici olduğundan, troposferdeki konsantrasyonları hava kirliliğine etki eden diğer faktörler ve meteorolojik etkenlerle doğrudan ilişkilidir. [18]

2.6.1. Ozon atmosferik reaksiyonları

Ozon normal şartlar altında renksizdir ve özellikle yüksek konsantrasyonlarda stabil değildir. Ozonun atmosferik davranışı, havadaki kirleticilerle fotokimyasal reaksiyonuna dayanmaktadır. Güneş ışığında azot monoksit azot dioksite dönüşür. Daha sonra oksijen güneş ışığını absorblar ve oksijen molekülü parçalanarak yüksek enerjili oksijen atomu meydana gelir. Bu yüksek enerjili atomlar havadaki oksijenle birleşerek ozonu meydana getirir. [19] Ozonun atmosferik yarılanma ömrü yaz mevsiminde 1-2 hafta, kış mevsiminde ise 1-2 ay sürmektedir. [20] Ozon ve fotokimyasal tepkimeler ile oluşan diğer ikincil kirleticilerin çok karmaşık bir yapıda olduğu dikate alınarak, ozonun NO_x ve uçucu organik bileşiklerle olan ilişkisi çok basit olarak aşağıda özetlenmiştir.

NO_x ve O₃ oluşumu arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde gerçekleşir:



Burada $h\nu$, reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli ve güneş ışığı tarafından sağlanan uygun dalga boyundaki fotonun enerjisidir. (2.7) reaksiyonuyla oluşan tek atomlu oksijen daha sonra, aşağıdaki reaksiyonla ozon oluşumuna neden olur:



Burada M, yüksek enerjili O atomundan dolayı açığa çıkan fazla enerjiyi uzaklaştıran başka bir molekül (genellikle N₂ ya da O₂) ya da bu tepkimenin oluşmasına olanak sağlayan bir aerosol yüzeyidir. Yukarıdaki reaksiyonlarda ozon oluşmakla birlikte, ortamdaki NO'nun bir kısmı da NO₂'ye yükseltgenme sırasında ozonun harcanmasını sağlar:



Böylece, O₃, NO ve NO₂ arasında bir denge oluşur

2.6.2. Ozon etkileri

Ozon, kuvvetli bir yükseltgen olmasından dolayı, insanlar üzerinde özellikle solunum sistemine zarar verici olumsuz etkiler gösterir. Ozon maruziyetinin; ağız, burun ve ciğerler üzerinde yakıcı ve tahriş edici bir etkisi vardır. Çocuklar yaz aylarında zamanlarının çoğunu dış ortamlarda oyun oynayarak geçirdiklerinden ozon maruziyeti için riskli grubu oluştururlar.[21]

Ayrıca, ozonun hayvanlar ve bitkiler yanında malzemeler üzerine olumsuz etkileri de bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı hemen her ülkede açık ortam havasında ozon için belli sınır değerler konmuştur. Türkiye'de Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde (HKKY, 1986) ozon (fotokimyasal oksitleyiciler) için Uzun Vadeli Sınır (UVS) değeri bildirilmemiş, ancak 1 saatlik ortalama sınır değeri olarak $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ifade edilmiştir. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan ve revizyonu tamamlanarak yakın zamanda yürürlüğe girmesi beklenen Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Taslağı'nda ise gerek ozon gerekse ozon öncülü bileşenler çok daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmaktadır. Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından 1997 yılında ulusal hava kalitesi standartlarında 1 saatlik ortalama değer 0.12 ppm (yaklaşık $235 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olarak belirlenmiştir. 1997 yılında EPA 8 saatlik ortalama değer olarak 0.08 ppm (yaklaşık $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$) önermiş ancak ulusal standart olarak kabul edilmemiştir. Bir saatlik ortalama değer daha sonra 0.08 ppm 'e indirilmiştir.

Ozonun insan sağlığına etkisinin yanında belki daha da önemli sayılabilecek etkisi bitkiler üzerindedir. Bitkilerin ozona maruziyet karşısında dayanıklılıkları daha düşüktür. Bitkilerin ozona maruziyetinin ölçüsü olarak en yaygın kullanılan terim AOT40'dir (Accumulated Exposure Over a Threshold of 40 ppb). Ozon derişiminin 40 ppb değerini aştığı her saat için, derişim değeri ile 40 ppb arasındaki farkların toplamı olarak tanımlanır. Ozona maruziyetin bugün için en geçerli göstergelerinden olsa da, 40 ppb değeri kesin bir kritik sınır değeri olarak düşünülmemelidir. Dünya Sağlık Örgütü, atmosferik kirleticiler için sınır değerler önerirken AOT40 kriterini kullanmış ancak farklı bitki türleri için farklı sınır değerler belirlemiştir. Buna göre altı ay

boyunca beş saatlik AOT40 değerleri bitki türüne göre 0.2-10 ppm.st (4000-20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{st}$) değerleri arasında olmalıdır. Ozona maruziyetin bitkiler üzerinde etkisinin bir göstergesi olan AOT40'a benzer şekilde, insanların maruziyetinin göstergesi olarak AOT60 da tanımlanmıştır. Ancak insan sağlığını koruma amaçlı sınır değerler bu kriter yerine derişimlerle ifade edilmektedir. Yine de, yer seviyesi ozon derişimlerinin insan sağlığına etkisinin bir göstergesi olarak AOT60'a atıf yapan çalışmalar mevcuttur. [22] Tablo 2.6 da ozon sınır değerleri verilmiştir.

Tablo2.6: Türkiye'de, ABD'de, AB'de geçerli sınır değerler ile WHO tarafından önerilen ozon sınır değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [23]

	1 saatlik ortalama	8 saatlik ortalama	24 saatlik ortalama
Türkiye (HKKY)	240		
Türkiye (HKDYY taslağı)	180 (bilgi eşiğı) 240 (uyarı eşiğı)	120 (2020 yılı hedefi)	
ABD (EPA)	240	160	
AB	200 (bitkileri koruma eşiğı) 180 (bilgi eşiğı) 360 (uyarı eşiğı)	110 (sağlık koruma eşiğı)	65 (bitkileri koruma eşiğı)
WHO		120	

2.7. Pasif Örnekleme Yöntemleri

Örnekleme aşaması, analitik işlemler arasında en önemli adım olarak sayılabilir. Bu aşamada yapılan hatalar sonradan analiz esnasında düzeltilemez. Analit veya analitlerin yapısına ve konsantrasyon seviyelerine bağlı olarak değişen çok sayıda örnekleme yöntemi vardır. En basit şekli ile örnekleme, ilgili materyalin bir örneğinin (su, hava, v.b.) uygun bir kaba toplandıktan sonra yerinde veya laboratuvarında doğrudan analiz edilmesidir [28]. Bu anlamda; örnekleme teknikleri iki ana kategoriye ayrılmaktadır: (1) laboratuvarında analiz edilen örnek toplama cihazları (pasif örnekleme), (2) doğrudan okumalı cihazlar (aktif örnekleme). Bu tekniklerin ikisi de;

gaz, buhar ve partiküler madde (aerosol) gibi önemli kirletici tiplerine uygulanabilir.
[24]

Pasif örnekleme yöntemi, örneklenen gazın, atmosferden kimyasal absorbant içeren bir tüp olan örnekleyici içine Fick difüzyon kanununa göre difüzyon ile taşınması prensibine dayanır.

Fick Difüzyon kanunu;

$$J = -D \frac{dC_g}{dx} \quad (2.3)$$

Burada;

J, kirletici akışı, (kütle / alan x zaman)

D, gaz difüzyon hızı (difüzivite) , (alan / zaman)

dC_g/dx , gaz konsantrasyon gradyenti, (kütle / hacim x mesafe)

Konsantrasyon gradyenti, adsorbent üzerine kirleticilerin adsorbsiyonu ile oluşur. Sabit difüzyon hızı (difüzivite), doğrusal konsantrasyon gradyenti ve adsorbent yüzeyinde sıfır başlangıç konsantrasyonu ile “t” toplama süresinde ortalama kirletici konsantrasyonu

$$C_g = \frac{m \times \Delta x}{t \times D \times A} \quad (2.4)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Burada;

m, toplanan kirleticinin kütlesi

Δx , Difüzyon yolunun uzunluğu

A, adsorbentin temas alanı

Bu dizaynın zorlukları; konsantrasyon gradyentine ısı akımlarının etkisi, D'nin konsantrasyona bağıllığı, dozimetre geometrisi, sıcaklığın etkisi ve adsorbent yüzeyinin kirleticiler tarafından tamamen kaplanmamasıdır.

Nüfuz kontrollü toplayıcılar için; kirletici polimerik bir membran üzerinde çözünür. Burada kirleticiler gaz temas ara yüzeyi ile çözünme yüzeyi arasındaki konsantrasyon gradyenti farkından dolayı membrana doğru taşınırlar ve uygun bir kimyasal veya yüzeyin içinde veya üzerinde absorbe veya adsorbe olurlar .

Zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyon;

$$C_g = \frac{m \times k}{t} \quad (2.5)$$

olur.

Burada, k; belirli bir kirletici, polimer ve toplayıcı geometrisi için nüfuz sabitidir.

[25]

Pasif örnekleyicilerin örnekleyici performansını etkileyen çevresel faktörlerle ilişkili olarak düzenlenen çeşitli konfigürasyonları vardır.[26,27] Kirleticilerin mekansal değişimlerinin belirlenmesi ve maruziyetle ilgili çalışmalarda, seçilen bölgede birçok istasyonda aynı anda örnekleme şansı vermesi açısından pasif örnekleyiciler, diğer örnekleyicilere göre avantaj sağlamaktadır. Birçok ülkede bu amaçlarla pasif örnekleyicilerin kullanıldığı pek çok çalışmada elde edilen sonuçlar aktif örnekleme sonuçları ile doğrulanmıştır.[29]

Pasif örnekleme, genellikle aktif örnekleme kadar doğru sonuç vermektedir. Aktif örnekleme yöntemleri pahalı ve bazen örnekleme ekipmanlarından dolayı kullanışsız olabilir (pompalar, flowmetreler gibi).[30] Kirleticilerin maruziyet değerlendirmesinin iyi bir şekilde yapılabilmesi için yaygın bir alanda örnekleme yapılmasına ihtiyaç duyulduğundan bu tarz çalışmalarda ucuz ve hiçbir enerji gerektirmeyen pasif örnekleyiciler kullanılabilir. Son zamanlarda, atmosferik taşınım ve depolama modellerinin belirlenmesi için kırsal alanlarda ve hatta ormanlık alanlarda daha yaygın bir şekilde örnekleme ihtiyacı duyulmaktadır. Pasif

örnekleme sistemlerinin, düşük maliyeti ve kolay yer değiştirilebilirliği ulaşımı zor olan yerlerde örneğin ormanlık alanlarda maruziyet değerlendirmesi yapılırken bu sistemlerin kullanımını daha çekici hale getirir. Pasif örnekleyciler ayrıca hava kirleticilerine maruz kaldığı önceden bilinen bölgelerin tanımlanmasında da kullanılır. Ayrıca, enstrümental sistemlerin kurulması için alt yapı oluşturulmasında gerekli olabilir. Hava kirliliği çalışmaları, ilgili hava kirleticilerinin birleşik potansiyel etkilerinin belirlenebilmesi için bu kirleticilerin birlikte ölçülmesini gerektirir. Bu noktada pasif örnekleme birçok kirletici maruziyetinin eş zamanlı ölçülmesini sağladığı için maliyet açısından çok etkili bir örnekleme şeklidir. Ormanlık alanlarda veya kırsal alanların hava kirleticilerine maruziyetinin kapsamlı bir şekilde belirlenmesi ve karakterizasyonu yalnızca nispeten pahalı olmayan pasif örnekleycilerin kullanılması ile sağlanabilir. Pasif örnekleycilerin çapraz korelasyon ve kalibrasyon amaçları için önceden yerleştirilmiş mevcut sürekli görüntüleme merkezlerinin yanına da yerleştirilmeleri gereklidir. Çok sayıda pasif örnekleycinin yerleştirilmesi kirletici maruziyetlerinin küçük ölçekli değişikliklerinin belirlenmesini de sağlar. [27]

Bütün bu nedenlerle pasif örnekleme yöntemleri iç ortam sakinleri için daha kabul edilebilir bir yöntem olmaktadır. Bununla birlikte, örnekleme şekli ölçüm amacına (maksimum veya ortalama konsantrasyon veya konsantrasyonun zamana bağlı olarak değişimi) uygun olarak seçilir. [30]

2.8. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi verilerin toplanması, bilgisayar ortamına aktarılması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve sunulması amacıyla bir araya getirilmiş bilgisayar donanımı, yazılım, insan kaynakları ve coğrafi bilgilerden oluşan bir bütündür. Coğrafi Bilgi Sistemleri, mekânsal verilerin toplandığı, bunların görüntülenebildiği, grafik ve öznitelik bilgilerinin ilişkilendirilerek kullanıldığı, farklı bilgi kaynaklarından gelen verileri bütünleştirerek yönetim, planlama ve analiz problemlerinin çözümüne katkıda bulunan, bilgi alışverişinde standardizasyonu ve haritalar yardımıyla öznitelik verilerinin yer aldığı kombinasyonları sağlayan bilgisayar destekli sistemlerdir.

CBS teknolojileri, sayısal akıllı haritalar yardımıyla sorgulama amaçlı veritabanlarını ve istatistiksel analizi kullanarak, bilginin sınıflandırılmasını, karşılaştırılmasını, yeniden modellendirilmesini, mühendislik uygulamalarının ve stratejik planlamanın yönlendirilmesini sağlar. CBS internet teknolojileri kullanılarak, harita, plan, projelere ait verilerin tek bir merkezden yönlendirilerek kullanıcıların hizmetine sunulması, belgelendirilmesi, evrak halinde düzenlenmesi v.b. işlemlerin sanal ortamda (intranet – internet) gerçekleştirilmesini sağlayarak kamusal hizmetlerin kolaylaştırılması ve şeffaflaştırılmasına katkıda bulunur. [31]

CBS'nin kullanılacağı alanlar şu şekillerde sıralanabilir; çevre yönetimi, doğal kaynak yönetimi, mülkiyet-idari yönetim, bayındırlık hizmetleri, eğitim, sağlık yönetimi, belediye faaliyetleri, ulaşım planlaması, turizm, orman ve tarım, ticaret ve sanayi, savunma ve güvenlidir.

2.8.1. CBS bileşenleri

CBS'nin beş temel bileşeni; donanım (hardware) , yazılım (software), veri, insanlar ve yöntemler olarak sıralanabilir. CBS'nin işlemini mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli araç olarak gözüken bilgisayar yanında yan donanımlara da ihtiyaç vardır. Örneğin, yazıcı (printer), çizici (plotter), tarayıcı (scanner), sayısallaştırıcı (digitizer), veri kayıt üniteleri (data collector) gibi cihazlar bilgi teknolojisi araçları olarak CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır. Bugün birçok CBS yazılımı farklı donanımlar üzerinde çalışmaktadır. Merkezileştirilmiş bilgisayar sistemlerinden masaüstü bilgisayarlara, kişisel bilgisayarlardan ağ (network) donanımlı bilgisayar sistemlerine kadar çok değişik donanımlar mevcuttur . Diğer bir deyişle bilgisayarda koşabilen program, coğrafik bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalarıdır.

Yazılımların pek çoğunun ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmesi yanında üniversite ve benzeri araştırma kurumlarınca da eğitim ve araştırmaya yönelik

geliştirilmiş yazılımlar da mevcuttur. Dünyadaki CBS pazarının önemli bir kısmı yazılım geliştiren firmaların elindedir. Bu bakımdan günümüzde CBS bu tür yazılımlarla neredeyse özdeşleşmiş durumdadır. En popüler CBS yazılımları olarak Arc/Info, Intergraph, MapInfo, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass vb. verilebilir. Coğrafi bilgi sistemine yönelik bir yazılımda olması gereken temel unsurlardan bazıları;

- a) Coğrafi veri/bilgi girişi ve işleme için gerekli araçları bulundurması,
- b) Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olmak,
- c) Konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemeli,
- d) Ek donanımlar ile olan bağlantılar için ara-yüz desteğinin bulunmasıdır.

CBS'nin en önemli bileşenlerinde biri de "veri"dir. Grafik yapıdaki coğrafi veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznitelik veya tablo verileri gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır haldeki veriler de satın alınabilir. CBS konumsal veriyi diğer veri kaynaklarıyla birleştirebilir. Böylece birçok kurum ve kuruluşa ait veriler organize edilerek konumsal veriler bütünleştirilmektedir. Veri, uzmanlarca CBS için temel öge olarak kabul edilirken, elde edilmesi en zor bileşen olarak da görülmektedir. Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları, bu verilerin toplanması için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir. Nitekim CBS'e yönelik kurulması tasarlanan bir sistem için harcanacak zaman ve maliyetin yaklaşık %50 den fazlası veri toplamak için gerekmektedir.

CBS teknolojisi insanlar olmadan sınırlı bir yapıda olurdu. Çünkü insanlar gerçek dünyadaki problemleri uygulamak üzere gerekli sistemleri yönetir ve gelişme planları hazırlar. CBS kullanıcıları, sistemleri tasarlayan ve koruyan uzman teknisyenlerden günlük işlerindeki performanslarını artırmak için bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir. Dolayısıyla coğrafi bilgi sistemlerinde insanların istekleri ve yine insanların bu istekleri karşılamaları gibi bir süreç yaşanır. CBS'nin gelişmesi mutlak suretle insanların yani kullanıcıların ona sahip çıkmalarına ve konuma bağlı her türlü analiz için CBS'yi kullanabilme yeteneklerini artırmaya ve değişik disiplinlere yine CBS'nin avantajlarını tanıtmakla mümkün olabilecektir .

Başarılı bir CBS, çok iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Bu tür işlevler her kuruma özgü model ve uygulamalar şeklindedir. CBS'nin kurumlar içerisindeki birimler veya kurumlar arasındaki konumsal bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için gerekli kuralların yani metodların geliştirilerek uygulanıyor olması gerekir. Konuma dayalı verilerin elde edilerek kullanıcı talebine göre üretilmesi ve sunulması mutlaka belli standartlar yani kurallar çerçevesinde gerçekleşir. Genellikle standartların tespiti şeklinde olan bu uygulamalar bir bakıma kurumun yapısal organizasyonu ile doğrudan ilgilidir. Bu amaçla yasal düzenlemelere gidilerek gerekli yönetmelikler hazırlanarak ilkeler tespit edilir. [32]

2.8.2. CBS'nin çalışması

CBS yeryüzüne ait bilgileri, coğrafik anlamda birbiriyle ilişkilendirilmiş tematik harita katmanları gibi kabul ederek saklar. Bu basit ancak konumsal bilgilerin değerlendirilmesi açısından son derece güçlü bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, örneğin, dağıtım görevi üstlenmiş taşıma araçlarının optimum yük dağıtımından, planlamaya dayalı uygulamalara ait detay kayıtlarına, atmosferdeki değişimlerin modellenmesine kadar birçok gerçek dünya probleminin çözümüne imkan sağlar. Coğrafik bilgiler, enlem-boylam şeklindeki coğrafi koordinat ya da ulusal koordinatlar gibi kesin değerleri veya adres, bölge ismi, yol ismi gibi tanımlanan referans bilgileri içerirler. Bu coğrafik referanslar objelerin konumlandırılmasına yani koordinatı bilinen bir pozisyona yerleştirilmelerine imkân sağlar. Böylece ticari bölgeler, araziler, orman alanları, yeryüzü kabuk hareketleri ve yüzey şekillerinin analizleri konuma bağlı olarak belirlenir. Coğrafik referans konumu belirlerken, konum verisi yani koordinat bilgisi seçilecek veri modeline bağlı olarak ifade edilir. Bu ifade şekli CBS'de iki farklı konumsal veri modeli biçimindedir. Bunlar “vektörel (vector)” ve “hüresel (raster)” veri modelleridir. [32]

Vektörel veri modelinde, nokta, çizgi ve poligonlar (x,y) koordinat değerleriyle kodlanarak depolanırlar. Nokta özelliği gösteren bir elektrik direği tek bir (x,y) koordinatı ile tanımlanırken, çizgi özelliği gösteren bir yol veya akarsu şeklindeki coğrafik varlık birbirini izleyen bir dizi (x,y) koordinat serisi şeklinde saklanır. Poligon özelliğine sahip coğrafik varlıklar, örneğin imar adası, bina, orman alanı,

parsel veya göl, kapalı şekiller olarak, başlangıç ve bitişinde aynı koordinat olan (x,y) dizi koordinatlar ile depolanır. Vektörel model coğrafik varlıkların kesin konumlarını tanımlamada son derece yararlı bir modeldir. Ancak, süreklilik özelliği gösteren coğrafik varlıkların, örneğin toprak yapısı, bitki örtüsü, jeolojik yapı ve yüzey özelliklerindeki değişimlerin ifadesinde daha az kullanışlı bir model olarak bilinir.[32]

Hücresel ya da diğer bir deyişle raster veri modeli daha çok süreklilik özelliğine sahip coğrafik varlıkların ifadesinde kullanılmaktadır. Raster görüntü, birbirine komşu grid yapıdaki aynı boyutlu hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşur. Hücrelerin her biri piksel (pixel) olarak da bilinir. Fotoğraf görüntüsü özelliğine sahip raster modeller, genellikle fotoğraf ya da haritaların taranması (scanning) ile elde edilirler. Vektör ve raster veri modellerinden biri genelde CBS uygulama biçimine göre tercih edilerek kullanılır. Ancak günümüzde her iki model aynı anda da kullanılabilir. Bu tür bir kullanım şekli CBS’de hybrid (melez) veri modeli olarak bilinmektedir (32).

2.8.3. CBS’ de temel işlevler

Coğrafi bilgi sistemlerinin sağlıklı bir şekilde çalışması aşağıdaki 4 temel işlevin yerine getirilmesine bağlıdır. Bunlar; veri toplama ,veri yönetimi, veri işlem ve veri sunumudur.

Coğrafik veriler toplanarak, CBS’de kullanılmadan önce mutlaka sayısal yani dijital formata dönüştürülmelidir. Verilerin kağıt ya da harita ortamından bilgisayar ortamına dönüştürülmesi işlemi sayısallaştırma (digitizing) olarak bilinir. Modern CBS teknolojisinde bu tür işlemler büyük boyutlu projelerde tarama tekniği kullanılarak otomatik araçlarla gerçekleşir. Küçük boyutlu projelerde daha çok masa tipi sayısallaştırıcılar kullanılarak elle sayısallaştırma yapılabilir. Bugün birçok coğrafik veri CBS’ne uyumlu formatta hazır halde piyasada mevcuttur. Bunlar üretici firmalardan sağlanarak doğrudan kurulacak sisteme aktarılabilir.[32]

Küçük boyutlu CBS projelerinde coğrafik bilgilerin sınırlı boyuttaki basit dosyalarda saklanması mümkündür. Ancak, veri hacimlerinin geniş ve kapsamlı olması, bunun

yanında birden çok veri gruplarının kullanılması durumunda Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (Data Base Management Systems) verilerin saklanması, organize edilmesi ve yönetilmesine yardımcı olur. Veri tabanı yönetim sistemleri bir bilgisayar yazılımı olup veri tabanlarını yönetir veya birleştirir. Birçok yapıda tasarlanmış veri tabanı yönetim sistemi vardır, ancak CBS için en kullanışlı ilişkisel (relational) veri tabanı sistemidir. Bu sistem tasarımında veriler tablo bilgilerinin elde edilmişindeki düşünce yapısına uygun olarak bilgisayar belleğinde saklanır. Farklı bilgiler içeren tabloların birbiriyle ilişkilendirilmesinde bu tablolardaki ortak sütunlar kullanılır. Bu yaklaşım basit fakat esnek bir tasarım olup, geniş çapta CBS uygulamalarında kullanılmaktadır. Bazı durumlarda özel CBS projeleri için veri çeşitlerinin birbirine dönüşümü veya irdelenmesi istenebilir. Verilerin sisteme uyumlu olması bunu gerektirebilir. Örneğin, konumsal bilgiler farklı ölçeklerde mevcut olabilir (yol verileri 1/100.000, nüfus dağılım verileri 1/10.000, bina verileri 1/1.000 gibi). Tüm bu bilgiler birleştirilmeden önce aynı ölçeğe dönüştürülmelidir. Bu dönüşüm görüntü amacıyla geçici olabileceği gibi bir analiz işlemi için sürekli ve kalıcı da olabilir. CBS, gerek bilgisayar ortamında obje üzerine imlecin (mouse) tıklanması ile basit sorgulama kapasitesine, gerekse çok yönlü konumsal analiz araçlarıyla (tools) yönetici ve araştırmacılara istenen süreçte bilgi sunar. CBS teknolojisi artık coğrafik verileri istatistiksel grafikler ve “eğer olur ise” (if conditions) şeklindeki mantık sorgulamaları ve senaryolar şeklinde irdelene aşamasına gelmiştir. CBS teknolojisi konumsal verilerin sorgulanması ve analizinde, yazılımlar sayesinde, birçok veri her türlü geometrik ve mantıksal işleme tabi tutulabilir.

Görsel işlemler yine CBS için önemli bir işlemdir. Birçok coğrafik işlemin sonunda yapılanlar harita veya grafik gösterimlerle görsel hale getirilir. Haritalar coğrafik bilgiler ile kullanıcı arasındaki en iyi iletişimi sağlayan araçlardır. Kartoğrafların uzun yıllardır harita üretmesine karşın, CBS kartoğrafya biliminin hızlı gelişmesine de katkıda bulunan yeni ve daha etkili araçları sunmaktadır. Haritalar, yazılı raporlarla, üç boyutlu gösterimlerle, fotoğraf görüntüleri ve çok-ortamlı (multimedia) ve diğer çıktı çeşitleriyle birleştirebilmektedir (32). Bu çalışmada kirlilik dağılım haritalarının üretilmesinde kullanılan MapInfo Professional Yazılımı Tipik Uygulamaları Tablo 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.7: MapInfo Professional Yazılımı Tipik Uygulamaları [33]

Harita Üretimi	-
Çevre Sağlığı ve Kirlilik Kontrolü	-
Altyapı Şebekelerinin Yönetimi	Elektrik Su ve Kanalizasyon Doğalgaz Telekom GSM
Araç Takip Sistemleri	Araç izleme Filo Yönetimi
Karar Destek Sistemleri	Kaynak Planlama Yer Seçimi Tematik Harita Üretimi Talep Modelleme Yatırım takibi
Ticari GIS	Kampanya Planlama ve Analiz Müşteri/Pazar/Rekabet Analizi Demografik Analiz Emlak ve Hizmet Yönetimi Dağıtım Planlama Sigorta Risk/Hasar Analizi Müşteri Hizmetleri
Emniyet	Suç Analizi Ağ Planlama Hedef izleme Acil Durum ve Ulaşım Planlama

2.9. Literatür Özeti

Kirlenmelerin mekansal değişimlerinin belirlenmesi ve maruziyetle ilgili çalışmalarda, seçilen bölgede birçok istasyonda aynı anda örnekleme şansı vermesi açısından pasif örnekleyciler avantaj sağlamaktadır. Birçok ülkede bu amaçlarla pasif örnekleycilerin kullanıldığı pek çok çalışmada elde edilen sonuçlar aktif örnekleme sonuçları ile doğrulanmıştır. Bunlardan biri Avrupa'nın üç farklı bölgesinde 40'ar noktada NO₂'nin mekansal dağılımını belirlemek için pasif NO₂ örnekleycilerinin kullanıldığı çalışmadır (29). Bu çalışma kapsamında yapılan pasif ve aktif örnekleme sonuçlarının birbirlerine oranları 0.8-1 gibi oldukça iyi bir aralıkta tespit edilmiştir.

Singer ve arkadaşları tarafından yapılan benzer bir çalışmada, aktif ve pasif ölçüm sonuçları arasında yüksek bir korelasyon ($R^2=0.98$) elde edilmiştir.

Bu sonuçlar pasif örnekleme metodunun bu tür çalışmalarda güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. [34]

Kentsel, kent merkezi dışındaki yerleşim alanları ve kırsal alanlardaki NO₂ değişiminin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada 75 örnekleme noktası seçilmiştir. Geniş bir alanda kolay ve ucuz bir örnekleme yapma imkanı sağladığı için bu çalışmada da pasif örnekleme tekniği kullanılmıştır. [35]

Diğer bir çalışmada ise Taiwan'da yer seviyesi ozon konsantrasyonlarının mekansal değişim farklılıklarının belirlenmesinde 21 istasyonda pasif ozon örnekleme cihazları kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda yer seviyesindeki ozon konsantrasyonunun uniform olarak dağılmadığı ve mekansal dağılımın kayda değer bir değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle özellikle maruziyet çalışmalarının yapılacağı bir bölgede örnekleme noktalarının çok sayıda istasyonda yapılmasının uygun olacağı önerilmiştir. [36]

Ozonun bitki örtüsü üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle özellikle ormanlık alanlarda konsantrasyonlarının izlenmesi önemlidir ve mekansal dağılımında farklılıklar olması nedeniyle özellikle geniş ormanlık alanlarda birçok izleme istasyonunun bulunması gereklidir. Bu bakımdan ucuz olması, enerji gerektirmemesi gibi avantajları bulunan pasif örnekleme cihazları büyük kolaylık sağlamaktadır.

Yapılan çalışmalarda, yükselti farklılıklarının fazla olduğu alanlarda benzer yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalarda, ozon konsantrasyonlarının yükseltiye bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Cooper ve Peterson, batı Washington'da pasif örnekleme metodu ile yaptıkları çalışmada, ozon konsantrasyonlarının kent merkezinden uzaklaştıkça ve yükselti arttıkça arttığını belirlemiştir. Çalıştıkları dağlık alanlarda haftalık ortalama ozon konsantrasyonlarının her 100 m yükselti artışına karşılık 1,3 ppb arttığını tespit etmişlerdir. [37]

Hava kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla Özden ve arkadaşları tarafından Eskişehir'de gerçekleştirilen bir çalışmada, yine pasif örnekleme metodu kullanılarak, bir yıllık örnekleme süresinde seçilen altı istasyonda haftalık ortalama NO₂ ve O₃

konsantrasyonları ve yarı otomatik analizörler kullanılarak iki istasyonda SO₂ ve partikül madde konsantrasyonları belirlenmiştir. Yerel gözlem sonuçları, emisyon envanterleri ile birleştirilerek yapılan değerlendirmede SO₂ ve partikül madde için evsel ısınma, NO_x ve uçucu organik bileşikler için ise trafiğin endüstriden daha baskın bir kaynak olduğu sonucuna varılmıştır. [38]

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Çalışmanın gerçekleştirildiği Kocaeli ili, Marmara Bölgesinin Çatalca–Kocaeli Bölümünde 29° 22' - 30° 21' doğu boylamı, 40° 31' - 41° 13' kuzey enlemi arasında yer alır. Doğusunda Sakarya, batısında Yalova ve İstanbul, Güneyinde Bursa İlleri bulunmaktadır. İlin kuzeyi Karadeniz'e açılır. Kocaeli ili; iki denize (Karadeniz ve Marmara) kıyısı olan illerimizdendir. Kocaeli İstanbul sınırı Kemiklidere Suyunun doğusundan, Bursa sınırı Samanlı Dağlarının tepesinden, Sakarya sınırı Eskimeşe'nin doğusu ile Maşukiye'nin doğusundan geçer.

İzmit Körfezi Akdeniz ile Karadeniz İklimleri arasında geçiş iklimine sahip olup iklime Akdeniz özelliğini kazandıran etken ise kışların ılık ve yağışlı oluşudur. Körfez kıyıları arasında sıcaklık bakımından farklılık yoktur. Yıllık ortalama sıcaklık 14,5 °C, Temmuz ayı ortalama sıcaklık 23,5 °C'dir.

Kocaeli İli coğrafi olarak kritik bir bölgede yer alan bir endüstri kenti olma özelliğine bağlı olarak yoğun nüfus ve trafiğin iç içe olduğu bir ildir. Kocaeli, yüzölçümü en küçük olan iller arasında olmasına karşılık nüfus yoğunluğu (Türkiye'de 2.il, 336 kişi/km²) ve yıllık nüfus artış hızının (Türkiye'de 10.il, %27) yanı sıra 300'ü büyük yaklaşık 1000'in üzerinde endüstri kuruluşu ile sanayileşme bakımından da Türkiye'nin önde gelen bölgelerinden biri olmuştur. Kocaeli'deki nüfus hareketleri incelendiğinde sanayinin gelişmesi oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Doğal artışın yanı sıra göç yoluyla da oluşan artış, Türkiye ortalamasının çok üstündedir. Deniz ve karayolu ile ulaşım kolaylığı, elverişli bir iklime sahip olması bu gelişimi destekleyen unsurlardır. Bölgede Türkiye'nin %30'dan daha fazla ihtiyacını karşılayan Rafineri Tesisi, Petrokimya Kompleksi, Tehlikeli ve Klinik Atık Yakma Tesisi'nin yanı sıra çok sayıda tekstil (183 sanayi kuruluşu), makina (99), maden (88), metal (55), gıda (52), otomotiv (47), kağıt (42), kimya (37), ağaç (34), petrol (14), deri (4), kömür (4)

ve diğeri (398) sanayi kuruluşları yer almaktadır. Ayrıca D-100, E-6 (TEM) ve D-130 Devlet Karayollarının kent içinden geçiyor olması nedeniyle bölgede yoğun bir trafik akışı meydana gelmektedir. Yüzölçümünün küçük olması konut alanlarının ağır trafik ve endüstri alanları ile çok yakın olmasına neden olmuştur.

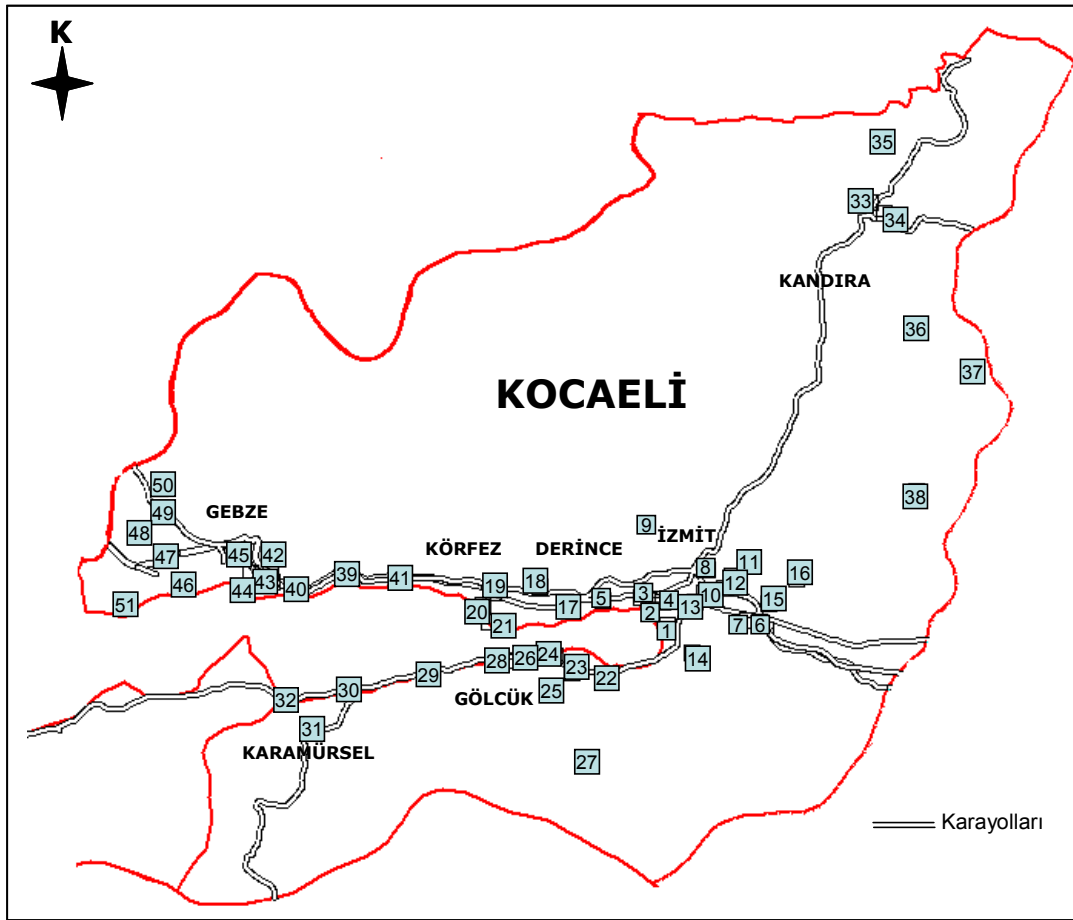
İzmit Körfezi doğal bir limandır. İstanbul gibi büyük bir ticaret merkezine yakın bir konumda olup transit karayolu taşımacılığına imkan vermektedir. Devlet limanı ve özel iskele ile deniz yolu taşımacılığında önemli bir yere sahiptir.

Sanayileşmenin başlangıcında sanayi kuruluşlarının Yarımca, Merkez ve Körfezin doğu kesimini tercih ederken, son yıllarda Dilovası ve Gebze'ye doğru bir yoğunlaşma olmuştur. Dilovası'nın topografik yapısının çanak konumunda oluşu, özellikle demir-çelik izabe tesisleri ile boya ve kimya tesislerinin bu alanda yer alması bölgenin hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca, Gebze ve Dilovası'nın endüstrileşme açısından hızlı bir gelişme göstermesi beraberinde göç akını ve çarpık kentleşmeyi getirmiştir.[39]

3.2. Örnek Alma Noktaları

Kocaeli'nde kükürtdioksit, azotdioksit ve ozon konsantrasyonlarının belirlenmesi için belirlenen 51 noktaya difüzyon örnekleyiciler yerleştirilerek örnekler toplanmıştır. Örneklem noktaları belirlenirken çalışma alanı eşit mesafeli gridlere bölünmüş ve bu gridlerin köşe noktalarından örneklerin alınması düşünülmüştür. Ancak Kocaeli'de yerleşim yerleri, endüstri tesisleri ve karayolları gibi kirlilik kaynaklarının bulunduğu alanlar İzmit Körfezi çevresi ve özellikle körfezin kuzey kıyısı olması nedeniyle örneklem noktaları bu yoğun alanlara kaydırılmıştır. Bununla birlikte geri plan konsantrasyonlarının belirlenebilmesi için kirlilik kaynaklarından uzak kent merkezi dışındaki yerleşim alanlarında da örneklemeler yapmaya özen gösterilmiştir. Örneklem noktalarının belirlenmesinde, endüstri kuruluşları, meskun bölgeler, duyarlı tarım alanlarının bulunduğu yerler, otoyolların konumları ve hakim rüzgar yönü dikkate alınmıştır.

Kocaeli şehir merkezinde ve ilçelerinde, İzmit Merkez'e 17, Derince'ye 2, Körfez'e 6, Gölcük'e 7, Kandıra'ya 5, Gebze'ye 10, Karamürsel'e 4 adet olmak üzere toplam 51 noktaya örnekleyiciler yerleştirilmiştir. Ancak yaz ve kış mevsimlerini temsil edecek şekilde yılda iki kez yapılan örnekleme çalışmaları sırasında bazı örnekleyiciler tahrip edilmiş bazıları da kaybolmuştur. Örnekleyiciler yerden yaklaşık iki metre yukarıda ve meteorolojik faktörlerden en az düzeyde etkilenecek yerlere yerleştirilmiştir. Tablo 4.1'de örnek numaraları, yer isimleri ve koordinatları verilen örnekleme noktalarının yerleri Şekil 3.1'de kare kutucuklar içerisinde örnek numaraları ile gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Örnek alma noktaları

3.3. Örnekleme Süresi

Pasif örnekleme tekniği ile çalışma kapsamında seçilen kirleticilerin konsantrasyonlarının sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi için örnekleyicilerin

kirleticilere maruziyet sürelerinin belirlenmesi önemli aşamalardan birini oluşturmaktadır. Bu örnekleyicilerde difüzyon yoluyla toplanan kirletici konsantrasyonlarının, bu kirleticilerin analizinde kullanılan cihazların belirleme limitlerinin üzerinde olabilmesi için yeterli maruziyet sürelerinin seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada seçilen kirleticilerin (NO₂, SO₂, O₃) konsantrasyonlarının belirlenmesi için Radiello firmasının ürettiği radyal difüzyif örnekleyiciler kullanılmıştır.

Firma tarafından örnekleyicilerin bırakılacağı maruziyet süreleri her üç kirletici için de 7 veya 15 gün olarak önerilmektedir. Ancak relatif nemin %70' in üzerinde olduğu meteorolojik koşullar için 7 günden fazla maruziyet sürelerinin uygun olmadığı raporlanmıştır. [40] Maruziyet sürelerine karar vermek için ön çalışmalar yapılmış ve 7 günlük bekletme sürelerinin uygun olduğuna karar verilmiştir.

Seçilen kirleticilerin konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimlerine göre değişimlerini belirleyebilmek için örnekleme çalışmaları 01-08 Temmuz 2006 ve 25 Ocak-02 Şubat 2007 tarihlerinde birer haftalık periyotlarda yapılmıştır.

3.4. Örneklerin Toplanması, Hazırlanması ve Analizi

Yaz ve kış döneminde birer haftalık maruziyet sürelerinden sonra konuldukları yerlerden alınan örnekleyiciler +4 °C'de muhafaza edilerek kapakları kapalı tüpler içinde laboratuvara taşınmış ve zaman kaybetmeden analizleri yapılmıştır. Örnekleme alanında yerden yaklaşık 2 m yükseklikte uygun bir yere asılan örnekleyiciler, yağmur ve rüzgardan koruyacak ancak difüzyona engel olmayacak Şekil 3.1'de görülen metal bir koruyucunun içine yerleştirilmiştir. Maruziyet esnasında örnekleyicinin mavi gövdesi kartuşu ışıktan korumaktadır.



Şekil 3.2: Örnekleme alanındaki örnekleyicilerden bir görünüm

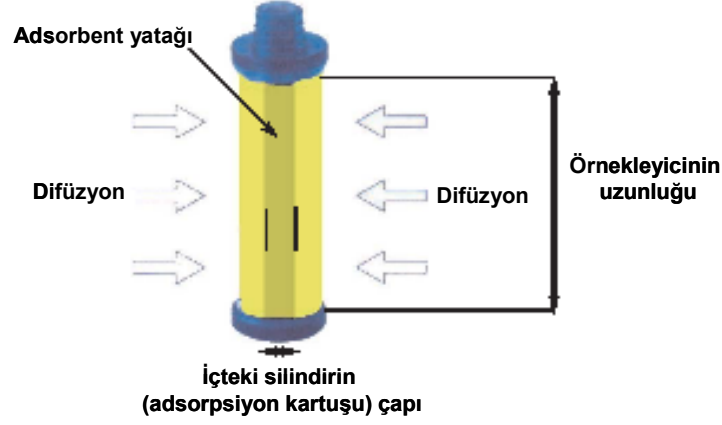
3.4.1. SO₂ ve NO₂ örnekleri

Azotdioksit ve Kükürtdioksit örnekleme için de Radiello firmasının ürettiği radyal difüzyon örnekleyici kullanılmıştır. Bu örnekleyicilerle tek kartuş üzerinde hem NO₂ hem de SO₂ örneklenebilmektedir. Kirleticilerin toplanması, Trietanolamin (TEA) ile kaplanmış mikro gözenekli polietilen kartuş üzerine difüze olan havadaki NO₂'in nitrit ve SO₂'in ise sülfid veya sülfat iyonları olarak kimyasal absorpsiyonu prensibine göre gerçekleşmektedir. Örnekleme, gaz molekülleri için seçici olduğundan havada bulunan nitrit, sülfid veya sülfat iyonları difüzyon membrandan geçemezler. Örnekleme kartuşunun içine yerleştirildiği difüzyon gövdenin fiziksel özellikleri ve boyutları ozon örnekleyicisi ile aynıdır.

Örnekleyciler, Kocaeli İli'nde 51 noktada, yağmur ve rüzgardan koruyacak ancak difüzyona engel olmayacak özel kabinlerde yerden yaklaşık 2 m yüksekliğe asılmıştır. Temmuz 2006'da ve Şubat 2007 birer haftalık maruziyet süresinden sonra toplanarak iyon kromatografi yöntemiyle analiz edilmiştir.

Radyal difüzyon örnekleyiciler 16 mm çapında, mikro gözenekler içeren polietilen silindirden oluşmaktadır. 50 mm uzunluğunda, 1,75 mm kalınlığındadır ve 20-30 µm çapında gözeneklere sahiptir (Şekil 3.2.). İki adet selüloz kapak alttan ve üstten silindire yapıştırılmıştır. Azotdioksit ve SO₂ örnekleme için kullanılacak

örnekleyicilerde Triethanolamine (TEA) emdirilmiş absorblayıcı kartuş silidirin üstünden içine konulmaktadır. Ozon örnekleme için kullanılacak örnekleyicilerde ise 1,2-bis (4-pyridyl)ethylene (DPE) emdirilmiş silika jelin bulunduğu kartuş silidirin içine konulmaktadır.



Şekil 3.3: Difüzyif örnekleyici

Örneklerin ekstraksiyonu ve analizi için Radiello firmasının önerdiği yöntem kullanılmıştır. Sülfid ve sülfat iyon kromatografı cihazı ile belirlenirken nitrit hem iyon kromatograf hem de görünür spektrofotometre ile belirlenebilmektedir. Bu çalışmada nitrit iyonlarının ölçülmesinde her iki yöntem de kullanılmıştır. Örnekleme, gaz molekülleri için seçici olduğundan havada bulunan nitrit, sülfid veya sülfat iyonları difüzyif membrandan geçemezler.

Örnekleme süresinin sonunda örnekleyiciler içindeki absorpsiyon kartuşları dikkatli bir şekilde kapaklı polipropilen tüpler içine aktarıldı. Bu tüpler buzluklar içinde laboratuvara ulaştırıldı ve herbir tüp içine 5 mL deiyonize su eklenerek bir dakika süresince vorteks karıştırıcı ile karıştırıldı.

Azotdioksidin kolorimetrik olarak belirlenmesi için bu ekstraktan 0.5 mL başka bir plastik tüpe aktarıldı. Üzerine 5 mL sülfanilamid eklenerek sıkıca kapağı kapatıldı ve çalkalanarak 5 dakika bekletildi. Beş dakika sonra üzerine 1 mL NEDA [N-(1-naphthyl)ethylendiamine dihydrochloride] eklendi, karıştırıldı ve tüpün ağzı sıkıca kapatılarak 10 dakika bekletme süresinin sonunda 537 nm dalga boyuna ayarlanmış Varian 100 spektrofotometre cihazında herbir örneğin absorbansı ölçüldü.

Spektrofotometre deiyonize su ile kalibre edildi. Konsantrasyonların belirlenmesi için kullanılan kalibrasyon standartları sodyum nitrit kullanılarak NO_2^- olarak 5 farklı konsantrasyonda hazırlandı.

Kükürtdioksit farklı oranlarda sülfite ve sülfat iyonlarına dönüşmesine rağmen iki iyonun eşdeğerliklerinin toplamı SO_2 maruziyeti ile doğrusaldır. Kalibrasyon eğrisini elde etmek için her iki iyonu da içeren çözeltiler hazırlandı. Anyonik analizler 4mm kendi kendini rejenere eden II ASRS Ultra suppressor, 4x50 mm IonPac AG9-HC anyon koruyucu kolon ve 4x250 mm IonPac AG9-HC anyon analitik kolonlarla donatılmış Dionex ICS-3000 iyon kromatograf cihazı ile yapılmıştır. Hareketli faz olarak $1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ akış hızlı $10 \text{ mM Na}_2\text{CO}_3$ ve $100 \mu\text{l}$ örnek hacmi kullanıldı.

3.4.2. O_3 örnekleri

Ozon konsantrasyonlarının ölçülmesi için yine Radiello Marka difüzyif örnekleyiciler kullanılmıştır. Örnekleyiciler, Kocaeli İli'nde 51 noktada, yağmur ve rüzgardan koruyacak ancak difüzyona engel olmayacak özel kabinlerde yerden yaklaşık 2 m yüksekliğe asılmıştır. Temmuz 2006'da ve Şubat 2007 bir haftalık maruziyet süresinden sonra toplanarak spektrofotometrik yöntemle analiz edilmiştir.

Radyal difüzyif örnekleyiciler 16 mm çapında, mikro gözenekler içeren polietilen silindirden oluşmaktadır. 50 mm uzunluğunda, 1,75 mm kalınlığındadır ve $20\text{-}30 \mu\text{m}$ çapında gözeneklere sahiptir. İki adet selüloz kapak alttan ve üstten silindire yapıştırılmıştır. Absorblayıcı kartuş silindirin üstünden içine konulmaktadır. Bu kartuşun içinde 1,2-bis (4-pyridyl)ethylene (DPE) emdirilmiş silika jel mevcuttur.

Çevresel ozon membran gözenekleri boyunca yayılır ve kartuşa ulaşır, kartuşun içinde DPE ile reaksiyona girer ve silika jel üzerine tutulur. Difüzyonlanan ozon molekülleri, havadaki ozon moleküllerinin difüzyon katsayısı ile belirlenir. Difüzyonu etkileyen faktörler; örnekleyicinin geometrisi, membran gözenekleri, havadaki ozon konsantrasyonunun değişimi, kartuş alanı ve bu alanda sifra yakın ozon konsantrasyonlarını tutan DPE'dir. DPE ışığa duyarlıdır bu yüzden kartuş kapalı tüp içinde ve karanlıkta saklanmalıdır. Maruziyet esansında Radiello örnekleyicinin mavi

gövdesi kartuşu ışıktan korumaktadır. Muhtemel absorpsiyon reaksiyonları için ozonun DPE ile reaksiyonuyla ara ürün olarak ozonür , ozonürün hidrolizi ile diğer bir ürün olarak pyridine-4- aldehyde (PA) meydana gelmektedir. Analiz için PA üzerine MBTH (3-methyl-2-benzothiazolinone) ilave edilerek azine adı verilen ürün meydana getirilir ve kolorimetrik yöntemlerle ölçülür. Havadaki kirleticilerin konsantrasyonlarının ölçülmesinde Fick kanunlarının birincisinden türetilmiş denklem kullanılır.

Bu yöntem kısaca anlatılacak olursa; kartuş içindeki silika jel plastik tüpe boşaltıldı. Ekstraksiyon solüsyonu olarak 5 mL MBTH çözeltisi silika jel boşaltılmış tüpe ilave edildi ve yaklaşık 2 dakika vortex karıştırıcıda ekstrakte edildi. En az bir saat karanlık ortamda bekletilen çözelti filtreden süzülerek UV spektrofotometresinde 430 nm de absorbansı ölçüldü.

3.5. Meteorolojik Veriler

Ölçüm yapılan tarihlerdeki meteorolojik veriler Tablo3.1de verilmiştir. Yazın maksimum sıcaklık 32,3 derece, minimum sıcaklık ise 25 derece olarak ölçülmüştür. Kışın maksimum sıcaklık 21,1 derece, minimum 6,5 derece olarak ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık yazın 22,4 derce kışın 7,5 derecedir. Nem miktarı en yüksek 65,7 en düşük 61 dir. Günlük güneşlenme süresi yazın en yüksek 11,7 saat en düşük 1,5 saat . Kışın ise en yüksek 6,4 saat en düşük 0 saattir.Yazın günlük en yüksek rüzgar hızı 10,2m/sn en düşük rüzgar hızı 5,3 m/sn dir . Kışın en yüksek rüzgar hızı17,2 m/sn en düşük rüzgar hızı 5,3 m/sn dir.Ortalama rüzgar hızı yazın en yüksek 2,1 en düşük 1,2 .Kışın en yüksek 2,6 en düşük 1,8 m/sn dir. Tablo 3.1 de verilen meteorolojik veriler İzmit meteoroloji müdürlüğünden alınmıştır.

Tablo 3.1: Meteorolojik veriler

TARİH	SICAKLIK			NEM	GÜNEŞLENME SÜRESİ	RÜZGAR			
	MAX	MİN	ORT			EN YÜKSEK HIZ	YÖN	ORTALAMA HIZ	YÖN
01.07.2006	32,3	20,3	26,5	61,7	11	5,3	SE	1,3	N
02.07.2006	31,5	22,2	26,2	66	11,3	7,1	N	1,6	SE
03.07.2006	25	17,9	19,5	65,7	1,5	7,7	NNE	1,7	N
04.07.2006	23,2	16,2	19,6	57,7	7,5	8,3	N	1,8	N
05.07.2006	26,5	15	21,3	61	11	9,7	NNW	2,1	SE
06.07.2006	26,5	19,3	22	59,3	11,2	10,2	N	1,5	N
07.07.2006	28,6	16,2	22,3	63	11,7	8,1	N	1,5	SE
08.07.2006	28,5	16,1	22,1	62,7	11,2	5,9	NW	1,2	NW
TARİH	SICAKLIK			NEM	GÜNEŞLENME SÜRESİ	RÜZGAR			
	MAX	MİN	ORT			EN YÜKSEK HIZ	YÖN	ORTALAMA HIZ	YÖN
25.01.2007	18,8	11,8	15,65	43,4	1,4	5,3	SSE	1,3	S
26.01.2007	21,1	10,3	15,40	47,8	3,9	5,3	WNW	1,2	SSW
27.01.2007	16,1	6,3	10,40	84,6	0,1	12	NW	1,7	W
28.01.2007	6,5	0,1	1,85	85,8	0	17,2	N	2,6	WNW
29.01.2007	8,3	-0,4	5,15	56,3	6,4	11,6	WNW	2,3	WSW
30.01.2007	7,7	-0,1	2,96	96,4	0,6	10,5	N	2,2	WSW
31.01.2007	6,5	0,2	2,76	87,7	0	7,9	WNW	1,8	E
01.02.2007	13,5	0,4	8,2	65	7	9,9	SSW	1,9	SSW
02.02.2007	8,1	1,9	5	84,6	0,3	7,9	NNW	1,9	SW

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kocaeli İli İnorganik Gaz Kirletici Konsantrasyonları

Kocaeli genelinde 7 ilçeyi kapsayacak şekilde seçilen 51 noktada yaz mevsimini temsilen 01-08 Temmuz 2006 ve kış mevsimini temsilen 25 Ocak-02 Şubat 2007 tarihleri arasında pasif örnekleme tekniği kullanılarak NO₂, SO₂, ve O₃ örnekleri toplanmıştır. Örnekler SO₂ için iyon kromatograf, O₃ için UV Spektrofotometre ve NO₂ için her iki cihaz kullanılarak analiz edilmiştir. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları ve örnekleme noktalarının koordinatları Tablo 4.1.'de sunulmuştur. Bir haftalık süre ile arazide bırakılan örnekleyciler, bazı noktalarda tahrip edilmiş bazı noktalarda ise tamamen kaybolmuştur.

Yaz mevsiminde her üç kirletici için 47 örneğin analizi yapılarak konsantrasyonlar belirlenmiştir. Bu örnekleme noktalarında NO₂ konsantrasyonları 0,13-39,49 µg/m³ arasında değişmektedir. Kocaeli için ortalama NO₂ konsantrasyonu 14 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY)'nde Uzun Vadeli Sınır (UVS) değer olarak 100 µg/m³ değeri ile karşılaştırıldığında yaz döneminde NO₂ konsantrasyonunun tüm ölçüm noktalarında sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir. Yeni düzenlemelerin yapılarak hazırlanan halihazırda taslak şeklinde olup ileride uygulanması planlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen hedef sınır değerler dikkate alındığında maksimum değerinin sınır değeri olarak belirlenen 40 µg/m³'e yakın olduğu ve yaz mevsimi ölçüm sonuçlarının 2012 yılında hedeflenen 20 µg/m³'ü birçok noktada aştığı görülmektedir.

Kükürtdioksit konsantrasyonları yaz dönemi ölçüm periyodunda elde edilen konsantrasyonlar 0,33-81,51 µg/m³ arasında değişmektedir. Tüm örnekleme noktalarında elde edilen sonuçların ortalaması ise 8,16 µg/m³ olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.1: Yaz Mevsimi NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları

Örnek No	Örnekleme Noktası	Enlem (Kuzey)	Boylam (Doğu)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
1	İzmit-1	40,7452	29,9448	39,49	9,89	38,57
2	İzmit-2	40,7645	29,9303	12,92	2,88	49,30
3	İzmit-3	40,7663	29,9174	13,22	1,4	55,31
4	İzmit-4	40,7626	29,9399	39,20	7,98	41,57
5	Kuruçeşme	40,7634	29,8781	11,88	4,49	49,31
6	Köseköy-1	40,7471	30,0391	35,83	8,83	39,79
7	Köseköy-2	40,7482	30,0270	15,44	5,81	50,22
8	Solaklar	40,7875	29,9858	–	–	59,76
9	Umuttepe	40,8231	29,9219	0,13	9,39	44,80
10	Alikahya-1	40,7702	29,9830	15,95	1,48	39,89
11	Alikahya-2	40,7728	30,0031	13,81	1,33	60,00
12	Alikahya-3	40,7828	30,0100	3,17	0,33	71,95
13	Yahya Kaptan	40,7625	29,9727	19,72	1,58	48,53
14	Kullar	40,7227	29,9693	11,27	1,4	63,49
15	Uzunçiftlik	40,7612	30,0476	5,20	4,19	57,07
16	Bayraktar	40,7799	30,0770	4,66	0,95	50,52
17	Derince-1	40,7590	29,8426	18,58	21,88	41,93
18	Derince-2	40,7738	29,8144	5,99	6,47	67,40
19	Körfez-1	40,7698	29,7660	–	–	53,52
20	Körfez-2	40,7600	29,7556	5,56	9,39	63,75
21	Körfez-3	40,7475	29,7623	18,50	81,51	68,18
22	Yeniköy	40,7048	29,8841	15,39	3,54	57,03
23	Gölcük-1	40,7081	29,8465	21,20	33,81	29,49
24	Gölcük-2	40,6948	29,8279	4,22	1,5	66,12
25	Gölcük-3	40,7213	29,8303	15,47	2,33	55,65
26	Gölcük-4	40,7252	29,7922	7,24	3,87	–
27	Nüzhetiye	40,6386	29,8631	3,17	1,59	75,49
28	Değirmendere	40,7178	29,7817	18,29	19,96	47,64
29	Ulaşlı	40,7060	29,6980	15,32	12,06	59,39
30	Karamürsel-1	40,6958	29,6199	8,33	2,64	73,26
31	Karamürsel-2	40,6674	29,5812	2,31	2,38	81,09
32	Karamürsel-3	40,6853	29,5563	16,60	4,28	67,76
33	Kandıra-1	41,0713	30,1520	6,53	1,18	68,94
34	Kandıra-2	41,0637	30,1669	1,70	0,55	70,97
35	Kandıra-3	41,1136	30,1558	4,73	1,04	–
36	Kandıra-4	40,9733	30,1984	1,67	1,05	85,50
37	Kandıra-5	40,9683	30,2541	–	–	–
38	Akmeşe	40,8487	30,1996	1,25	0,67	75,39
39	Hereke	40,7848	29,6156	19,02	3,95	59,94
40	Tavşancıl	40,7714	29,5629	35,54	39,46	37,65
41	Şirinyalı	40,7791	29,6679	13,31	8,78	54,56
42	Dilovası-1	40,7853	29,5388	9,51	5,92	63,17
43	Dilovası-2	40,7779	29,5404	24,47	13,02	48,24
44	Dilovası-3	40,7761	29,5273	28,26	11,38	44,44
45	Dilovası-4	40,7855	29,5188	17,00	5,89	61,51
46	Gebze-1	40,7788	29,4452	7,72	3,63	70,11
47	Gebze-2	40,7959	29,4319	32,83	5,33	55,79
48	Gebze-3	40,8148	29,4262	–	–	–
49	GOSB-1	40,8356	29,4258	17,59	6,11	70,96
50	GOSB-2	40,8502	29,4259	5,06	3,25	74,92
51	Darıca	40,7572	29,3892	15,81	3,06	67,97

– : kayıp veya tahrip edilen örnekleyiciler

Bu değer HKKY'de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak verilen UVS değerin oldukça altındadır. Ancak kentin her bölgesinde bu ortalama değerden çok farklı sonuçlarla karşılaşılmıştır.

Maksimum SO_2 konsantrasyonlarının tespit edildiği Körfez bölgesinde yaz mevsimi için tespit edilen $81,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri sınır değerin altında olmakla birlikte aslında yüksek bir konsantrasyondur. Yeni düzenlemeler yapılarak hazırlanmakta olan taslak halindeki Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirlenen ekosistemin korunması için verilen hedef sınır değer ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dikkate alındığında bölgede tespit edilen SO_2 düzeyleri oldukça yüksek kalacaktır. İnsan sağlığının korunması için kademeli olarak azaltılması planlanan SO_2 sınır değerlerinin sağlanması için de bu değerlerin azaltılması gerekecektir.

Tablo 4.1'de verilen ozon konsantrasyonları incelendiğinde yaz mevsimi konsantrasyonlarının $29,5-85,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değiştiği ve ortalama ozon konsantrasyonunun $58,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmektedir. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde O_3 için UVS değeri bildirilmemiş, ancak 1 saatlik ortalama sınır değeri olarak $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ifade edilmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen ozon konsantrasyonları haftalık ortalama değerler olduğu için saatlik sınır değerlerle karşılaştırmak çok anlamlı olmayacaktır. Ancak günlük değerlerle bir karşılaştırma yapmak kirleticinin etki seviyesinin belirlenmesi için önemlidir. Bu anlamda ozon için tespit edilen değerler tüm ölçüm noktalarında Avrupa Birliği tarafından verilen günlük ortalama sınır değer olan $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'n [42] altında olmakla birlikte, vejetasyonun korunması için verilen $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lk sınır değeri kırsal bölgeler başta olmak üzere örneklemelerinin %34'nde aştığı tespit edilmiştir.

Kış mevsiminde yapılan ölçüm sonuçları ve örneklemelerinin koordinatları Tablo 4.2.'de sunulmuştur. Bir haftalık süre ile arazide bırakılan örnekleyiciler, bazı noktalarda tahrip edilmiş bazı noktalarda ise tamamen kaybolmuştur. Bu nedenle kış mevsiminde NO_2 için 46, SO_2 ve O_3 için 48 noktada ölçülen konsantrasyon değerleri bulunmaktadır. Bu noktalarda NO_2 konsantrasyonu $6,9-100,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir.

Tablo 4.2: Kış Mevsimi NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları

Örnek No	Örnekleme Noktası	Enlem (Kuzey)	Boylam (Doğu)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
1	İzmit-1	40,7452	29,9448	76,95	33,33	25,43
2	İzmit-2	40,7645	29,9303	99,45	27,52	21,80
3	İzmit-3	40,7663	29,9174	64,76	31,17	24,73
4	İzmit-4	40,7626	29,9399	80,20	51,68	9,78
5	Kuruçeşme	40,7634	29,8781	56,28	32,96	18,24
6	Köseköy-1	40,7471	30,0391	26,14	24,49	27,45
7	Köseköy-2	40,7482	30,0270	34,10	17,93	31,31
8	Solaklar	40,7875	29,9858	32,55	8,38	30,91
9	Umuttepe	40,8231	29,9219	–	–	–
10	Alikahya-1	40,7702	29,9830	–	19,07	22,13
11	Alikahya-2	40,7728	30,0031	74,42	24,27	23,64
12	Alikahya-3	40,7828	30,0100	45,30	18,88	37,96
13	Yahya Kaptan	40,7625	29,9727	55,37	24,88	20,15
14	Kullar	40,7227	29,9693	41,90	14,17	45,15
15	Uzunçiftlik	40,7612	30,0476	31,26	36,44	23,34
16	Bayraktar	40,7799	30,0770	12,91	5,55	31,31
17	Derince-1	40,7590	29,8426	93,51	53,71	14,68
18	Derince-2	40,7738	29,8144	58,64	16,67	24,24
19	Körfez-1	40,7698	29,7660	66,55	18,39	22,94
20	Körfez-2	40,7600	29,7556	37,70	25,85	38,18
21	Körfez-3	40,7475	29,7623	58,74	60,71	36,21
22	Yeniköy	40,7048	29,8841	54,94	–	39,25
23	Gölcük-1	40,7081	29,8465	100,43	47,7	19,45
24	Gölcük-2	40,6948	29,8279	23,48	8,52	38,87
25	Gölcük-3	40,7213	29,8303	–	–	–
26	Gölcük-4	40,7252	29,7922	22,40	19,41	28,64
27	Nüzhetiye	40,6386	29,8631	10,24	8	60,90
28	Değirmendere	40,7178	29,7817	44,02	1,32	25,78
29	Ulaşlı	40,7060	29,6980	34,24	36,1	29,15
30	Karamürsel-1	40,6958	29,6199	–	7,69	–
31	Karamürsel-2	40,6674	29,5812	6,87	54,34	57,14
32	Karamürsel-3	40,6853	29,5563	36,18	21,24	37,03
33	Kandıra-1	41,0713	30,1520	39,85	15,19	33,08
34	Kandıra-2	41,0637	30,1669	10,27	5,32	48,13
35	Kandıra-3	41,1136	30,1558	–	5,44	53,03
36	Kandıra-4	40,9733	30,1984	9,52	9,28	58,87
37	Kandıra-5	40,9683	30,2541	9,99	3,65	45,14
38	Akmeşe	40,8487	30,1996	14,64	4,9	47,31
39	Hereke	40,7848	29,6156	67,16	11,76	18,46
40	Taşancıl	40,7714	29,5629	86,07	57,18	19,05
41	Şirinyalı	40,7791	29,6679	54,96	34,3	21,25
42	Dilovası-1	40,7853	29,5388	85,67	32,34	16,67
43	Dilovası-2	40,7779	29,5404	76,04	36,33	13,86
44	Dilovası-3	40,7761	29,5273	70,23	49,31	23,90
45	Dilovası-4	40,7855	29,5188	72,56	32,51	19,83
46	Gebze-1	40,7788	29,4452	48,42	16,03	43,37
47	Gebze-2	40,7959	29,4319	91,69	50,81	15,70
48	Gebze-3	40,8148	29,4262	60,85	26,53	24,96
49	GOSB-1	40,8356	29,4258	45,51	34,55	23,43
50	GOSB-2	40,8502	29,4259	42,06	17,03	35,68
51	Darıca	40,7572	29,3892	48,41	24,94	40,74

– : kayıp veya tahrip edilen örnekleme noktaları

Kocaeli için kış mevsimi örnekleme periyodu ortalama NO₂ konsantrasyonu 50,3 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde UVS değeri olarak 100 µg/m³ değeri ile karşılaştırıldığında kış mevsiminde iki örnekleme noktasında NO₂ düzeyleri UVS değeri ile aynı olduğu birçok örnekleme noktasında ise bu değere yakın NO₂ konsantrasyonları tespit edilmiştir.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği dikkate alındığında kent merkezi dışında küçük yerleşim alanları dışında tüm ölçüm noktalarında sınır değerlerin sağlanamayacağı görülmektedir. Bu nedenle özellikle kış mevsimi için NO₂ kontrol stratejilerinin geliştirilmesi gerekecektir.

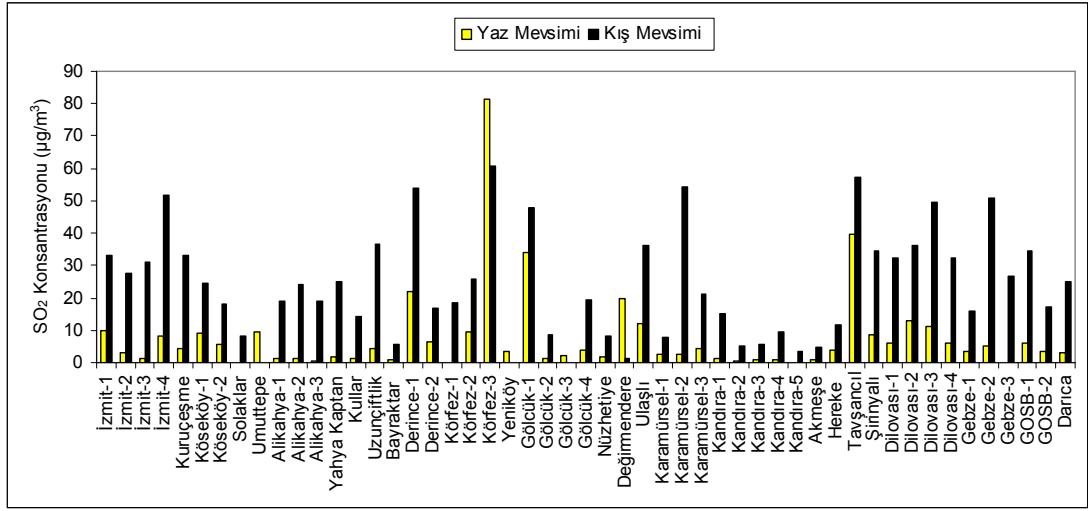
Kükürtdioksit için kış dönemi ölçüm periyodunda tespit edilen konsantrasyonlar 1,3-60,7 µg/m³ arasında değişmektedir. Tüm örnekleme noktalarında elde edilen sonuçların ortalaması ise 25,4 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. Bu değer HKKY'de 150 µg/m³ olarak verilen UVS değerinin oldukça altındadır. Bu anlamda sorun yok gibi görünse de eğer gerekli önlemler alınmazsa gelecekte hedef sınırlar dikkate alındığında SO₂ konsantrasyonları da istenilen düzeylerin üzerinde olacaktır.

Kış mevsimi ozon ölçüm sonuçları incelendiğinde ozon konsantrasyonlarının 9,8-60,9 µg/m³ arasında değiştiği ve ortalama ozon konsantrasyonunun 30,6 µg/m³ olduğu görülmektedir. Bu değerler gerek insan sağlığı gerekse bitki gelişimini engelleyecek düzeylerin altındadır. İkincil bir kirletici olan ozonun oluşumunda fotokimyasal reaksiyonların rol oynaması, sıcaklık ve ışık şiddetinin daha fazla olduğu yaz mevsimi düzeylerinin kış mevsimine göre daha yüksek olmasını sağlamakta ve bu nedenle ozon tipik bir yaz kirleticisi olarak anılmaktadır.

4.1.1. Kocaeli ili SO₂ konsantrasyonları mevsimsel değişimi

Kocaeli'de SO₂ düzeylerinin hem meteorolojik koşullardaki değişimin hem de ısınma amaçlı yakma işlemlerinin hava kalitesine katkısının değerlendirilebilmesi için hem yaz hem de kış mevsimlerinde aynı ölçümler tekrarlanmıştır. Şekil 4.1'de örneklenen her noktada yaz ve kış dönemlerinde yapılan SO₂ ölçüm sonuçları görülmektedir. İki örnekleme noktası dışında tüm ölçüm noktalarında kış mevsimi

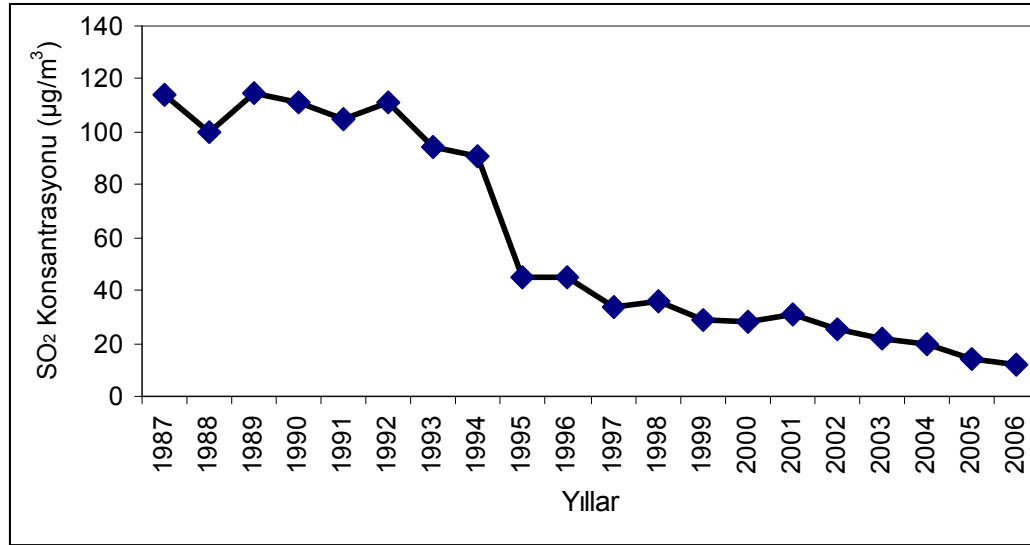
SO₂ konsantrasyonları yaz mevsimi konsantrasyonlarından daha yüksek bulunmuştur. Yaz mevsiminde SO₂ konsantrasyonunun kış mevsimine göre yüksek olduğu noktalardan biri İzmit Körfezinin kuzey kıyısında bulunan rafineri tesisinin olduğu yer, diğeri ise bu tesisin tam karşısında, Körfezin güney kıyısında yer alan Değirmendere yerleşim bölgesidir. Örneklemeye periyodunu kapsayan bir haftalık süre içinde rüzgar hız ve yönleri ile ilgili bir değerlendirme yapıldığında maksimum rüzgar hızları dikkate alındığında bu periyotta rüzgarın sadece kuzey sektörden estiği tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde bu bölgedeki SO₂ kaynağının rafineri olduğu ve karşı kıyıda bulunan Değirmendere'ye kuzey rüzgarlarıyla taşındığı söylenebilir.



Şekil 4.1: Yaz ve Kış Mevsimi SO₂ konsantrasyonları

Kentin genelinde SO₂ konsantrasyonlarının kış mevsiminde yüksek olması endüstriyel işlemler ve trafik şartlarının fazla değişmediği kabul edildiğinde SO₂ kaynağının ağırlıklı olarak ısınma amaçlı kükürt içerikli yakıtların yakılması olduğu düşünülmektedir. SO₂ konsantrasyonlarının UVS değerinden düşük olması, bölgede hem ısınma hem de endüstride enerji elde edilmesinde doğal gaz kullanımının yaygınlaşmasının bir sonucudur. İl Sağlık Müdürlüğü'nün Kocaeli kent merkezinde 1987 yılından bu yana düzenli olarak ölçtüğü SO₂ konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Şekil 4.2'de SO₂ konsantrasyonlarının doğalgaza geçişin başladığı 1995-1996 yılından sonra kademeli olarak azaldığı görülmektedir.

1994 yılına kadar yaklaşık $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon değerlerine sahip olan SO_2 konsantrasyonunun, iki yıllık bir sürede $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altına indiği ve 2006 yılındaki konsantrasyonunun ise $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmektedir. Kükürtdioksit konsantrasyonlarındaki bu azalmada doğalgaz kullanımının etkisi yanında, konutlarda ve sanayi tesislerinde kaliteli yakıt kullanımı, kente giren kömürlerin denetimlerinin artırılmasının da oldukça büyük bir katkısı olmuştur.



Şekil 4.2: Kocaeli kent merkezinde SO_2 konsantrasyonlarının yıllık değişimi [42]

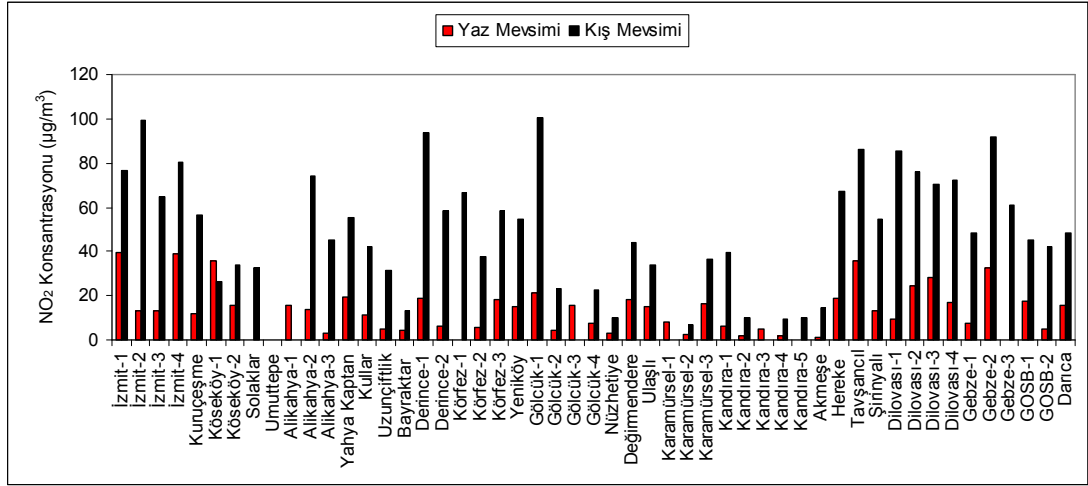
Kükürtdioksit konsantrasyonunda görülen mevsimsel farklılıkların, yazın ısınma amaçlı kullanılan yakıtların yakılmaması ile kış sezonunu temsil eden aylarda; inversiyon, düşük karışım yükseklikleri gibi hava kirliliği yönünden olumsuz meteorolojik koşulların etkisiyle oluştuğu söylenebilir.

4.1.2. Kocaeli ili NO_2 konsantrasyonları mevsimsel değişimi

Kocaeli'de 47 örnekleme noktasında ölçülen NO_2 konsantrasyonlarının mevsimlere göre değişimleri Şekil 4.3.'de gösterilmiştir. Bu noktalar arasında bazı ölçüm noktalarında kış, bazı ölçüm noktalarında ise yaz örnekleyicileri tahrip edildiğinden birkaç noktada sadece tek bir mevsime ait değerler bulunmaktadır. Azotdioksitin mevsimsel değişimi incelendiğinde; bir nokta dışında tüm ölçüm noktalarında kış mevsimi NO_2 konsantrasyonlarının yaz mevsiminden daha yüksek olduğu

görülmektedir. Diğer ölçüm noktalarında kış/yaz konsantrasyon oranları 2-14 aralığında değişirken bu noktada 1'in altında bulunması NO₂ konsantrasyonları üzerinde trafiğin etkisine işaret etmektedir. Yaz mevsiminde Avrupa'dan Anadolu'ya olan trafik akışındaki artış ve otoyol gişelerinin olduğu bu ölçüm noktasında çoğunlukla sıkışık düzende bir araç trafiğinin olması bu durumu açıklamaktadır.

Azotdioksit konsantrasyonunun kış mevsiminde yaz mevsimine göre daha yüksek olmasına, kış mevsiminde ısınma amaçlı kullanılan yakıtların yakılması, endüstride enerji elde etmek için kullanılan yakıt miktarlarının yaz mevsimine göre daha fazla olması ve kış mevsiminde kirleticilerin dağılımını engelleyecek olumsuz meteorolojik koşulların bulunması gibi faktörler etki etmektedir.

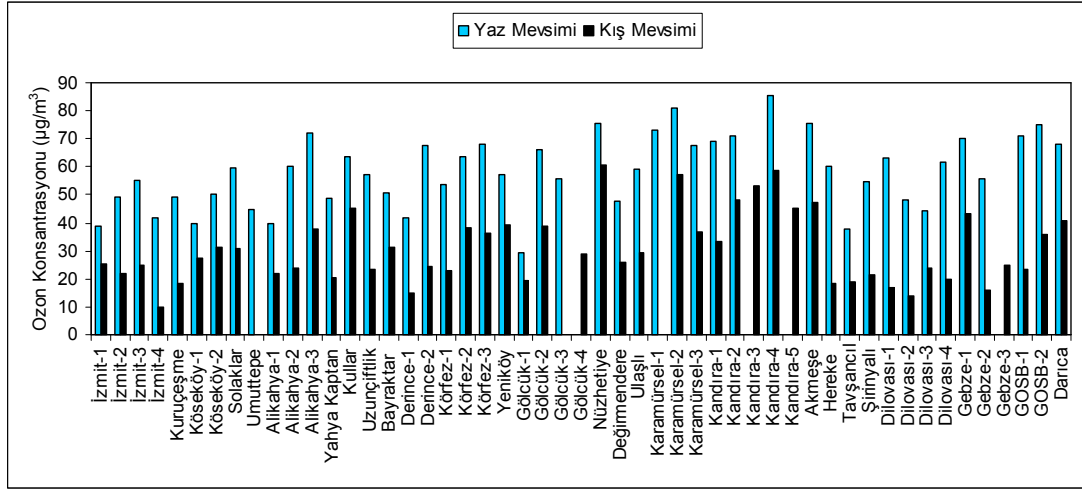


Şekil 4.3: Yaz ve Kış Mevsimi NO₂ konsantrasyonları

4.1.3. Kocaeli ili O₃ konsantrasyonları mevsimsel değişimi

Kocaeli'de 48 örnekleme noktasında ölçülen O₃ konsantrasyonlarının mevsimlere göre değişimleri Şekil 4.4.'de gösterilmiştir. Yaz kirleticisi karakteristiğine uygun olarak tüm ölçüm noktalarında yaz mevsimi ozon konsantrasyonları kış mevsimindeki konsantrasyonlardan 1,2–4,3 kat daha fazla olarak tespit edilmiştir. Yaz ve kış mevsimi O₃ sonuçları arasında görülen farklılıklar sıcaklıkların ve ışık şiddetinin kış mevsiminde belirgin bir şekilde düşmesi nedeniyle fotokimyasal

reaksiyonların tamamlanamaması yaz mevsimine oranla çok daha düşük O₃ değerlerini de beraberinde getirmiştir.



Şekil 4.4: Yaz ve Kış Mevsimi O₃ konsantrasyonları

4.2. Kocaeli İli Kirlilik Dağılım Haritalarının Oluşturulması

Çalışma kapsamında yaz ve kış mevsimlerinde 51 noktada yapılan örnekleme çalışması sonucu inorganik kirleticilerin (NO₂, SO₂ ve O₃) CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) yazılımı olan MapInfo kullanılarak ekstrapolasyon yöntemi ile oluşturulan kirlilik haritaları aşağıda bölümler halinde verilmiştir.

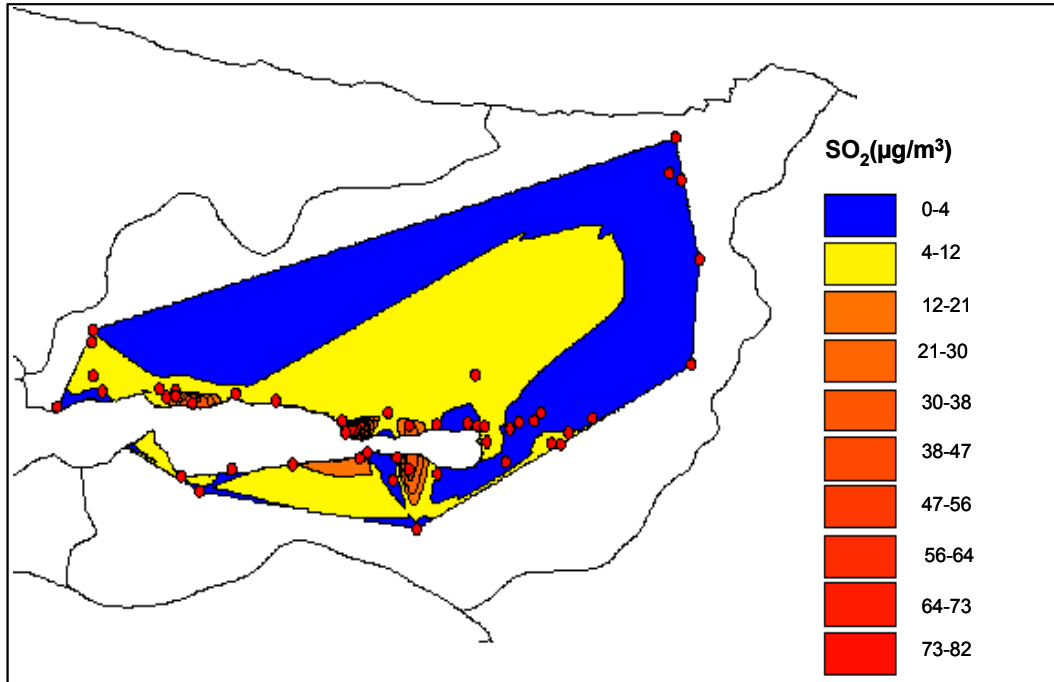
4.2.1. SO₂ dağılım haritaları

Çalışma bölgesinde yaz ve kış mevsimleri için çizilen SO₂ dağılım haritaları Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 'da gösterilmektedir.

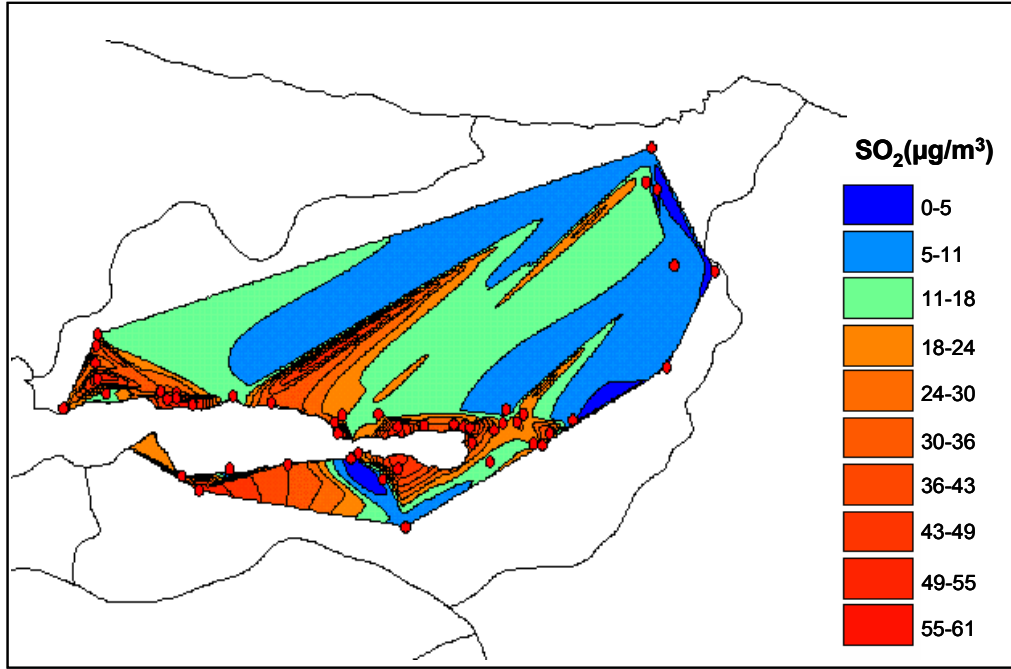
Bölgede SO₂ kirliliğine neden olabilecek önemli kirlilik kaynakları arasında yaz mevsiminde taşıt emisyonları, kış mevsiminde de buna ilave olarak konutlarda ısınma amaçlı, endüstride de ısınma ve enerji üretimi amaçlı kullanılan fosil yakıtların yanması sayılabilir. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi bölge genelinde SO₂ kirliliğinin sadece İzmit Körfezinin kuzey ve güney sahili boyunca diğer bir deyişle sadece taşıt trafiğinin yoğun olduğu bölgede gözlenmesi yaz mevsiminde SO₂ kirliliğine büyük ölçüde taşıt emisyonlarının neden olduğuna işaret etmektedir.

Yaz mevsiminde gözlenen bu durum kış mevsiminde bir miktar farklılık göstermektedir. Doğalgaz Kocaeli’de son yıllarda hem endüstride hem de konutlarda hızla artan bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak Kocaeli İl Çevre ve Orman Müdürlüğünden alınan verilere göre bölgede evsel ısınma amaçlı kullanılan yakıt türleri % 62 kömür, % 18 doğal gaz, % 17 odun, % 3 fuel oil şeklindedir. Özellikle son yıllarda doğalgazın yaygın olarak kullanılmaya başlanması ile SO₂ kirlilik düzeylerinde önemli bir düşüş gözlenmesine rağmen halen kömür, odun ve fuel oil kullanımının yaygın olması yaz mevsimine nazaran kış mevsiminde daha yüksek SO₂ düzeylerine neden olmaktadır.

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi halen SO₂ için HKKY’de 150 µg/m³ olarak verilen UVS değerinin AB uyum sürecinde hazırlıkları sürdürülen Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre ekosistemin korunması için verilen hedef sınır değerinin 20 µg/m³ olacağı dikkate alındığında özellikle kış mevsiminde evsel ısınmanın yanısıra endüstride ve taşıt araçlarında kullanılan fosil yakıtlarda dikkate alındığında bölgede “Yanma” kaynaklı önemli bir kirliliğin söz konusu olduğu söylenebilir.



Şekil 4.5: Yaz mevsimi örneklemesinde Kocaeli bölgesinde gözlenen SO₂ dağılımı



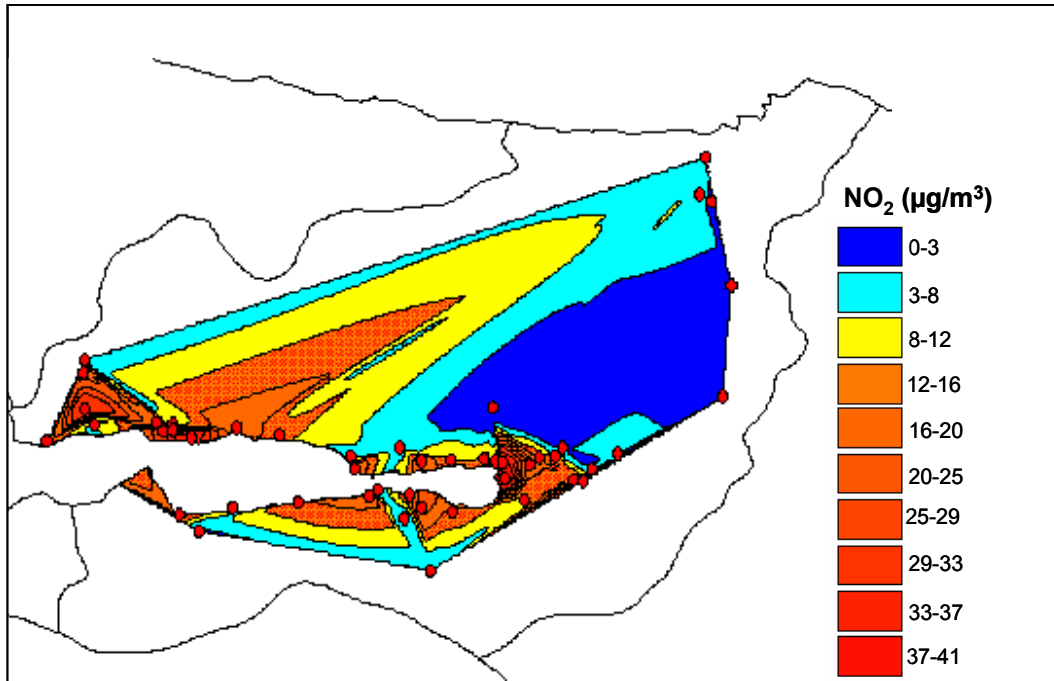
Şekil 4.6: Kış mevsimi örneklemesinde Kocaeli bölgesinde gözlenen SO₂ dağılımı

4.2.2. NO₂ dağılım haritaları

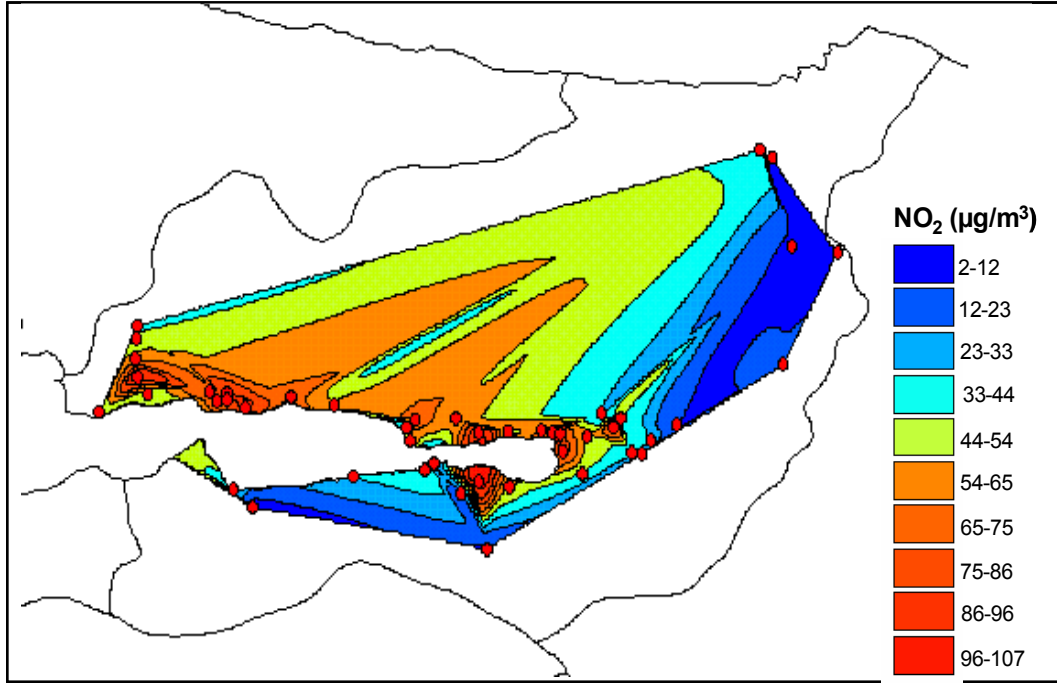
Çalışma bölgesinde yaz ve kış mevsimleri için çizilen NO₂ dağılım haritaları Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 'de gösterilmektedir. Şekil 4.7 ve 4.8 incelendiğinde bölgede NO₂ dağılımının SO₂ ile benzerlik gösterdiği söylenebilir. Bunun en büyük nedeni azot oksitlerin de kükürt oksitler gibi temelde fosil kökenli yakıtların yanması sonucunda meydana gelmesi ve atmosfere yayılımlarının; taşıt egzostları, insineratörler, kimyasal işlemler, ısınma amacı ile kullanılan bazı fosil kökenli yakıtların yanması gibi benzer emisyon kaynaklarından meydana gelmesidir.

Her iki mevsim için de hazırlanan kirlilik haritasında NO₂ konsantrasyonlarının özellikle TEM otoyolu ve D100 karayoluna yakın bölgelerde yüksek olmakla beraber endüstriyel bölgeler civarında da yüksek olduğu görülmektedir. Bu dağılım, trafik emisyonlarının ve endüstriyel faaliyetlerin bölgede ölçülen NO₂ konsantrasyonlarını belirleyen en önemli kaynaklar olduğunu göstermektedir.

Sonuçlar incelendiğinde trafiğin ve endüstrinin yoğun olduğu alanlarda gözlenen NO₂ ve SO₂ konsantrasyonları endüstri ve trafikten uzak bölgelerde gözlenen konsantrasyonların 2-4 katı daha yüksek bulunmuştur. Kükürdioksit ve NO₂ için çizilen dağılım haritaları yaz ve kış mevsimlerinde benzer dağılım göstermekle beraber her iki kirletici için kış mevsiminde elde edilen kirlilik düzeyleri yaz mevsiminde elde edilen düzeylerin oldukça üzerindedir. Kışın motorlu araçların soğuk çalışma emisyonlarının artması ve şehirdeki araç sayısının yaz mevsimine göre daha fazla olmasının yanısıra özellikle konut alanlarında ısınma amacıyla fosil yakıtların kullanılması NO₂ ve SO₂ kirlilik düzeylerindeki artışın başlıca nedenlerindedir. Fosil yakıtlar evsel ısınmanın yanısıra endüstride de gerek ısınma gerekse enerji üretimi yapan kojenerasyon tesislerinde kullanılmaktadır. Endüstriyel kuruluşlar, çalışanlarına izin kullandıkları ve yıllık bakım faaliyetlerini gerçekleştirdikleri yaz döneminde genellikle üretim kapasitelerinin de düşmesi nedeniyle kış mevsiminde artan üretim faaliyetlerine paralel olarak fosil yakıt kullanımlarındaki artış, kış mevsiminde gözlenen yüksek NO₂ ve SO₂ düzeylerinde trafik emisyonları ve fosil yakıt yanmasını ön plana çıkarmaktadır



Şekil 4.7: Yaz mevsimi örneklemede Kocaeli bölgesinde gözlenen NO₂ dağılımı



Şekil 4.8: Kış mevsimi örneklemesinde Kocaeli bölgesinde gözlenen NO₂ dağılımı

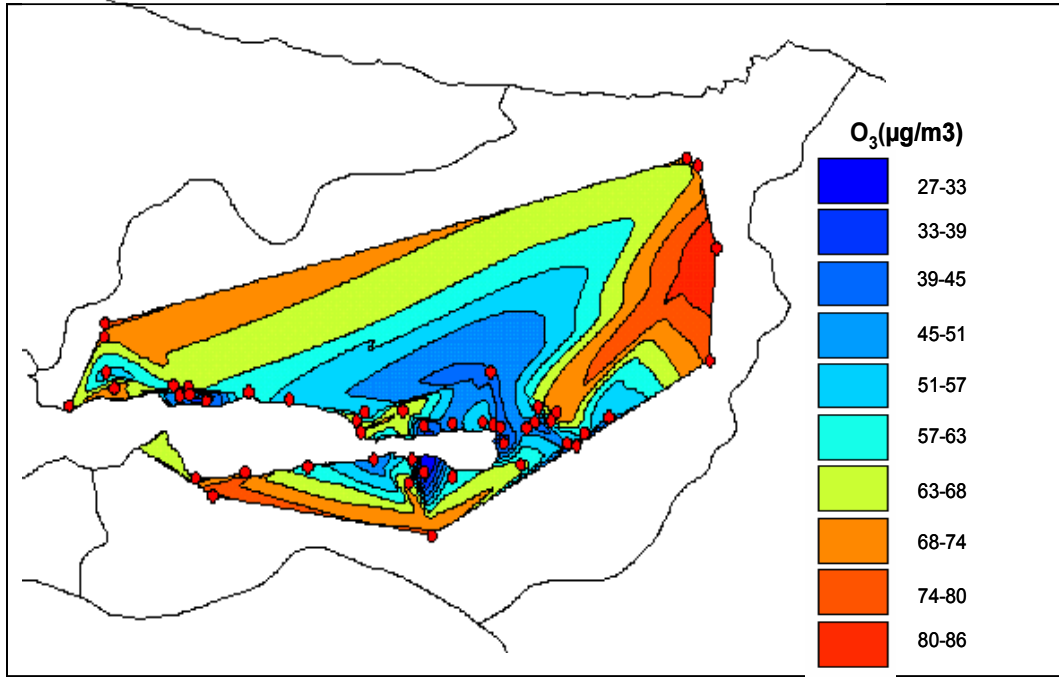
4.2.3. O₃ dağılım haritaları

Çalışma bölgesinde yaz ve kış mevsimleri için çizilen O₃ dağılım haritaları Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 'da gösterilmektedir.

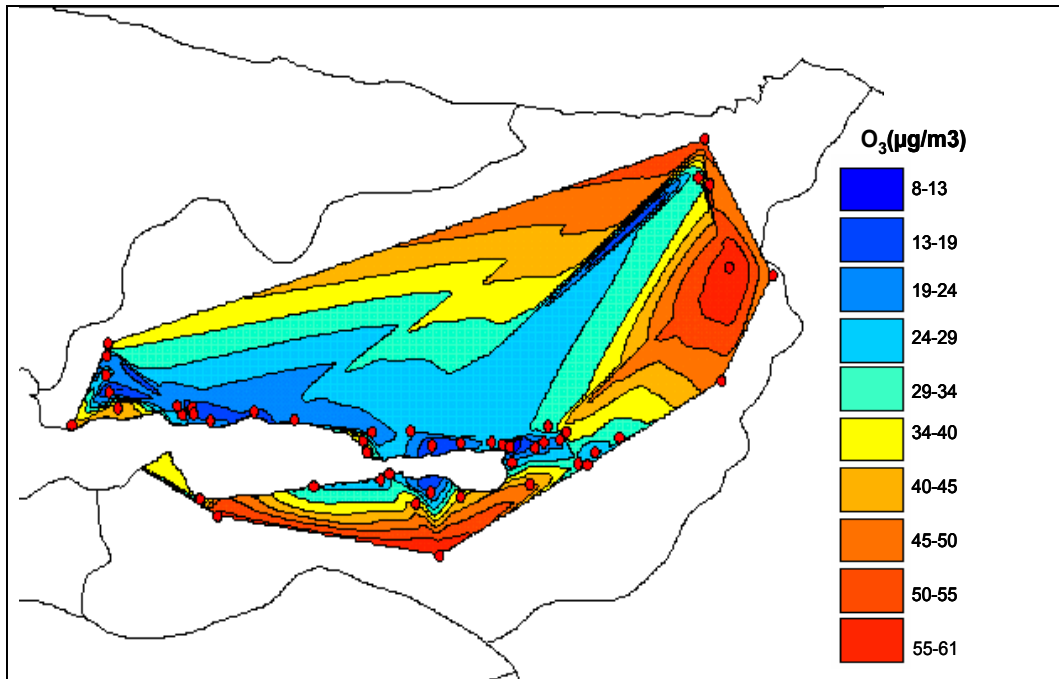
Ozon için hazırlanan dağılım haritaları incelendiğinde konsantrasyonların yerleşim ve endüstri bölgelerinde düşük, kaynaklara uzak noktalarda (endüstri ve trafikten uzak alanlarda) ise yüksek olduğunu görülmektedir. Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi bu durum NO'nun O₃ ile reaksiyona girerek NO₂ oluşturması ve bu sırada O₃'ün tüketilmesine uyan bir dağılımdır. Bu nedenle NO ve NO₂ nin yüksek olduğu bölgelerde meydana gelen reaksiyonlar sonucunda O₃ parçalandığından NO kaynaklarının yakınında O₃ konsantrasyonları genellikle düşük olmaktadır.

Endüstri ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde O₃ konsantrasyonlarının düşük ve kırsal bölgelerde yüksek olması çevre çalışmalarında genellikle gözlenen bir durumdur. Çalışma alanında gözlenen O₃ sonuçları da bu mekanizma ile uyumludur. Ozon ve NO₂ dağılım haritaları birlikte incelendiğinde NO₂'nin yüksek

olduğu (endüstriyel trafiğin yoğun olduğu bölgeler) yerlerde O_3 düşük, NO_2 nin düşük olduğu (endüstri ve trafikten nispeten uzak bölgeler) yerlerde O_3 yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.9: Yaz mevsimi örneklemesinde Kocaeli bölgesinde gözlenen O_3 dağılımı



Şekil 4.10: Kış mevsimi örneklemesinde Kocaeli bölgesinde gözlenen O_3 dağılımı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ozon, kükürtdioksit ve azotdioksit konsantrasyonlarının mekansal dağılımını ve bu kirleticilere etki eden kaynak bölgelerini tespit edebilmek amacıyla Kocaeli il genelinde 51 örnekleme noktası belirlenmiştir. Bu çalışmanın 51 noktada eş zamanlı yapılması için en uygun örnekleme yöntemi olan, difüzyif örnekleycilerin kullanıldığı pasif örnekleme yöntemi seçilmiştir. Bir haftalık maruziyet süresinde dış ortamda bırakılan örnekleycilerden bir kısmı tahrip edildiği veya kaybolduğu için yaz mevsiminde her üç kirletici için 47, kış mevsiminde NO₂ için 46, SO₂ ve O₃ için 48 örneğin analizi yapılarak konsantrasyonlar belirlenmiştir.

Azotdioksit ve SO₂ için elde edilen konsantrasyon değerleri, HKKY’de verilen UVS değerlerle karşılaştırıldığında, ölçüm yapılan noktaların tümünde konsantrasyonların yönetmelikte verilen sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Ancak yeni düzenlemeler yapılarak hazırlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’nde verilen hedef sınır değerlere ulaşabilmek ve gelecekte bu sınır değerlerin aşılmamasını sağlayabilmek için mutlaka bu kirleticilerin kontrolü için önlemlerin alınması gerekecektir.

Ozon için tespit edilen değerler tüm ölçüm noktalarında Avrupa Birliği tarafından verilen günlük ortalama sınır değer 120 µg/m³’ün altında olmakla birlikte, özellikle kent merkezinden uzak bölgelerdeki ozon konsantrasyonları vejetasyonun korunması için verilen 65 µg/m³’lük sınır değeri birçok yerde aşmaktadır. Ozon konsantrasyonlarının yüksek olduğu bölgeler kent merkezi ve yoğun trafikten uzak yerleşim yerleridir. Bu bölgelerde ozonun tüketim hızının düşük olmasının yanında topoğrafik özelliklerin de bu durumu etkilediği düşünülmektedir. Yüksek ozon konsantrasyonlarının görüldüğü bölgeler çoğunlukla deniz seviyesinden yüksek, kırsal veya şehir merkezinden uzak yerleşim yerleridir.

Kirleticilerin konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişimi belirleyebilmek için yaz ve kış mevsimlerini temsil edecek şekilde iki farklı örnekleme periyodunda ölçümler yapılmıştır. Çalışma için seçilen kirleticilerden NO₂ ve SO₂ özellikle yanma işleminin sonucu ortam havasına yayılan kirleticilerdir. Ozon ise azotoksit ve hidrokarbonlar gibi birincil kirleticilerin atmosferde karmaşık bir dizi fotokimyasal reaksiyonlarının sonucu oluşan ikincil bir kirleticidir. Bu nedenle yanma sonucu ortama yayılan NO₂ ve SO₂ konsantrasyonları, yanma işlemlerinin daha fazla olduğu kış mevsiminde yaz mevsimine göre daha yüksek düzeylerde bulunurken, oluşumunun doğası gereği beklenildiği gibi ozon konsantrasyonları sıcaklık, ışık şiddeti ve güneşlenme süresinin daha fazla olduğu yaz mevsiminde daha yüksek düzeylerde bulunmuştur.

Herbir örnekleme noktasında tespit edilen kirletici konsantrasyonları ve örnekleme noktalarının konum bilgileri kullanılarak MapInfo yazılımı yardımıyla her bir kirleticinin yaz ve kış mevsimlerine ait dağılım haritaları oluşturulmuştur. Dağılım haritaları kirleticilerin mekansal değişimi ve kirlilik kaynaklarının konumlarının görsel olarak takip edilmesini kolaylaştıran ve yaygın olarak kullanılan araçlardır. Çalışma kapsamında oluşturulan dağılım haritaları incelenen kirleticilerin kaynakları hakkında önemli bilgiler vermiştir. Yanma kaynaklı olan NO₂ ve SO₂ her iki mevsimde de benzer dağılım gösterirken ikincil bir kirletici olan O₃ farklı bir dağılım şekli göstermiştir.

Trafiğin ve endüstrinin yoğun olduğu alanlarda gözlenen NO₂ ve SO₂ konsantrasyonları endüstri ve trafikten uzak bölgelerde gözlenen konsantrasyonların 2-4 katı daha yüksek olarak bulunmuştur. Ozon konsantrasyonları ozon öncül bileşiklerin kaynaklarında minimum düzeylerde iken ozon öncül bileşiklerin kaynaklarından esen rüzgar yönündeki kent merkezi dışındaki bölgelerde en yüksek değerleri göstermiştir.

Endüstri ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde O₃ konsantrasyonlarının düşük ve kırsal bölgelerde yüksek olması çevre çalışmalarında genellikle gözlenen bir durumdur. Çalışma alanında gözlenen O₃ sonuçları da bu mekanizma ile uyumludur. Ozon ve NO₂ dağılım haritaları birlikte incelendiğinde NO₂'nin yüksek olduğu (endüstriyel ve trafiğin yoğun olduğu bölgeler) yerlerde O₃ düşük, NO₂ nin düşük

olduğu (endüstri ve trafikten nispeten uzak bölgeler) yerlerde O₃ konsantrasyonları yüksek bulunmuştur.

Kocaeli genelinde 51 noktada eş zamanlı yapılan ölçüm sonuçlarına göre incelenen kirletici düzeylerinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Bu durum, bir kentin hava kalitesinin belirlenmesinde endüstri kuruluşları, atık bertaraf tesisleri, otoyollar gibi kirletici kaynaklar ve meskun bölgeler, duyarlı tarım alanları, ormanlık alanlar gibi kirlilikten etkilenebilecek alıcı ortamlar dikkate alınarak birden fazla noktada sürekli izlemelerin yapılabileceği bir kirlilik ölçüm ağının oluşturulmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çalışma sonuçlarından elde edilen bilgilere göre 1996 yılına kadar önemli bir kirletici olan SO₂ düzeylerinde özellikle doğalgaz kullanımının yaygınlaşmasından sonra büyük bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Ancak 2007 yılından sonra sınırlı sayıda izleme istasyonunda sürekli ölçümleri yapılan NO₂ ve O₃'la ilgili yeterli bir veri seti henüz oluşmamıştır. Doğalgaz yanması sonucunda ortama yayılan en önemli kirleticilerden olan NO ve NO₂'in konsantrasyonundaki değişimlerin izlenmesi önemlidir. Sürekli izleme istasyonlarında yapılacak uzun süreli ölçüm sonuçları değerlendirilerek doğal gaz kullanımındaki artış ile kirletici düzeyleri arasındaki ilişkilerin izlenmesi ve hava kalitesi yönetim planlarının güncellenmesi önerilmektedir.

SO₂ ve PM gibi yanma kaynaklı kirleticilerin izlendiği birçok kentimizde bu kirleticilerin Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde verilen standartları aşmadığı görülmektedir. Ancak gözlenen bu değerlerin Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde verilen standartların altında olmasının nedenlerinden biri, ülkemizde uygulanan standartların çok yüksek oluşudur. Şu sıralarda ülkemizde Avrupa Birliği'ne entegrasyon çalışmaları bütün hızıyla sürmektedir. Bu çerçevede çevre konusunda yapılan çalışmalar, yönetmeliklerin AB direktifleri ile uyumlu hale getirilmesi ile sınırlıdır. AB direktifleri ile uyumlu hale getirilecek Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nin uygulanması halinde Kocaeli'de de SO₂, NO₂ ve O₃ düzeylerinin bu standartların üzerinde olacağı anlaşılmaktadır.

Artık kirletici düzeylerinde, doğal gaza geçişten sonra gözlenen büyük değişiklikler beklenemeyeceğine göre, kentlerimizde görülen kirletici düzeylerinin kısa bir süre sonra geçerli olacak yeni standartların altına çekilmesi ancak kaynak-alıcı ortam ilişkisinin bilimsel bir şekilde kurulması ile mümkündür. Bu amaçla, alınması gereken önlemleri belirleyecek bilimsel araçlar olan ölçümler, modelleme çalışmaları, hava kalitesi yönetim planlarının tüm kentleri kapsayacak şekilde yapılması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Pekey B. “İzmit Körfezi Yaş ve Kuru Çökeltme Örneklerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar Kaynakları, Seviye Tespiti ve Zaman Göre Değişimleri” Doktora tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 10-11,Kocaeli,2004.
- [2] Çetin Ş., Karademir A., Pekey B., Ayberk S. , “Kocaeli İlinde Sanayi Kaynaklı Birincil Kirlenmelerin Emisyon Envanteri”, **Uluslararası 9. Yanma Sempozyumu, Kırıkkale** ,3,16-17 Kasım (2006).
- [3] Probert, S.M.,. “Community Sampling of Volatile Organic Compounds in the Capital Health Region: A Health Perspective. Ms Thesis”, **Department of Civil and Environmental Engineering. University of Alberta**, Alberta, Canada, (2000).
- [4]Aydın, Ö., “Havadaki SO₂ ve PM konsantrasyonunun İstatiksel Yöntemlerle modellenmesi: Zonguldak Şehir Örneği”, Yüksek Lisans Tezi,**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**,Zonguldak,2-44, (2006).
- [5] De Nevers, N., “Air Pollution Control Engineering”, **McGraw-Hill,Inc.**, New York, USA,(1995).
- [6] Karpuzcu M., “Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü”, **Kubbealtı Neşriyat, İstanbul** , (2004).
- [7] Irmak, E., “Yalova ili 2003-2004 Dönemi Hava Kirliliği Çalışması”,Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul,5-6,(2005).
- [8] Byrne, C. A., “Air Sampling of Volatile Organic Compounds in a Community Near an Industrial Corridor.” Ms Thesis. Department of Civil and Environmental Engineering,**University of Alberta**, Alberta, Canada,(2000).
- [9] Müezzinoğlu, A., “Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün esasları” **İzmir**,18,s,(2003).
- [10] Tırıs M, Kalafatoğlu E, Okutan H, “Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü”.,**Gebze, MAM, Kocaeli**, 1-14,256,(1993).
- [11]Müezzinoğlu,A., “Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün esasları” **İzmir**,293s,(1987).
- [12] Refik Saydam Hıfzısıssıha Araştırma Müdürlüğü,**Hava Kirliliğine Genel Bakış**, (online)<http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>,**(Ziyaret Tarihi:12.08.2007)**
- [13]TAŞ,F.,”Hava kirliliği ve Kastamonu Şehir Merkezi İçin Değerlendirme”,Yüksek Lisans Tezi,**Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**,Ankara, 1 ,(2006).

- [14] Amerikan Çevre koruma Ajansı, “*Hava Kalite İndeksi Nedir?*” ,[online],<http://www.havaizleme.gov.tr/havakalitesiindexi.html>(**Ziyaret Tarihi:01.04.2008**)
- [15]Kükürtdioksit,Azotdioksit,[online],http://www.havaizleme.gov.tr/sinir_degerleri.html,(**Ziyaret Tarihi:01.04.2008**).
- [16] Kraft M., Eikman T, kappos A., Künzli N., Rapp R, Schneider K., Seitz H., Voss J., Wichmann E., “The German view: Effects of nitrojen dioxide on human health- derivation of health – related short-term and long-term values”,*International Journal of hygiene and environmental health* **208**,305-318, (2005).
- [17] Tozsın ,G., “Yer Seviyesi Ozon Kirliliğine Neden Olan Parametrelerin İstanbul İli İçin İncelenmesi” ,Yüksek Lisans Tezi,*Yıldız Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü*,21, İstanbul, (2003) .
- [18] Özcan K., Şahin Ü., Bayat C., Uçan N.O., “İstanbul ili troposferdeki ozon konsantrasyonlarının hücresel yapay sınır ağ yöntemiyle modellenmesi” ,*Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi* **21 (2)**, 249-245,(2006).
- [19] Helaleh, M. I. H, Ngudiwaluyo, S., Korenaga, T., Tanaka , K., “Development of passive sampler technique for ozon monitoring. estimation of indoor and outdoor ozone concentration”,*Talanta*, **58**, 649-659,(2002).
- [20] Akimoto H., “Global air quality and pollution”,*Science* **302**, (5651),1716–1719,(2003).
- [21] ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), Public Health assessment for Loudon County Hazardous air pollutants, Loudon County,*Tennessee*, (2006).
- [22] Plaisance H., Gerboles M., Piechocki, Detimmerman F., Seager E., “Radial diffusive sampler for the determination of 8-h ambient ozone concentrations”,*Environmental Pollution*, doi:10.1016/j.envpol.2006.11.032,(2007).
- [23] Yay Ozan D. “Eskişehir ve yakın Çevresinde yüzey Ozon dağılımlarının MM-CAMx Modelleri Kullanılarak Belirlenmesi”Doktora Tezi,*Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,Eskişehir,18,(2006).
- [24] McDermott, H.J., “ Air Monitoring for Toxic Exposures”, *John Willey&Sons, Inc.*, 2nd Edition, New York, USA,(2004).
- [25] Wadden, W. A. and Scheff P. A., “Indoor Air Pollution Characterization, Prediction and Control”, *John Willey & Sons,Inc.*, USA,(1983).

- [26] Monn, C.H., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., Wanner, H.U., “ Particulate matter less than 10 μm (PM10) and fine particles less than 2.5 μm (PM2.5): relationships between indoor, outdoor and personal concentrations”. *The Science of the Total Environment*, **208**, 15–21,(1997).
- [27] Cox, R. M., “The use of passive sampling to monitor forest exposure to O₃, NO₂ and SO₂: a review and some case studies”,*Environmental Pollution*,126(3), 301,(2003).
- [28] Gorecki, T. and Namiesnik, J, “Passive sampling”, *Trends in Analytical Chemistry*, **21(4)**, 276–290,(2002).
- [29] Lewne, M., Cyrus, J., Meliefste, K., Hoek, G., Brauer, M., Fischer, P., Gehring, U., Heinrich, J., Brunekreef, B., Bellander, T., “Spatial variation in nitrogen dioxide in three European areas”,*The Science of the Total Environment* **332**, 217–230,(2004).
- [30] Zabiegala, B., Gorecki, T., Przyk, E., Namiesnik, J., “Permeation passive sampling as a tool for the evaluation of indoor air quality”,*Atmospheric Environment* **36(17)**, 2907–2916, (2002).
- [31] Coğrafi Bilgi Sistemleri Nedir,[online],<http://www.bimtas.com.tr/cbsua.htm> (**Ziyaret tarihi:08.07.2007**)
- [32] Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS-GİS) Nedir,2006,[online],www.gislab.ktu.edu.tr (**Ziyaret tarihi:08.05.2008**)
- [33]MapinfoNedir?,2007,[online],www.turkgis.com/forum/viewtopic.php?t=49&sid=daa34541a48a6d9a024bc55d10d63797(**Ziyaret tarihi: 08.05.2008**)
- [34] Singer, B. C., Hodgson, A. T., Hotchi, T., Kim, J. J., “ Passive measurement of nitrogen oxides to assess traffic-related pollutant exposure for the East Bay Children’s Respiratory Health Study”., *Atmospheric Environment* , **38**, 393-340,(2004).
- [35]Bhugwant, C. and Hoareau, J-L., “Variability of NO₂ in different environments at a moderately polluted island over the southwestern Indian Ocean”, *Atmospheric Research* **66**, 241-259.,(2003).
- [36] Lin, T.-Y., Young, L.-H., Wang, C.-S., “Spatial variations of ground level ozone concentrations in areas of different scales” *Atmospheric Environment* **35**, 5799-5807,(2001).
- [37] Cooper, S. M. and Peterson, D. L., “Spatial distribution of tropospheric ozone in western Washington, USA”, *Environmental Pollution* ,**107**, 339-347,(2000).
- [38] Özden, Ö, Döğeroğlu, T., Kara, S., “Assessment of ambient air quality in Eskişehir, Turkey”.,*Environment International* **34**, 678-687,(2008).

[39] KARAGÖZ,E., “*Kocaeli İli Çevre Durum Raporu*”, Kocaeli ,2, (2003).

[40]Ozone(O₃),[online],http://www.radiello.it/english/o3_en.htm
(Ziyarettarihi:12.12.2007)

[41] EC Guideline 92/72/EEC/Ozone Directive. “Tropospheric Ozone in EU”, *The Consolidation Report* ,Topic Report No 8/1998.

[42] DİE (Devlet İstatistik Enstitüsü) ,[online]"Çevre İstatistikleri Hava Kirliliği Haber Bülteni", <http://www.tuik.gov.tr> (Ziyaret tarihi:15.05.2008).

ÖZGEÇMİŞ

Ümmiye ÖZASLAN 16.01.1982 tarihinde İzmit'te doğdu. İlkokulu İzmit İnkılap İlköğretim okulunda, liseyi İzmit İnkılap Lisesinde bitirerek 1998 yılında mezun oldu. Yüksek öğrenimine Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Bölümünde başladı ve 2004 yılında mezun oldu. 2005 yılında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen bir madeni yağ fabrikasında kimyager olarak görev almaktadır.