

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇ ORTAM HAVASINDA ESER ELEMENTLER VE
İNORGANİK GAZ KİRLİTİCİLERİN DÜZEYLERİNİN,
KAYNAKLARININ VE SAĞLIK ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Y. Kimyager Zehra BOZKURT

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Beyhan PEKEY

KOCAELİ 2009

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇ ORTAM HAVASINDA ESER ELEMENTLER VE
İNORGANİK GAZ KİRLETİCİLERİN DÜZEYLERİNİN,
KAYNAKLARININ VE SAĞLIK ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Y. Kimyager Zehra BOZKURT

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih: 10 Temmuz 2009

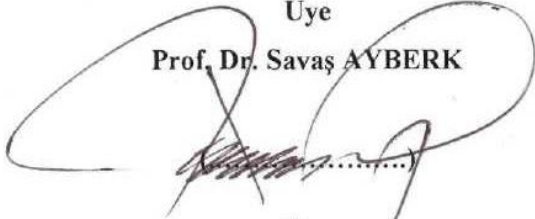
Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Beyhan PEKEY


(.....)

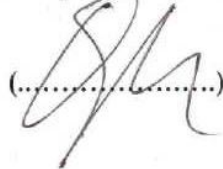
Üye

Prof. Dr. Savaş AYBERK


(.....)

Üye

Doç. Dr. Aykan KARADEMİR


(.....)

Üye

Yrd. Doç. Dr. Nilüfer HİLMİOĞLU


(.....)

Üye

Doç. Dr. Duran KARAKAŞ


(.....)

KOCAELİ, 2009

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu (ÇAYDAG) tarafından desteklenen “Kocaeli’de Evlerde, Ofislerde ve Okullarda İç Ortam Hava Kalitesinin Belirlenmesi” adlı TÜBİTAK projesi (Proje No: 104Y275) kapsamında hazırlanmıştır.

Doktora programına başlamamda ve sürdürmemde bana destek olan değerli hocam, Mühendislik Fakültesi Dekanı ve Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Savaş AYBERK’e ve şahsında Çevre Mühendisliği Bölümüne ve Çevre Mühendisliği Bölümündeki tüm değerli hocalarıma,

Tez konumun seçiminde, yönlendirilmesinde, sonuçlandırılmasında ve tezin yazımında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli hocam, danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Beyhan PEKEY’e ve çalışmanın her aşamasında verdiği destekle büyük katkı sağlayan ve engin bilgilerini sunan değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan PEKEY’e

Çalışmam süresince verdikleri destek ve bilgiler nedeniyle Prof. Dr. Gürdal TUNCEL’e, ölçümler ve analizler sırasında ODTÜ laboratuvar ve ekipmanlarının kullanımında bize kolaylık sağlayan Prof. Dr. Ülkü YETİŞ’e, saha çalışmalarında ve model uygulamasındaki desteği ile yanımızda olduğu için Arş. Gör. Güray DOĞAN’a, ve ODTÜ Çevre Mühendisliği bölümü çalışanlarına, analizler sırasında göstermiş oldukları yardım ve bilgi paylaşımları nedeniyle, Prof. Dr. Abdurrahman BAYRAM (DEÜ), Yetkin Sönmez Dumanoglu’na (DEÜ), Dr. Abdullah Zararsız (TAEK -SANAEM) ve Dr. Nurettin EFE’ye (TAEK-SANAEM),

Çalışmanın her aşamasında birlikte olduğum, her türlü zorluk ve sıkıntıyı birlikte yaşadığım ekip arkadaşım Arş. Gör. Dr. Demet ARSLANBAŞ’a, tez izleme jürimde yer alarak tecrübeleriyle yol gösteren değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Nilüfer Hilmioğlu’na, çalışmalarım sırasında benden yardımını esirgemeyen ve her konuda destek olan sevgili arkadaşım Uzman Seda ASLAN’a

Son olarak, maddi, manevi her konuda destekleriyle daima yanımda olan canım aileme; annem Lutfiye BULUT, babam Ali BULUT, kardeşlerim Zuhale ve Ceydanur BULUT ve eşim Çağatay Mehmet BOZKURT’a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Yük. Kimyager Zehra BOZKURT

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ	viii
SİMGELER	xii
ÖZET	xvi
İNGİLİZCE ÖZET	xvii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Hava Kirliliği	4
2.1.1. İç ortam hava kirliliği	5
2.2. İnorganik Gaz Kirleticiler	8
2.2.1. Kükürtdioksit (SO ₂)	8
2.2.1.1. İç ve dış ortam kükürtdioksit kaynakları ve aralarındaki ilişkiler	9
2.2.1.2. Kükürtdioksit maruziyetinin insan sağlığı üzerine etkileri	11
2.2.2. Azotdioksit (NO ₂)	11
2.2.2.1. İç ve dış ortam azotdioksit kaynakları ve aralarındaki ilişkiler	13
2.2.2.2. Azotdioksit maruziyetinin insan sağlığı üzerine etkileri	14
2.2.3. Ozon (O ₃)	15
2.2.3.1. İç ve dış ortam ozon kaynakları ve aralarındaki ilişkiler	16
2.2.3.2. Ozon maruziyetinin insan sağlığı üzerine etkileri	17
2.3. Partikül Maddeler	17
2.3.1. İç ve dış ortam partikül madde kaynakları ve aralarındaki ilişkiler	18
2.3.2. Partikül madde maruziyetinin insan sağlığı üzerine etkileri	20
2.4. Seçilen Kirleticilere Ait Yapılmış Uluslararası Çalışmalar	20
2.5. Maruziyet Değerlendirmesi	25
2.5.1. Genel kavramlar	25
2.5.1.1. Maruziyetin tanımlanması	26
2.5.1.2. Uygulanan doz, potansiyel doz ve içsel doz	27
2.5.2. Maruziyetin ölçülmesi	28
2.5.2.1. İç ortam havasının izlenmesi	28
2.5.2.2. Kişisel izleme	29
2.5.3. Risk değerlendirme	31
2.6. Hava Kirliliği Örnekleme Yöntemleri	32
2.6.1. Pasif örnekleme	32
2.6.2. Aktif örnekleme	38
2.7. Alıcı Ortam (Reseptör) Modellemesi	40
2.7.1. Pozitif matris faktörizasyonu (PMF)	41
BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT	45
3.1. Çalışma Bölgesi	45
3.2. Örnekleme Stratejisi	45
3.3. Örnekleme Süresi	46
3.4. Örnekleme Yöntemlerinin Yerleştirilmesi	47

3.4.1. Kişisel maruziyet örneklemeesi	47
3.4.2. İç ortam örneklemeesi	48
3.4.3. Dış ortam örneklemeesi	49
3.5. Örnek Alma Yöntemleri	49
3.5.1. İç ve dış ortam partikül madde örneklemeesi.....	49
3.5.2. Kişisel partikül madde örneklemeesi.....	51
3.5.3. İnorganik gaz fazı kirleticilerin (SO ₂ , NO ₂ , O ₃) örneklemeesi.....	51
3.5.3.1. Pasif örnekleme	51
3.5.3.1.1. Kükürtdioksit ve azotdioksit	52
3.5.3.1.2. Ozon.....	52
3.5.3.2. Aktif örnekleme	53
3.5.3.2.1. Kükürtdioksit	53
3.5.3.2.2. Azotdioksit.....	54
3.5.3.2.3. Ozon.....	54
3.5.3.2.4. Sıcaklık, nem, karbonmonoksit ve karbondioksit	55
3.6. Örneklerin Hazırlanması ve Analizi.....	56
3.6.1. Partikül madde (PM10 ve PM2.5) örneklerinin analizi	56
3.6.2. Pasif azotdioksit ve kükürtdioksit örneklerinin ekstraksiyonu ve analizi	58
3.6.3. Pasif ozon örneklerinin ekstraksiyonu ve analizi.....	59
3.7. Veri Kalite Güvencesi	60
3.7.1. İnorganik gazlar	60
3.7.2. Partikül maddeler	62
3.8. Anket Çalışması.....	63
BÖLÜM 4. BULGULAR ve TARTIŞMA	67
4.1. Yaz Örneklemeesi.....	67
4.1.1. Meteorolojik şartlar	67
4.1.2. İnorganik gaz kirleticilerin aktif örnekleme sonuçları.....	69
4.1.2.1. İnorganik gaz kirletici konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimleri.....	75
4.1.3. Partikül madde (PM 10) ölçüm sonuçları.....	88
4.1.4. Partikül madde (PM2.5) ölçüm sonuçları.....	97
4.1.5. İnorganik gaz kirleticilerin pasif örnekleme sonuçları.....	111
4.2. Kış Örneklemeesi.....	121
4.2.1. Meteorolojik şartlar	124
4.2.2. İnorganik gaz kirleticilerin aktif örnekleme sonuçları	123
4.2.2.1. İnorganik gaz kirletici konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimleri.....	129
4.2.3. Partikül madde (PM10) ölçüm sonuçları.....	142
4.2.4. Partikül madde (PM2.5) ölçüm sonuçları.....	150
4.2.5. İnorganik gaz kirleticilerin pasif örnekleme sonuçları.....	162
4.3 Aktif ve Pasif Örnekleme Sonuçlarının Karşılaştırılması	172
4.4. PM2.5/PM10 Oranları.....	175
4.5. Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri	179
4.5.1. İnorganik gaz kirleticiler	179
4.5.2. Partikül maddede (PM10 ve PM2.5) elementler.....	180
4.6. Korelasyonlar.....	184
4.6.1. İç ve dış ortam konsantrasyonları arasındaki korelasyonlar.....	184
4.6.2. Kişisel maruziyet konsantrasyonları ile iç ve dış ortam konsantrasyonları arasındaki korelasyonlar.....	187
4.7. Sigara Kullanımı ile Kirletici Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler.....	190
4.8. Kirlilik Düzeylerinin Meteorolojik Verilerle İlişkilendirilmesi	192

4.8.1. Yaz örneklemeesi.....	192
4.8.2. Kış örneklemeesi	108
4.9. Sağlık Risk Değerlendirmesi	222
4.9.1 Tehlikenin tanımlanması.	222
4.9.2. Toksikite değerlendirmeesi.....	223
4.9.3. Maruziyet değerlendirmeesi.....	224
4.9.4. Risk karakterizasyonu	225
4.9.4.1. Ev, ofis ve okullarda kanserojenik ve kanserojenik olmayan risklerin karakterizasyonu	226
4.9.4.2. Kentsel, endüstriyel, endüstri ve trafikten uzak alanlarda kanserojenik ve kanserojenik olmayan risklerin karakterizasyonu	229
4.9.4.3. Sigara kullanan ve kullanmayan kişilerde kanserojenik ve kanserojenik olmayan risklerin karakterizasyonu	232
4.10. Reseptör (Alıcı Ortam) Modelleme Tekniğı Kullanılarak Kirletici Kaynakların Belirlenmesi.....	235
4.10.1. Dış ortam kirletici kaynaklarının belirlenmesi	237
4.10.2. İç ortam kirletici kaynaklarının belirlenmesi.....	249
4.10.2.1. Evlerde iç ortam kirletici kaynaklarının belirlenmesi	249
4.10.2.2. Ofis ve okullarda iç ortam kirletici kaynaklarının belirlenmesi	259
4.10.3. Kişisel maruziyet kirletici kaynaklarının belirlenmesi.....	266
4.11. Sonuçların Benzer Çalışmalar, Ulusal ve Uluslararası Sınır Değerlerle Karşılaştırılması.....	271
4.11.1. İnorganik gaz kirletici konsantrasyonlarının benzer çalışmalar ile karşılaştırılması.....	271
4.11.2. Partikül madde (PM2.5 ve PM10) konsantrasyonlarının benzer çalışmalar ile karşılaştırılması.....	274
4.11.3. İnorganik gaz kirletici ve partikül madde konsantrasyonlarının ulusal ve uluslararası sınır değerlerle karşılaştırılması.....	278
BÖLÜM 5.SONUÇ VE ÖNERİLER	280
5.1. Sonuçlar	280
5.2. Öneriler.....	284
KAYNAKLAR	285
EKLER	299
ÖZGEÇMİŞ	311

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Atmosferde Kükürtdioksit Oluşumu ve Dağılımı.....	9
Şekil 2.2: Atmosferde Azotdioksit Oluşumu ve Dağılımı	12
Şekil 2.3: Kirleticilerin Kaynaktan Vücuda Olan Akışı	27
Şekil 3.1: Kocaeli Kenti'nde Örnek Alma Noktalarının Seçildiği Bölgeler.....	46
Şekil 3.2: Düşük Hacimli Hava Örnekleyici.....	50
Şekil 3.3: Filtre Kaseti (PM2.5 ve PM10) (Stack Filter Unit).....	50
Şekil 3.4: Silindirik Difüzyon Örnekleyici.....	51
Şekil 3.5: Oxford ED 2000 Tüplü X-ışını Floresans Spektrometresi.....	58
Şekil 3.6: PANalytical AXIOS ADVANCE Dalgaboyu Dağılımlı XRF Spektrometresi	58
Şekil 3.7: Kocaeli iline ait 1982–2006 Yılları Arasındaki Yıllık Sıcaklık Ortalamaları (°C).....	66
Şekil 4.1: Yaz Örnekleme Süresince Örnekleme Noktalarındaki Sıcaklık (°C), Rüzgar Hızı (m/s) ve Yağış Miktarları (mm).....	68
Şekil 4.2: Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	77
Şekil 4.3: Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	78
Şekil 4.4: Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	79
Şekil 4.5: Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	81
Şekil 4.6: Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	82
Şekil 4.7: Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	83
Şekil 4.8: Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	85
Şekil 4.9: Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	86
Şekil 4.10: Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	87
Şekil 4.11: Kış Örnekleme Süresince Örnekleme Noktalarındaki Sıcaklık (°C), Rüzgar Hızı (m/s) ve Yağış Miktarları (mm).....	122
Şekil 4.12: Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	131
Şekil 4.13: Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	132
Şekil 4.14: Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	133
Şekil 4.15: Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	135

Şekil 4.16: Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	136
Şekil 4.17: Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	137
Şekil 4.18: Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	139
Şekil 4.19: Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	140
Şekil 4.20: Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	141
Şekil 4.21: Yaz Örneklem Süresi Boyunca Her Bir Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri	193
Şekil 4.22: Yaz Mevsiminde Örneklem Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri	195
Şekil 4.23: Kış Örneklem Süresi Boyunca Her Bir Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri.....	208
Şekil 4.24: Kış Mevsiminde Örneklem Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri	209
Şekil 4.25: Ev, Ofis ve Okullarda Kanser Risk Değerlendirmesi	228
Şekil 4.26: Ev, Ofis ve Okullarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi	229
Şekil 4.27: Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Kanser Riski Değerlendirmesi	231
Şekil 4.28: Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi	232
Şekil 4.29: Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Kanser Riski Değerlendirmesi	234
Şekil 4.30: Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Tehlike İndeksi Değerlendirmesi	235
Şekil 4.31: Dış Ortam PMF Sonuçları - (PM10 Partikül Fraksiyonu).....	245
Şekil 4.32: Dış Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu) .	246
Şekil 4.33: Dış Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu)	246
Şekil 4.34: Dış Ortam PMF Sonuçları - (PM2.5 Partikül Fraksiyonu).....	247
Şekil 4.35: Dış Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)	248
Şekil 4.36: Dış Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)	248
Şekil 4.37: Evler için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM10 Partikül Fraksiyonu).....	255
Şekil 4.38: Evler için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu).....	256
Şekil 4.39: Evlerde İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu).....	256
Şekil 4.40: Evler için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM2.5 Partikül Fraksiyonu).....	257
Şekil 4.41: Evler için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu).....	258
Şekil 4.42: Evlerde İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu).....	258

Şekil 4.43: Ofis ve Okullar için İç Ortam PMF Sonuçları – (PM10 Partikül Fraksiyonu).....	262
Şekil 4.44: Ofis ve Okullar için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu).....	263
Şekil 4.45: Ofis ve Okullarda İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu).....	263
Şekil 4.46: Ofis ve Okullar için İç Ortam PMF Sonuçları – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu).....	264
Şekil 4.47: Ofis ve Okullar için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu).....	265
Şekil 4.48: Ofis ve Okullarda İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu).....	265
Şekil 4.49: Kişisel Maruziyet PMF Sonuçları.....	269
Şekil 4.50: Kişisel Maruziyet için Kaynak Katkı Oranları (%).....	270
Şekil 4.51: Kişisel Maruziyet için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki.....	270

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1: Başlıca İç Ortam Kirleticileri ve Emisyon Kaynakları	7
Tablo 2.2: Önemli İç Ortam Kirleticilerinin Dış Ortam Kaynakları	8
Tablo 2.3: Etki ve Maruziyet Biyolojik İşaretçileri.....	30
Tablo 2.4: Çeşitli Aktif Örnekleme Cihazlarının İçerdiği Analitik Yöntemler	39
Tablo 3.1: Kükürtdioksit Analizörünün Özellikleri.....	53
Tablo 3.2: Azotdioksit Analizörünün Özellikleri.....	54
Tablo 3.3: Ozon Analizörünün Özellikleri.....	55
Tablo 3.4: ED XRF Spektrometresinin Özellikleri	57
Tablo 3.5: İnorganik Gazlar, Sıcaklık ve Nem Ölçümleri için Belirleme Limitleri...61	
Tablo 3.6: Elementler için Metot Belirleme Limitleri.....	62
Tablo 3.7: NIST 2783 Hava Filtresinin ED XRF 2000 ile Analiz Sonuçları.....	63
Tablo 3.8: NIST 2783 Hava Filtresinin WD XRF PANalytical AXIOS Advance ile Analiz Sonuçları.....	63
Tablo 3.9: Örneklenen Mikroçevrelerin Genel Karakteristikleri ve Örnekleme Şartları.....	64
Tablo 3.10: Örneklenen Mikroçevrelerin İç ve Dış Ortam Sıcaklık, Nispi Nem, Karbonmonoksit ve Karbondioksit Düzeyleri	66
Tablo 4.1: Yaz Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile İç Ortamlarda Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları (µg/m ³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları	70
Tablo 4.2: Yaz Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile Dış Ortamlarda Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları (µg/m ³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları	71
Tablo 4.3: Yaz Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile İç ve Dış Ortamlarda Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Ortalama, Maksimum ve Minimum Konsantrasyon Oranları (µg/m ³)	74
Tablo 4.4: Yaz Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları.....	75
Tablo 4.5: Yaz Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Element Konsantrasyonları (µg/m ³).....	89
Tablo 4.6: Yaz Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Element Konsantrasyonları (µg/m ³).....	90
Tablo 4.7: Yaz Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları (µg/m ³).....	94
Tablo 4.8: Yaz Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları (µg/m ³).....	95
Tablo 4.9: Yaz Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları	96
Tablo 4.10: Yaz Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları (µg/m ³).....	98

Tablo 4.11: Yaz Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	99
Tablo 4.12: Yaz Mevsiminde Kişisel Örneklemede Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100
Tablo 4.13: Yaz Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	105
Tablo 4.14: Yaz Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	106
Tablo 4.15: Yaz Mevsiminde Kişisel Örneklemede Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları Oranları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	107
Tablo 4.16: Yaz Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları	108
Tablo 4.17: Yaz Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin Kişisel/İç Ortam Konsantrasyon Oranları	109
Tablo 4.18: Yaz Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin Kişisel/DışOrtam Konsantrasyon Oranları	110
Tablo 4.19: Okullarda Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	111
Tablo 4.20: Ofislerde Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	112
Tablo 4.21: Evlerde Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	113
Tablo 4.22: Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Ortalama, Maksimum ve Minimum Konsantrasyonlar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	117
Tablo 4.23: Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Konsantrasyon Oranları	118
Tablo 4.24: Yaz Mevsiminde Kentsel, Endüstriyel ve Endüstri ve Trafikten Uzak Bölgelerde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	120
Tablo 4.25: Kış Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile İç Ortamlarda Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları	124
Tablo 4.26: Kış Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile Dış Ortamlarda Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları	125
Tablo 4.27: Kış Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile İç ve Dış Ortamlarda Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Ortalama, Maksimum ve Minimum Konsantrasyonlar($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	128
Tablo 4.28: Kış Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile İç ve Dış Ortamlarda Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Ortalama, Maksimum ve Minimum Konsantrasyonlar($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	129
Tablo 4.29: Kış Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	143
Tablo 4.30: Kış Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	144

Tablo 4.31: Kış Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	147
Tablo 4.32: Kış Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	148
Tablo 4.33: Kış Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları	149
Tablo 4.34: Kış Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	151
Tablo 4.35: Kış Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	152
Tablo 4.36: Kış Mevsiminde Kişisel Örneklemede Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	153
Tablo 4.37: Kış Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	156
Tablo 4.38: Kış Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	157
Tablo 4.39: Kış Mevsiminde Kişisel Örneklemede Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	158
Tablo 4.40: Kış Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları	159
Tablo 4.41: Kış Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin Kişisel/İç Ortam Konsantrasyon Oranları.....	160
Tablo 4.42: Kış Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin Kişisel/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları	161
Tablo 4.43: Okullarda Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	162
Tablo 4.44: Ofislerde Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	163
Tablo 4.45: Evlerde Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	164
Tablo 4.46: Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Ortalama, Maksimum ve Minimum Konsantrasyonlar($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	168
Tablo 4.47: Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Konsantrasyon Oranları.....	169
Tablo 4.48: Kış Mevsiminde Kentsel, Endüstriyel ve Endüstri ve Trafikten Uzak Bölgelerde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	171
Tablo 4.49: Yaz Mevsiminde İç Ortam ve Dış Ortamlarda Aktif Örnekleme İle Elde Edilen Konsantrasyonların Pasif Örnekleme İle Elde Edilen Konsantrasyonlara Oranı	173
Tablo 4.50: Kış Mevsiminde İç Ortamlarda Aktif Örnekleme İle Elde Edilen Konsantrasyonların Pasif Örnekleme İle Elde Edilen Konsantrasyonlara Oranı	174

Tablo 4.51: Aktif Örnekleme İle Elde Edilen Ortalama Konsantrasyonların Pasif Örnekleme İle Elde Edilen Ortalama Konsantrasyonlara Oranı	175
Tablo 4.52: Yaz Mevsiminde Ölçülen Partiküllerin PM2.5/PM10 Konsantrasyon Oranları	177
Tablo 4.53: Kış Mevsiminde Ölçülen Partiküllerin PM2.5/PM10 Konsantrasyon Oranları	178
Tablo 4.54: İnorganik Gaz Kirleticilerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları	180
Tablo 4.55: İç Ortam ve Dış Ortam Örneklemeinde Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları	182
Tablo 4.56: İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Örneklemeinde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları	183
Tablo 4.57: İç ve Dış Ortam Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar ve Oranlar	186
Tablo 4.58: İç Ortam Konsantrasyonları ile Kişisel Maruziyet Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar ve Oranlar	189
Tablo 4.59: Dış Ortam Konsantrasyonları ile Kişisel Maruziyet Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar ve Oranlar	190
Tablo 4.60: Sigara Kullanımı ile İnorganik Kirletici Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Arasındaki İlişkiler	192
Tablo 4.61: Yaz Mevsiminde PM10 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri	201
Tablo 4.62: Yaz Mevsiminde PM2.5 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri	203
Tablo 4.63: Kış Mevsiminde PM10 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri	215
Tablo 4.64: Kış Mevsiminde PM2.5 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri	217
Tablo 4.65: Kirleticiler İçin Toksikite Değerlendirme Parametreleri ve Çeşitli Kanserojenlik Sınıflandırmaları	223
Tablo 4.66: Çalışmada Kronik Günlük Alım Hesaplamasında Kullanılan Parametreler	225
Tablo 4.67: Ev, Ofis ve Okullarda Kanseri Risk Değerlendirmesi	228
Tablo 4.68: Ev, Ofis ve Okullarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi	229
Tablo 4.69: Kentsel Alan, Endüstriyel Alan, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Kanseri Riski Değerlendirmesi	231
Tablo 4.70: Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi	232
Tablo 4.71: Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Kanseri Riski Değerlendirmesi	233
Tablo 4.72: Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Tehlike İndeksi Değerlendirmesi	234
Tablo 4.73: İnorganik Kirletici Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları ile Karşılaştırılması.....	273
Tablo 4.74: Element (PM2.5 ve PM10) Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları İle Karşılaştırılması.....	276
Tablo 4.75: Partikül Madde (PM2.5 ve PM10) Kütle Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları İle Karşılaştırılması.....	277
Tablo 4.76: İnorganik Kirletici Konsantrasyonlarının Ulusal ve Uluslararası Sınır Değerlerle Karşılaştırılması	279

SİMGELER

A	:Difüzyon yolunun kesit alanı (cm ²)
Al	:Aluminyum
As	:Arsenik
AT	:Ortalama maruziyet zamanı (gün)
Be	:Berilyum
BW	:Vücut ağırlığı (kg)
C	:Konsantrasyon (mg/l, mg/kg)
C ₀	:İncelenen ortamdaki analit konsantrasyonu (mol/cm ³)
Ca	:Kalsiyum
Cd	:Kadmiyum
CH ₃ COOH	:Asetikasit
Cl	:Klor
Co	:Kobalt
Cr	:Krom
Cu	:Bakır
CDI	:Kronik günlük alım (mg/kg.gün)
CPF	:Kanserojenlik potansiyel faktörü (kg.gün/mg)
CR	:Kontak oranı (m ³ /gün)
CO	:Karbonmonoksit
CO ₂	:Karbondioksit
D	:Analitin moleküler difüzyon sabiti (cm ² /s)
E _D	:Difüzyon için gerekli aktivasyon enerjisi
E _P	:Permeasyon aktivasyon enerjisi
ED	:Maruziyet süresi(yıl)
EF	:Maruziyet frekansı(gün/yıl)
Fe	:Demir
HCOOH	:Formikasit
Hg	:Civa
HNO ₂	:Nitrözasit
HNO ₃	:Nitrikasit
H ₂ SO ₄	:Sülfürikasit
HQ	:Tehlike indeksi
Hv	:Işık paketçikleri (kuant) enerjisi
K	:Örnekleme ortamının sıcaklığı (Kelvin)
K	:Potasyum
K	:Kalibrasyon sabiti
L	:Difüzyon yolunun toplam uzunluğu (cm)
L _M	:Membran kalınlığı (cm)
M	:Miktar
Mg	:Magnezyum
Mn	:Mangan
µm	:Mikrometre
Ni	:Nikel

nm	:Nanometre
NO _x	:Azotoksitler
NO	:Azotmonoksit
NO ₂	:Azotdioksit
NO ₃	:Azottrioksit
N ₂ O	:Nitrözoksit
N ₂ O ₃	:Diazottrioksit
N ₂ O ₄	:Diazottetraoksit
N ₂ O ₅	:Diazotpentaoksit
P ₁	:Dış membran yüzeyine yakın analitin kısmi basıncı
Pb	:Kurşun
PM10	:Partikül çapı 10 µm'den küçük olan partiküller
PM2.5	:Partikül çapı 2.5 µm'den küçük olan partiküller
PM1	:Partikül çapı 1 µm'den küçük olan partiküller
RfC	:Referans konsantrasyon (mg/m ³)
RfD	:Referans konsantrasyon (mg/kg.gün)
S	:Geçirgenlik sabiti (cm ² /dakika)
S	:Kükürt
Se	:Selenyum
Si	:Silisyum
SO	:Kükürtmonoksit
SO ₂	:Kükürtdioksit
SO ₃	:Kükürttrioksit
S ₂ O ₃	:Dikükürttrioksit
S ₂ O ₇	:Dikükürtheptaoksit
SO ₄	:Kükürttetraoksit
SO _x	:Kükürtoksitler
SR	:Örnekleme hızı
T	:Süre
t _R	:Bileşiğin difüzyon bölgesinde kalma süresi
T	:Mutlak sıcaklık
Ti	:Titanyum
U	:Difüzyon transfer hızı (mol/s)
U	:Uranyum
UR	:Birim risk (µg/m ³)
V	:Vanadyum
O	:Oksijen
O ₂	:Oksijen molekülü
O ₃	:Ozon
ppm	:Milyonda bir kısım
ppb	:Milyarda bir kısım
Zn	:Çinko

Kısaltmalar

AB	:Avrupa Birliği
BTEKS	:Benzen-Toluen-Etilbenzen-Ksilenler
CalEPA	:California Environmental Protection Agency
ÇSD	:Çevresel Sigara Dumanı

ÇLR	:Çoklu Lineer Regresyon Analizi
ÇOB	:Çevre Orman Bakanlığı
DDT	:Dikloro Difenol Trikloroethan
DPE	:1,2-bis(4-pyridyl)ethylene
E	:Doğu
EC	:Elemental Karbon
ED-XRF	:Enerji Dağılımlı X-Işını Floresans Spektrometre
ELCR	:Hayat Boyu Kanser Riski
ENE	:Doğu-kuzeydoğu
ESE	:Doğu-güneydoğu
EU	:Avrupa Birliği
FA	:Faktör Analizi
GC/MS	:Gas chromatography-mass spectrometry
HKKY	:Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
IC	:İyon Kromatografisi
IARC	:International Agency for Research on Cancer
IRIS	:Integrated Risk Information System
KKD	:Kimyasal Kütle Dengesi
LPG	:Liquefied Petroleum Gas
MBTH	:3-methyl-2-benzothiazolinone
N	:Kuzey
NE	:Kuzeydoğu
NEDA	:N-(1-naphthyl)ethylenediamine dihydrochloride
NJDEP	:New Jersey Department of Environmental Protection
NNE	:Kuzey-kuzeydoğu
NNW	:Kuzey-kuzeybatı
NW	:Kuzeybatı
OC	:Organik Karbon
ODTÜ	:Orta Doğu Teknik Üniversitesi
PA	:Pyridine-4-aldehyde
PAH	:Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
PAN	:Peroksi Asetil Nitrat
PCA	:Principal Component Analysis
PCB	:Poliklorlubifeniller
PKKF	:Potansiyel Kaynak Katkı Fonksiyonu
PM	:Partikül Madde
PMF	:Pozitif Matris Faktörizasyonu
RAIS	:Risk Assessment Information System
RH	:Relatif Nem
RSHM	:Refik Saydam Hıfzıssıha Merkezi
S	:Güney
SANAEM	:Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
SE	:Güneydoğu
SS	:Standart Sapma
SSE	:Güney-güneydoğu
SW	:Güneybatı
TAEK	:Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEA	:Trietanolamin
TBA	:Temel Bileşen Analizi

TMO	:Termal Mangan Oksidasyonu
TOR	:Termal Optik Reflektans
TOT	:Termal Optik Transmisyon
TSP	:Askıda Partiküler Madde
TWA	:Zaman Ağırlıklı Ortalama
UOB	:Uçucu Organik Bileşikler
USA	:Amerika Birleşik Devletleri
USEPA	:United States Environmental Protection Agency
UV	:Ultraviyole
UV-VIS	:Ultraviyole-Görünür Bölge
WD-XRF	:Dalgaboyu Dağılımlı X-Işını Floresans Spektrometre
W	:Batı
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü
WNW	:Batı-kuzeybatı
WSW	:Batı-güneybatı

İÇ ORTAM HAVASINDA ESER ELEMENTLER VE İNORGANİK GAZ KİRLETİCİLERİN DÜZEYLERİNİN, KAYNAKLARININ VE SAĞLIK ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Zehra BOZKURT

Anahtar Kelimeler: İnorganik Gaz Kirleticiler, Eser Elementler, Kocaeli, İç Ortam Hava Kalitesi, Kişisel Maruziyet, Sağlık Risk Değerlendirmesi, Pozitif Matris Faktörizasyonu (PMF)

Özet: Bu çalışmada, Kocaeli’de farklı mikroçevrelerde (ev, okul, ofis), iç ve dış ortamlarda eş zamanlı yapılan ölçümlerde PM2.5 ve PM10 partikül fraksiyonlarında 16 eser element (Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb) ve inorganik gazlardan SO₂, NO₂ ve O₃ konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca, kişisel örnekleyiciler kullanılarak seçilen tüm kirleticiler için kişisel maruziyet konsantrasyon düzeyleri tespit edilmiştir.

İncelenen kirleticiler için kişisel maruziyet konsantrasyon düzeyleri örneklerin çoğunda iç ortam ve dış ortam konsantrasyon düzeylerinden yüksek bulunmuştur. Bu durum, kişisel aktivitelerin ve dış ortam kirletici konsantrasyonlarının kirleticilere maruziyet üzerinde en az iç ortam kadar önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Kişisel maruziyet konsantrasyonları kullanılarak; “Ev, Ofis ve Okullar”; “Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlar” ve “Sigara Kullanan ve Kullanmayan” kişilerden oluşan gruplar için incelenen inorganik kirleticilerden kaynaklanan sağlık riski değerlendirme yapılmıştır. Yapılan değerlendirmede, genellikle sınır değerleri aşan yüksek riskler belirlenirken, örneklenen kişiler arasında en yüksek kanser riskine ev hanımlarının (Toplam kanser riski; “Ortalama, 1.47E-04”, “En Kötü Senaryo, 5.65E-04”) maruz kaldığı görülmüştür.

İç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyon düzeylerine etki ederek hava kalitesine olumsuz yönde katkıda bulunan kirletici kaynakların belirlenmesi amacıyla çok değişkenli istatistik analiz yöntemlerinden biri olan Pozitif Matris Faktörizasyonu (PMF) reseptör modelleme tekniği kullanılmıştır. Model sonucunda incelenen kirleticilerin en önemli emisyon kaynaklarının dış ortamlarda; toprak, fosil yakıt yanması, trafik, katı atık yakma tesisi, endüstri, yol tozu ve ikincil kirletici; iç ortamlarda, dış ortam kaynaklarının yanında, iç ortam faaliyetleri, mutfak ve sigara kullanımı; kişisel maruziyetler için ise hem dış hem de iç ortam kaynakları olarak saptanmıştır.

DETERMINATION OF LEVELS, SOURCES AND HEALTH EFFECTS OF INORGANIC GASEOUS POLLUTANTS AND TRACE ELEMENTS IN INDOOR AIR

Zehra BOZKURT

Keywords: Inorganic Gaseous Pollutants, Trace Elements, Kocaeli, Indoor Air Quality, Personal Exposure, Health Risk Assessment, Positive Matrix Factorization (PMF)

Abstract: 16 trace elements (Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb) in the particle fractions of PM_{2.5} and PM₁₀, and inorganic gaseous pollutants of SO₂, NO₂, and O₃ levels were determined simultaneously in indoor and outdoor environment from different regions and microenvironments in Kocaeli in the study. Additionally, personal samplers were used to determine personal exposure levels of all the pollutants of interest.

Personal exposure concentration levels were higher than both the indoor and the outdoor concentration levels for the investigated pollutants in the most of the samples. These results show that the personal activities and the outdoor pollutant concentrations have a significant effect on exposure to the pollutants as much as the indoor environments.

Based on the personal exposure concentrations, an assessment of health risks associated with the inorganic pollutants investigated was conducted on different groups: “homes, offices and schools”, “urban areas, industrial areas and the areas distant from industry and traffic”, “cigarette smokers and non-smokers”. The risk levels computed exceeded the limit values generally, while the highest cancer risk were obtained for housewives (total cancer risk; “mean, 1.47×10^{-4} ”, “the worst scenario, 5.65×10^{-4} ”).

In order to determine the pollutant sources causing a negative impact on the air quality by affecting the degree of indoor, outdoor and personal exposures, the Positive Matrix Factorization (PMF) receptor modeling technique, which is a multivariate statistical analysis method, was used. Model results suggested that soil, fossil fuel combustion, traffic emissions, incinerator, industry, road dust and secondary pollutants are the significant sources for the outdoor air, while the indoor activities, kitchen, smoking and the outdoor air sources are important for the indoor air. For the personal exposures, on the other hand, outdoor and indoor air sources together represent the main emission sources for the investigated pollutants.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Son yıllarda teknolojinin ve sanayinin hızla gelişmesi, artan nüfusla birlikte devreye giren altyapıların gün geçtikçe yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Plansız endüstrileşme ve sağlıksız kentleşme sonucunda çevre sorunları giderek artmaktadır. Günümüzde çevre sorunlarının en önemlilerinden biri de hava kirliliğidir. Sanayi tesisleri, trafik ve evsel kaynaklardan atmosfere yayılan kirleticiler insan sağlığı üzerinde potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Hava kirliliği, sadece dış ortamlarda değil insanların zamanlarını geçirdiği tüm iç ortamlarda oluşabilen ve ayrıntılı çalışmalar yapılması gereken bir sorun haline gelmiştir. İnsanlar zamanlarının büyük bölümünü iç ortamlarda geçirdiklerinden bu ortamlarda bulunan farklı birçok kirleticiden etkilenmektedirler. Bu kirleticiler arasında ağır metaller toksik ve kanserojenik etkileri nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir. Ayrıca SO₂ (Kükürtdioksit) ve NO₂ (Azotdioksit) gibi konvansiyonel gaz fazı kirleticileri iç ortamda dış ortamdaki daha yüksek konsantrasyonlarda bulunabilmektedir.

Kocaeli ili Türkiye'nin önemli sanayi bölgelerinden biridir. Bölgede 300'ü büyük olmak üzere çeşitli kapasitelerde 1000'i aşkın endüstri tesisi bulunmaktadır. Bununla birlikte, bölgedeki endüstriyel aktiviteler sürekli artmaktadır. Deniz ve karayolu ile ulaşım kolaylığı, elverişli bir iklime sahip olması bu artışı destekleyen unsurlardır. Ayrıca bölge, D-100 karayolu ve TEM otoyolunun etkisi altındadır. İlin yüzölçümünün nüfusa oranla küçük olması konut alanlarının ağır trafik ve endüstri alanlarına çok yakın olmasına neden olmuştur. Bu nedenle konutların dış hava kalitesi endüstriyel aktiviteler ve trafikten doğrudan etkilenmektedir.

Bölgede 1990'lı yıllardan itibaren hava kirliliği ölçümleri yapılmış ancak bunlar Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde limit değerleri belirlenen SO₂ ve dumanla sınırlı kalmıştır. Son bir yıldır SO₂ ve PM₁₀ kütlesi ölçümlerine başlanmıştır. Ancak hava kirliliğine neden olan bir çok gaz ve partikül madde

bulduğundan hava kalitesinin belirlenmesi için bu parametreler yeterli olmamaktadır. Bu nedenle insan sağlığına zarar veren hava kirleticilerin neden olduğu olumsuz etkilerin saptanması ve oluşumuna neden olan kaynakların belirlenebilmesi amacıyla daha fazla sayıda kirleticinin saptandığı ve genel kirletici profilini gösteren kapsamlı bir çalışmanın yapılması ihtiyaç haline gelmiştir. Ayrıca, insanlar zamanlarının çoğunu iç ortamlarda geçirdiklerinden hava kirleticilerine maruziyetin neden olduğu sağlık riski değerlendirmeleri iç ortamdaki kirletici seviyelerinin detaylı olarak bilinmesini gerektirir.

Tezin amacı, Türkiye'nin en önemli endüstriyel bölgelerinden biri olan Kocaeli'nin farklı özellik gösteren bölgelerinde seçilen mikroçevrelerde yaz ve kış olmak üzere iki ayrı mevsimde inorganik kirleticilerin iç ve dış ortamlardaki konsantrasyonlarının belirlenmesi, mevsimsel ve mekansal olarak birbirlerine etkilerinin saptanması ve yapılacak kişisel örnekleme ile iç ve dış ortam kirlilik düzeylerinin kişiler üzerinde neden olacağı sağlık risklerinin ve önemli kirletici kaynaklarının belirlenmesidir.

Tez kapsamında, Kocaeli'de belirlenen 15 ev, 10 ofis ve 3 okulun iç ve dış ortamlarında, ayrıca o ortamda seçilen bir kişide kişisel örnekleme yapılarak seçilen kirleticilere maruziyet düzeyleri saptanmıştır. Örnekleme aktif ve pasif örnekleme olarak iki ayrı yöntemle eş zamanlı olarak yürütülmüştür. Elde edilen veri setine çeşitli istatistik yöntemler uygulanarak kaynak profilleri belirlenmiş ve sağlık riski hesapları yapılmıştır. Tez beş bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde, Bu çalışmaya neden ihtiyaç duyulduğu, çalışmanın amacı, önemi ve kapsamı kısaca açıklanmaktadır. İkinci bölümde, tez kapsamında örneklenen kirleticiler ve örnekleme yöntemleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Ayrıca, literatürde bulunan benzer çalışmalar da bu bölümde anlatılmaktadır. Çalışma bölgesi, örnekleme stratejisi, aktif ve pasif örnekleme teknikleri, kullanılan cihazların teknik özellikleri, örneklerin hazırlanması, analizi ve anket çalışması ile ilgili bilgiler üçüncü bölümde sunulmuştur.

Bulgular ve tartışma tezin dördüncü bölümünü oluşturmaktadır. Bu bölümde yaz ve kış mevsimlerinde aktif ve pasif örnekleme teknikleriyle, okul, ofis ve evlerde iç ve dış ortamlarda eş zamanlı yapılan ölçümlerle belirlenen PM_{2.5} ve PM₁₀ partikül

fraksiyonlarında 16 eser element (Magnezyum (Mg), Alüminyum (Al), Silisyum (Si), Kükürt (S), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Titanyum (Ti), Vanadyum (V), Krom (Cr), Mangan (Mn), Demir (Fe), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Arsenik (As), Kurşun (Pb)) ve inorganik gazlardan SO₂, NO₂ ve O₃ konsantrasyonlarının istatistiksel analizi yapılarak elde edilen sonuçlar pek çok açıdan değerlendirilmiştir.

Meteorolojik parametrelerin hava kirletici konsantrasyonları ve kirleticilerin bir yerden başka bir yere taşınması üzerinde etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle, tez kapsamında ölçülen kirlilik düzeylerinin meteorolojik parametrelerden biri olan rüzgar yönü ile ilişkilendirmesi yapılarak mevcut durum değerlendirilmiştir.

Kişisel maruziyet konsantrasyonları kullanılarak; “Ev, Ofis ve Okullar”; “Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlar” ve “Sigara Kullanan ve Kullanmayan” kişilerden oluşan gruplar için incelenen inorganik kirleticilerden kaynaklanan sağlık riski değerlendirmesi yapılmıştır. İç ve dış ortamlarda toplanan bütün örnekler birleştirilerek yapılan reseptör (alıcı ortam) modellenmesinde PMF tekniği kullanılarak ev, ofis ve okullardaki kirletici kaynakları ortaya çıkartılmıştır.

Tezin son bölümünde ise, elde edilen sonuçlar sunulmuş, değerlendirilmiş ve gerekli öneriler yapılmıştır. Bu çalışma Kocaeli ilinde iç ortam kirliliğine yönelik olarak yapılan ilk çalışma özelliğini taşımaktadır. Türkiye genelinde de iç ortam kirletici seviyelerinin tespitine yönelik yapılan çalışmalar uluslararası çalışmalarla karşılaştırıldığında sayıca oldukça az ve dar kapsamlıdır. Bu çalışmanın gerçekleşmesiyle öncelikle Kocaeli gibi yoğun kirlilik kaynaklarının bulunduğu bir sanayi bölgesinde, hem de ülke genelinde yaşayan insanların iç ortamda maruz kaldıkları kirleticilerle ilgili sağlıklı ve kapsamlı bilgiler elde edilmiştir.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Hava Kirliliği

Atmosferi meydana getiren gazların karışımlarından oluşan hava, canlı organizmanın yaşam sürecindeki en önemli öğelerden biridir. Bir insanın günde yaklaşık olarak soluduğu hava miktarı 20 m³'tür (USEPA, 1989). Bu nedenle, soluduğumuz havanın özellikleri yaşamımız için son derece önemlidir. Atmosferde bulunan gazlar üç gruba ayrılabilir. Bunlardan ilki; yaşamın sürekliliği için gerekli olan ve atmosferde devamlı olarak bulunan, miktarları değişmeyen gazlardır (Azot, oksijen ve asal gazlar). Bazı gazlar da atmosferde devamlı olarak bulunmaktadır. Ancak, miktarları değişkendir. Bu nedenle de iklimler üzerinde önemli etkiler doğururlar (Karbondiosit, ozon, su buharı). Bu iki gruba ek olarak atmosferde her zaman bulunmayan ve "kirletici" olarak adlandırılan bir üçüncü gruptan da söz etmek gerekir. Atmosfer içindeki gazların hacimsel oranları yatay ve dikey hava hareketleri nedeniyle yerden 25 km yüksekliğe kadar hemen hemen sabit kalır. Bu mesafenin ilk 6 km'si meteorolojik olayların olduğu bölgedir ve hava kirliliğinin etkileri açısından meteorolojik olaylar birçok açıdan önemlidir (RSHM, 2004).

Hava kirliliği, havada bulunabilen katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek konsantrasyonda ve sürede bulunması olarak tanımlanabilir. Günümüzde Hava kirliliği ülkelerin sanayi gelişimlerine paralel olarak, insan sağlığını tehdit eden en önemli çevre problemi haline gelmiştir (Can ve Eryener,1997). Hava kirliliğinin kaynakları temel olarak, insan ve doğa olarak ayrılabilir. Doğal kaynaklar; rüzgar etkisiyle oluşan tozlar, polenler, orman yangınları ve volkanik hareketler olarak sayılabilir. İnsan etkisiyle oluşan kirlilik ise, endüstriyel, trafik ve yanma kaynaklı olarak sınıflandırılabilir (Byrne, 2000).

Dünyada insanların en çok yaşadıkları yerler özellikle endüstrileşmiş şehirlerdir. Hava kirleticilerinin en önemli kaynağı, insan aktiviteleridir. Bu aktiviteler çoğunlukla insanların yaşam standartlarıyla yakından ilişkilidir ve ortadan kaldırılmaları, yaşam standartlarında önemli düşüslere neden olabilir. Bu nedenle, birçok endüstrileşmiş şehirde, bu aktiviteleri engellemeden hava kirletici emisyonlarının kontrolü için çözümler aranmaktadır (De Nevers, 1995).

Normal koşullarda temiz havanın bileşimi; % 78 nitrojen; % 21 oksijen; % 0.03 karbondioksit % 1 den biraz az oranda argon ve bununla birlikte az miktarda neon, helyum, kripton gibi gazlar ve %1-3 su buharı şeklindedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Bu gazların temiz bir havayı oluşturduğu kabul edilirse, bu gazların dışındaki herhangi bir maddenin atmosferde bulunmasını kirletici olarak tanımlamak 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 (Karpuzcu, 2004).

Temiz hava insan sağlığı ve konforu için temel bir ihtiyaç olarak sayılmaktadır. Bununla birlikte, hava kirliliği bütün dünyada sağlık için önemli bir tehdit olmaya devam etmektedir. Dünya sağlık örgütünün (WHO) değerlendirmesine göre her yıl kentsel iç ortam ve dış ortam hava kirliliğinin (örneğin katı yakıtların yanması nedeniyle oluşan kirlilik) etkileri nedeniyle 2 milyon kişinin önlenebilir erken ölümü gerçekleşmektedir. Bu ölümlerin yarısından fazlası gelişmekte olan ülkelerde ortaya çıkmaktadır. Hava kirliliğine bağlı ölümlerin tüm ölümlerin %6'sını oluşturduğu, kanser nedenli ölümler içindeki payının da %2 olduğu tahmin edilmektedir (WHO, 2005).

2.1.1. İç ortam hava kirliliği

Günümüzde endüstrileşmiş ülkelerde nüfusun %85'inden fazlası kentlerde yaşamaktadır. Kentlerde yaşayan insanlar gün içersinde yaşamlarının 8–10 saatini konutlarında, 8–10 saatlerini de işyerlerinde ve taşıtlarda geçirmektedir. Bu nedenle; iç ortam havası, hava kirleticilerine maruziyette önemli bir rol oynamaktadır. İç

ortam havası konutlar, endüstriyel olmayan işyerleri, resmi binalar (okul, hastane v.b.) içindeki hava olarak kabul edilmektedir. İç ortamlar insanların temel ihtiyaçlarını karşılamalı, içinde yaşayanları aşırı soğuktan, sıcaktan korumalı, yeterli güneş ışığı almalı ve iç ortam havası sürekli temiz olmalıdır. Dış ortam hava kirliliği ve uygun olmayan iklim koşulları nedeni ile önceleri; iç ortam havası, dış ortamdan daha güvenilir olarak kabul edilmiştir. Ancak, 1980’li yıllarda yapılan çalışmalarla iç ortam havasının yapı ve temizlik malzemeleri, boya maddeleri ve ısınma sonucu ortaya çıkan atıklar nedeni ile insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin olduğu fark edilmiştir. Özellikle 1970’li yıllarda yaşanan enerji krizi sonrası enerji tasarrufu nedeni ile bina havalandırma ve klima sistemlerinin yarı kapasite ile çalıştırılması iç ortam havasına bağlı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını kolaylaştırmıştır. 1990’lı yıllarda prefabrike konut yapımının ve sentetik yapı malzemesi kullanımının artması, bilgisayarların yaygınlaşması sorunu daha da karmaşık hale getirmiştir (Soysal ve Demiral, 2007).

İç ortam hava kalitesi bütün dünyada gittikçe artan bir önem kazanmaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki birçok konutta, binaların dizaynı, havalandırma sistemleri ve yapı malzemeleri kontrol edildiğinden iç ortam hava kirliliği seviyesi çok düşüktür. Ancak, eğer odaların havalandırılması zayıf veya evde kullanılan cihazlar arızalı ise kirlilik seviyesi insan sağlığını etkileyebilecek seviyelere çıkabilir (WHO, 2003-2004).

İç ortam hava kirliliğinin başlıca iki nedeni bulunmaktadır. Bunlardan ilki, iç ortamda bulunan maddeler ve faaliyetler, diğeri ise dış ortamdan iç ortama giren kirleticilerdir (Wallace, 1996). Karbon oksitleri, azot oksitleri, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, uçucu organik bileşikler, radon, formaldehit, sigara dumanı, havadan kaynaklanan allerjenler, patojenler, mineral lifler, polimerler, tüketici eşyalarından oluşan toksik emisyonlar gibi iç ortam kirleticileri; normal ev ve büro aktiviteleri sırasında ortama karışarak insan sağlığı üzerine olumsuz etki yapmaktadırlar (RSHM, 2004). Tablo 2.1’de en önemli iç ortam kirleticileri ve emisyon kaynakları gösterilmektedir.

Bazı kirleticiler için dış ortam kaynaklarının iç ortamdaki konsantrasyon seviyelerine katkısı önemli olabilir. Bu durum özellikle binanın şehirdeki konumuyla ilgilidir. Endüstriyel bölgelere veya trafiğin yoğun olduğu caddelere yakın binalarda iç ortamdaki kirleticiler için dış ortam önemli bir kaynak olabilir. İç ortam kirleticilerine dış ortam kirleticilerinin katkısının belirlenmesinde kullanılan faktörler; iç ortamda kullanılan havalandırma türü (doğal veya zorlanmış akış), havalandırma hızı (saatteki hava değişimi) ve sorun olan kirleticilerin yapısıdır. Tablo 2.2’de önemli iç ortam havası kirleticilerinin en önemli dış ortam kaynakları verilmiştir. USEPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı) grubunun çalışmaları, ozon gibi reaktif gazların dış ortamlara göre iç ortamlarda daha düşük konsantrasyonlarda bulunma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni, bu tür gazların iç ortam yüzeyleriyle derhal reaksiyona girmeleridir. Reaktif olmayan gazlar ise iç ortamda birikebilirler ve bu tür gazlara iç ortamda maruziyet dış ortama göre fazla olabilir (Jones, 1999).

Tablo 2.1: Başlıca İç Ortam Kirleticileri ve Emisyon Kaynakları (Jones, 1999)

Kirletici	Başlıca Emisyon Kaynakları
Alerjenler	Ev tozu, evcil hayvanlar, böcekler
Asbest	Alev önleyici materyaller, izolasyon malzemeleri
Karbondioksit	Metabolik aktiviteler, yanma faaliyetleri, garajlardaki motorlu cihazlar
Karbonmonoksit	Yakıtların yanması, sobalar, gazlı veya petrollü ısıtıcılar, tütün kullanımı
Formaldehit	Yalıtım malzemeleri, döşeme malzemeleri, mobilyalar
Mikroorganizmalar	İnsanlar, hayvanlar, bitkiler ve havalandırma sistemleri
Azotdioksit	Dış ortam havası, yakıtların yanması, garajlardaki motorlu araçlar
Organik maddeler	Yapıştırıcılar, çözücüler, bina materyalleri, buharlaşma, yanma, boyalar, tütün kullanımı
Ozon	Fotokimyasal reaksiyonlar
Partiküller	Resüspansiyon, tütün kullanımı, yanma ürünleri
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	Yakıtların yanması, tütün kullanımı
Polenler	Dış ortam havası, ağaçlar, çimenler, bitkiler
Radon	Toprak, bina yapı malzemeleri
Mantar sporları	Toprak, bitkiler, yiyecek maddeleri, iç yüzeyler
Kükürtdioksit	Dış ortam havası, yakıtların yanması

Tablo 2.2: Önemli İç Ortam Kirleticilerinin Dış Ortam Kaynakları (Jones, 1999)

Kirletici	Endüstri ile bağlantılı emisyonların yüzdesi	Trafik ile bağlantılı emisyonların yüzdesi
Benzen	32	65
Karbon monoksit	3	90
Kurşun	31	60
Azotoksitler	38	49
Partiküller (PM ₁₀)	56	25
Kükürtdioksit	90	2
Uçucu organik bileşikler	32	34
Ozon	Atmosferik kimyasal reaksiyonlardan oluşur	

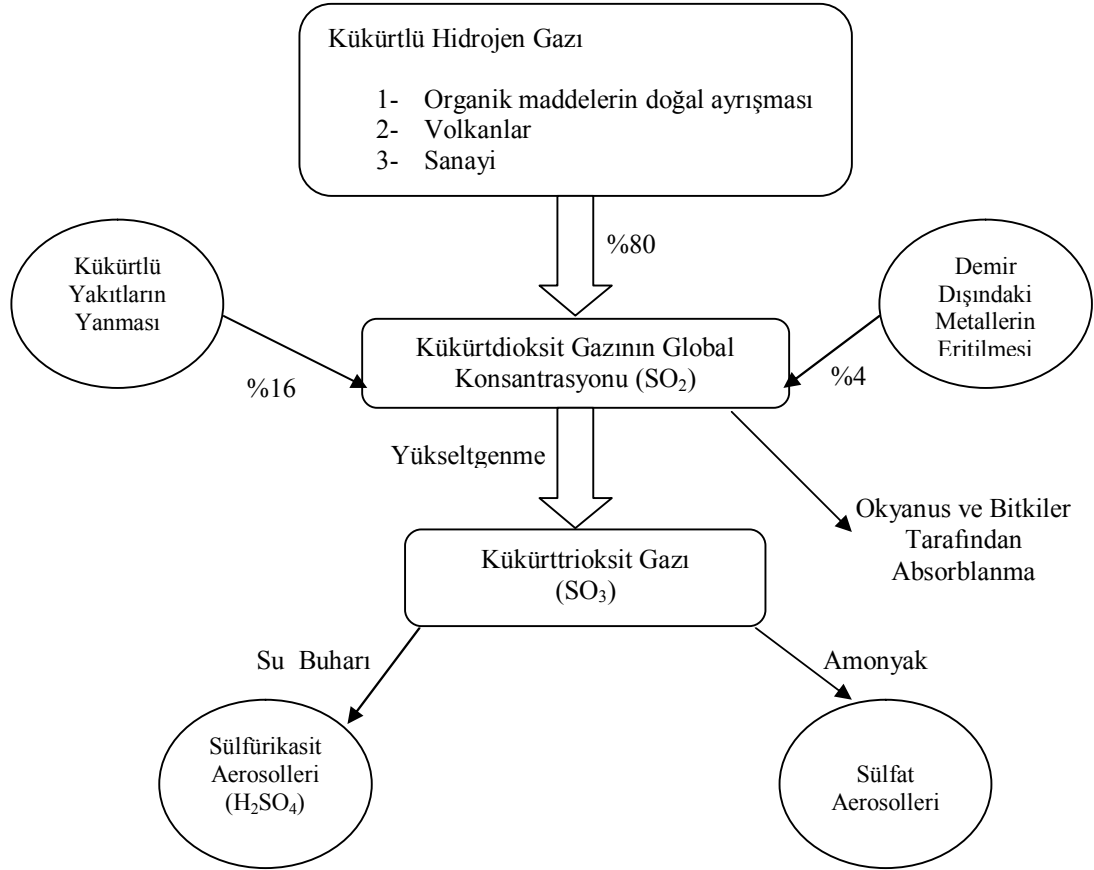
2.2. İnorganik Gaz Kirleticiler

2.2.1. Kükürtdioksit (SO₂)

Kükürtoksitler, altı farklı kükürtoksidinden oluşur ve SO_x olarak kolektif bir parametre ile ifade edilir. Bu oksitler; SO (Kükürtmonoksit), SO₂, SO₃ (Kükürttrioksit), S₂O₃ (Dikükürttrioksit), S₂O₇ (Dikükürtheptaoksit) ve SO₄ (Kükürttetraoksit)'tir. Bunlar arasında en önemlileri SO₂ ve SO₃'tir (Tünay ve Alp, 1996).

Kükürtdioksit renksiz bir gazdır. Ortamdaki 1000 ile 3000 µg/m³ aralığındaki konsantrasyonlarında çoğu insan tarafından tat alma duyusu ile belirlenir. Yüksek konsantrasyonlarda (yaklaşık 10000 µg/m³'ün; 3.5 ppm üzerindeki) keskin ve tahriş edici bir kokusu vardır. Sülfüröz asidi oluşturmak üzere suda kolayca çözünür ve saf çözeltilerde havadan gelen oksijenle yavaşça sülfürik aside yükseltgenir. Bu reaksiyonu katalizleyebilecek mangan ve demir tuzları gibi safsızlıkların varlığında dönüşüm çok daha hızlı gerçekleşir. Ayrıca, SO₂ gaz fazındaki diğer kirleticilerle katalitik veya fotokimyasal olarak tepkimeye girerek SO₃, H₂SO₄ (sülfürikasit) ve SO₄'leri oluşturabilir. Kükürttrioksit çok reaktif bir gazdır ve havadaki nem ile çok hızlı şekilde H₂SO₄ oluşturur. Bu nedenle, havada aerosol olarak SO₃ daha ziyade H₂SO₄ olarak bulunur ve genelde sıvı damlaları veya geniş bir boyut dağılımında

bulunan katı partiküller halindeki diğer kirleticilerle birleşir. Oluşan bu kirleticiler atmosfere doğrudan yayılabilir veya daha önceden bahsedilen reaksiyonlara uğrayabilir (WHO,1979). Şekil 2.1’de kükürtdioksitin atmosferde oluşumu ve dağılımı görülmektedir (Karpuzcu, 2004)



Şekil 2.1: Atmosferde Kükürtdioksit Oluşumu ve Dağılımı (Karpuzcu, 2004)

2.2.1.1. İç ve dış ortam kükürtdioksit kaynakları ve aralarındaki ilişkiler

Kükürtdioksitin havadaki varlığının en önemli sebebi, insan aktivitelerinin oluşturduğu yapay kaynaklardır. Bunun yanı sıra orman yangınları, volkan patlamaları gibi doğal kaynaklardan da az miktarda kükürtdioksit havaya salınmaktadır. Atmosfere salınan kükürt konsantrasyonunun önemli bir kısmı fosil kökenli yakıtların yanması sonucunda oluşur. Son yıllarda kullanılan yakıtların

dikkatli seçimi veya kükürt içeriklerinin bazı işlemlerle azaltılması bu tür yakıtlardan oluşan kükürtdioksit konsantrasyonunu büyük ölçüde azaltmıştır (RSHM, 2004).

Kükürtdioksit, kömür ve kükürt içeren diğer yakıtların yanması sırasında kükürt içeren safsızlıkların yükseltgenmesi ile ortaya çıkar. Özellikle ev içerisinde yanan gaz yağı sobaları veya gaz ocakları kükürtdioksitin oluşumunda çok etkili olabilir (Güler ve Çobanoğlu,1994). Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde (USA) büyük şehirlerde emisyonların azaltılmasının bir sonucu olarak çevre havasındaki SO₂'nin yıllık ortalama seviyeleri 20 ppb'nin altında ölçülmüştür. Bununla birlikte gazlı ısıtıcıların, kömürlü cihazların bulunduğu ve havalandırmanın düşük olduğu evlerde iç ortam havasındaki SO₂ konsantrasyonu daha yüksek olabilmektedir. Connecticut, USA'da gazlı ısıtıcıların olduğu 33 evde yapılan iki çalışmadan birinde ortalama SO₂ konsantrasyonu 30 ppb, diğer bir çalışmada ise gazlı ısıtıcıların ve gazlı sobaların her ikisinin de olduğu evlerde ortalama değer 57 ppb olarak kaydedilmiştir (Jones, 1999).

İç ortam ve dış ortam SO₂ konsantrasyonları arasında önemli farklılıkların olup olmadığı ortamdaki havalandırma derecesine, bu kirleticileri absorblayan veya başka bir şekilde bunları biriktiren yüzeylerin kapasitesine, iç ortamda bu kirleticilerin kaynaklarının bulunmasına, bu kirleticilerin diğer kirleticilerle ve birbirleriyle etkileşimine bağlıdır (WHO,1979). Kükürtdioksit seviyeleri genelde iç ortamda, dış ortama göre daha düşüktür. Belirli iç ortam kaynaklarının olmadığı binalarda İç ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları 0.1 ve 0.6 arasında gözlenir (Jones, 1999).

Sıcak havalarda, yağmurlar veya diğer olumsuz hava koşullarının olmadığı durumlarda binalar, iç ortamdaki kirletici konsantrasyonları bu kirleticilerin dış ortamdaki konsantrasyonuna hemen hemen eşit olmasına yetecek süre havalandırmaya açık bırakılabilir. Genelde SO_x'lerin iç ortam kaynaklarının bulunmadığı durumlarda iç ortam konsantrasyonları dış ortama göre daha düşüktür. Bir gaz olarak kükürtdioksit kolayca duvarların veya diğer yüzeylerin üzerine yayılabilir ve özellikle nemin olduğu durumlarda iç ortamda boyalı yüzeyler üzerindeki amonyak ile reaksiyona girebilir. Ayrıca, çok etkili bir şekilde giysilerin, perdelerin, halıların ve diğer yumuşak kaplamaların üzerine absorblanabilir. İç

ortamdaki SO₂ konsantrasyonu dış ortamdaki konsantrasyonun %20'si civarındadır. Ancak, ofisler ve SO₂'nin absorblanabileceği materyalin az olduğu diğer binalarda konsantrasyonlar dış ortamdaki konsantrasyonların %40-50'si civarında olabilir (WHO,1979).

2.2.1.2. Kükürtdioksit maruziyetinin insan sağlığı üzerine etkileri

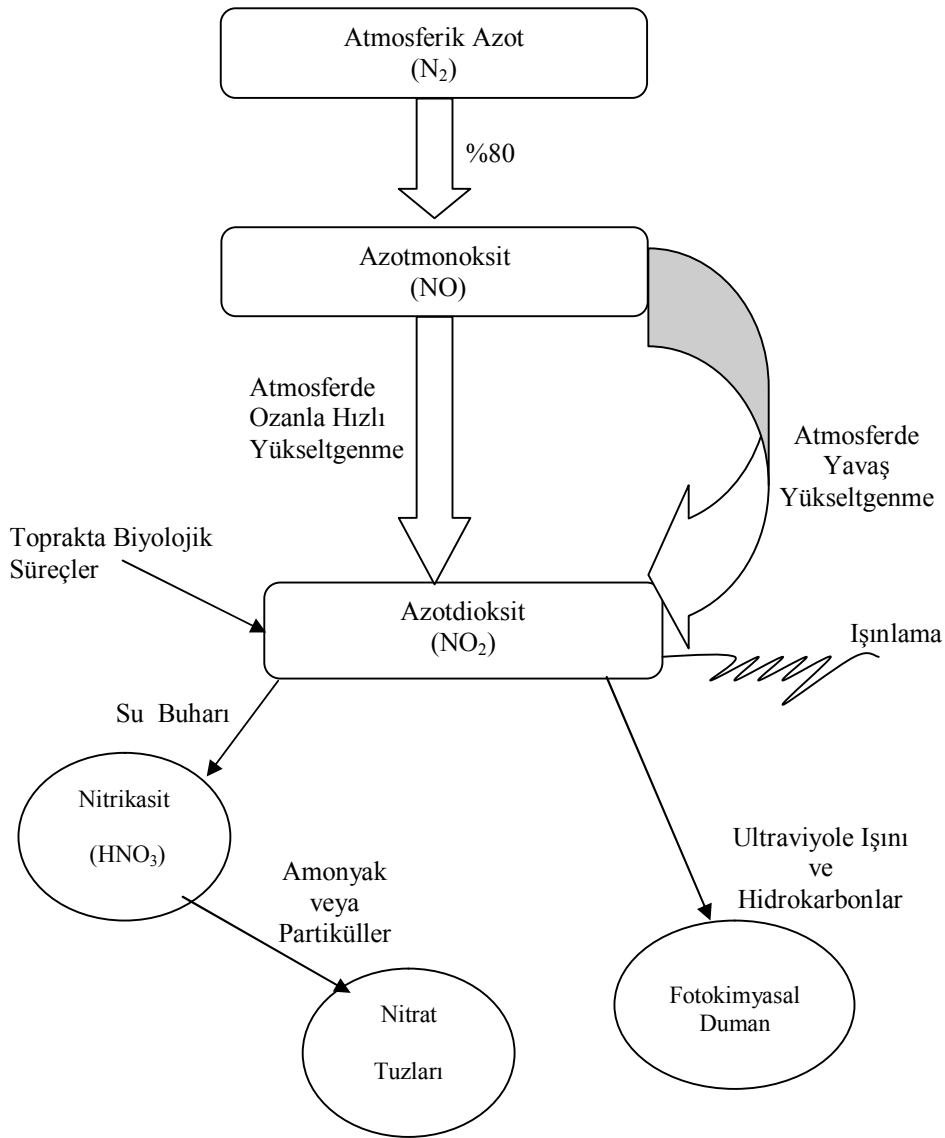
Olumsuz sağlık etkileri yönünden SO₂'nin kendisi ve atmosferdeki yükseltgenmesinden kaynaklanabilen asit aerosollerini önemlidir. Kükürtdioksitin, burun ve üst solunum yolunun mukoza yüzeyine absorpsiyonu ile suda çözünmesi asit aerosollerinin oluşmasına neden olur. Hayvansal deneyler ve mesleki maruziyet belirleme çalışmaları sonucunda SO₂ ve asit aerosollerine aşırı maruziyet sonucunda akut olarak akciğer fonksiyonlarında azalma görülür. İç ortam SO₂ konsantrasyonlarına bağlı kısa vadeli sağlık etkilerini gösteren birkaç belirti vardır. Bununla birlikte, SO₂'ye uzun süreli maruziyet sonucunda artan kronik solunum yolu şikayetleri görülür (Jones, 1999). Kükürtdioksit zehirli bir gazdır ve 0.75 ppm veya altındaki değerlerde bile hafif astımlı kişilerde hava yolu direncinin iki katına çıktığı belirlenmiştir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

2.2.2. Azotdioksit (NO₂)

Azotoksitler (NO_x), yanma prosesleri sonucu oluşurlar ve havaya başlıca Azotmonoksit (NO) ile birlikte Azotdioksit olarak yayılırlar. Doğal biyolojik prosesler ve şimşekler sonucunda da NO ve NO₂ oluşabilir. Azotoksitler atmosferde kompleks kimyasal ve fotokimyasal reaksiyonlara uğrarlar. Bu reaksiyonlar sırasında, NO, NO₂'ye ve diğer ürünlere ve son olarak da nitrikasit (HNO₃) ve nitratlara yükseltgenir. Azotlu türler ıslak ve kuru depolanma işlemleriyle havadan toprağa aktarılırlar. Yükseltgenmiş azot bileşikleri insan sağlığı ve çevre üzerinde etkilidir. Ayrıca, fotokimyasal smog ve troposferik ozon oluşumunda da önemli rol oynarlar.

Çevre havasında, yedi farklı azot oksit bulunabilir. Bunlar; NO, NO₂, N₂O (Nitrözoksit), NO₃ (Azottrioksit), N₂O₃ (Diazottrioksit), N₂O₄ (Diazottetraoksit) ve

N_2O_5 (Diazotpentaoksit)'dir. Bunlara ilaveten, HNO_2 (Nitrözasiit), HNO_3 (Nitrikasit) ve çeşitli organik azot türleri örneğın Peroksilasetilnitrat (PAN), diğeri organik azotlar ve yükseltgenmiş azot bileşikleri içeren partiküller (özellikle adsorblanmış HNO_3) sayılabilir. Bu türlerin içerisinde şehir havasında ve endüstriyel ortamlarda en çok ölçülen ve en yüksek konsantrasyonda bulunan NO ve NO_2 'dir (WHO, 1997). Şekil 2.2'de atmosferde azotdioksit oluşumu ve dağılımı görülmektedir. (Karpuzcu, 2004)



Şekil 2.2: Atmosferde Azotdioksit Oluşumu ve Dağılımı (Karpuzcu, 2004)

Azotdioksit; suda çözünen, kırmızı ile kahverengi arasında bir renge ve karakteristik keskin bir kokuya sahip olan bir gazdır. Kaynama noktası $21.1\text{ }^{\circ}C$ 'dir. Fakat, atmosferdeki düşük kısmi basıncı yoğunlaşmasını önler. Azotdioksit, korozif ve

oldukça yükseltgeyici bir bileşiktir. Yanma kaynaklarından gelen toplam NO_x miktarının hacim olarak yaklaşık % 5-10'u NO_2 'dir. Bununla birlikte, bir kaynak tipinden diğerine önemli değişiklikler de gözlenebilir.

Atmosferde, ilgili fotokimyasal reaksiyonlar ozon ve organik bileşiklerle NO'yu NO_2 'ye dönüştürür. NO_2 , ultraviyole (UV) ile görünür bölge dalga boylarının geniş bir aralığı boyunca etkili bir ışık absorblayıcısıdır. Kahverengi renginden dolayı NO_2 kirli havanın renginin bozulmasına ve görünürlüğün azalmasına neden olur. Azotdioksitin güneş ışığı ile fotolizi NO ve bir tane Oksijen atomu (O) üretir. Bu O atomu genellikle ozon (O_3) üretmek üzere Oksijen molekülü (O_2) ile birleşebilir (WHO, 1977).

2.2.2.1. İç ve dış ortam azotdioksit kaynakları ve aralarındaki ilişkiler

Fosil kökenli yakıtların yanması sonucunda yüksek sıcaklıklarda oluşan NO_x 'lerin çok az miktarını NO_2 , büyük kısmını ise NO oluşturur. Atmosfere yayılımı; taşıt egzostları, insineratörler, kimyasal işlemler, ısınma amacı ile kullanılan bazı fosil kökenli yakıtların yanması, elektrik üretimi gibi emisyon kaynaklarından olmaktadır (RSHM, 2004). Azotdioksit oluşumunda doğal kaynak ise bakteri faaliyetleridir (Tünay ve Alp 1996).

Azotdioksit, yüksek sıcaklıklarda yanma esnasında azot ve oksijenin birleşmesi sonucu oluşur. Bundan dolayı NO_2 oluşumu özellikle gazlı aletlerin, petrollü ısıtıcıların kullanılması, sobalarda odun yakılması ve sigara içilmesi sonucu gerçekleşir. Son zamanlarda doğal gazın kullanılmasının yaygınlaşması bu maruziyeti arttırmaktadır. İç ortam emisyon kaynaklarının olmadığı durumlarda NO_2 konsantrasyonu genellikle dış ortam NO_2 seviyesine bağlıdır. Gaz ile pişirme yapan ocakların ve fırınların olduğu evlerde yapılan çalışmalarda yatak odalarında NO_2 seviyeleri 21 ppm, mutfaklarda 34 ppm olarak bulunmuştur. Ancak elektrikli ısıtıcıların kullanıldığı evlerde yatak odası konsantrasyonu ortalama 7 ppm olarak ölçülmüştür. Gazlı, havalandırılmalı ısıtıcılarla yemek pişirme, evlerde 24 ppm ilave NO_2 oluşumuna neden olmaktadır. Petrol yakılan havalandırmasız ısıtıcıların olduğu evlerde bir haftalık ortalama konsantrasyonların 45 ppm'i aştığı, gazlı

havalandırmaz ısıtıcıların olduğu evlerde ise bir haftalık ortalama konsantrasyonların 50 ppm'den fazla olduğu görülmüştür. NO₂ oluşumuna neden olan cihazların çalıştığı süreler içinde NO₂ konsantrasyonunun ortalama değerleri aştığı belirlenmiştir. Mutfaklarda yemek pişirilirken NO₂ konsantrasyonunun 400-1000 ppm kadar yüksek olabileceği görülmüştür (Jones, 1999).

İç ortam kaynaklarının olmadığı durumlarda ortamdaki NO₂ seviyesi, dış ortam NO₂ konsantrasyonunun ve havalandırma hızının bir fonksiyonu olarak değişir. Bazı iç ortam NO₂ kaynaklarının bulunduğu durumlarda (örneğin gaz sobaları ve gazlı ısıtıcılar) ise iç ortam NO₂ seviyeleri dış ortam seviyelerinden fazla olabilir. Önemli iç ortam kaynaklarının olmadığı binalarda İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları 0.4 ve 0.8 arasında gözlenir. Gaz ile çalışan ev aletlerinin olduğu evlerde ise bu oran yaklaşık üç kat fazla olabilir (Monn, 2001).

2.2.2.2. Azotdioksit maruziyetinin insan sağlığı üzerine etkileri

Azotdioksit, yükseltgeyici bir maddedir. Bu nedenle, akciğerin mukoza zarı üzerinde tahriş edici olabilir. Suda oldukça iyi çözünür ve soluduğumuz NO₂'nin büyük bir kısmı solunum yolunda su ile reaksiyona girerek asit oluşturabilir. Ciğerlere kadar gelebilen NO₂'nin de burada su ile birleşerek HNO₃ oluşturduğu veya yağ ve proteinlerle reaksiyona girerek nitrit anyonları ve hidrojen iyonları oluşturabileceği düşünülür. Bu reaksiyonlar sonucunda NO₂ maruziyeti ciğerlerde tahribata neden olabilir. Deneysel çalışmalar NO₂ maruziyetinin solunum yolu enfeksiyonlarını arttırdığını ve ciğer fonksiyonlarını olumsuz etkilediğini göstermektedir. Azotdioksit maruziyeti astım hastalığında tetikleyici olarak hareket edebilir. Bu konu ile ilgili iki olasılık vardır. Bunlardan ilki, ciğerlere toksik hasarlar vererek doğrudan bir etkiye neden olmasıdır. Diğeri ise, ciğerleri tahriş ederek hassasiyeti arttırması ve iç ortamda bulunan alerjenlerle temas sonucu alerjenik reaksiyonlar oluşmasıdır (Jones, 1999). 50 ppm NO₂ kronik akciğer hastalıklarına neden olurken 150 ppm ölüm nedenidir. USEPA dış ortam maruziyet sınırını 0.05 ppm olarak belirlemiştir (Güler ve Çobanoğlu,1994). Sigara içilmesi, sıvı ve gaz tipi yakıtların ısınma ve pişirme amacıyla kullanımı sonucunda bireysel olarak azotdioksit maruziyetinin artması söz konusu olmaktadır. Azotdioksitin bulunduğu ortamlarda diğer kirleticilerin ve

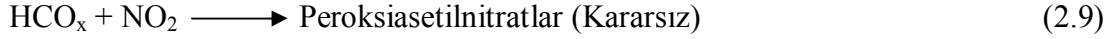
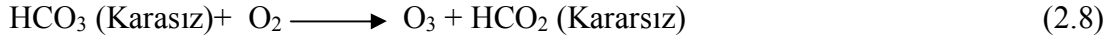
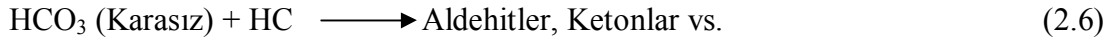
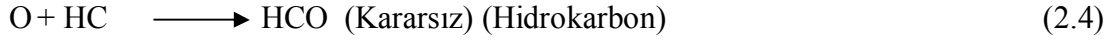
özellikle ozonun bulunması durumunda, bu kirleticiler arasında oluşan reaksiyonlar nedeniyle insan sağlığında olumsuz etkileşimlerin arttığı belirlenmiştir (Mirici ve Tutar, 2002).

2.2.3. Ozon (O₃)

Bilindiği gibi atmosferde az miktarda bulunan O₃ gazı; yeryüzündeki tüm canlı varlıkları güneşin öldürücü ultraviyole ışınlarına karşı koruyan bir kalkan görevi görmektedir. Çünkü bu gaz güneşten gelen ışınların büyük kısmını yansıtan bir gazdır. Eğer O₃ tabakası olmasaydı, güneşin UV-b (yeşil) radyasyonu yeryüzüne ulaşarak canlılar üzerinde genetik zararlara yol açardı. Ayrıca insanlar, güneş yanığı ve cilt kanseri gibi sorunlardan kaçamazlardı. Atmosferdeki O₃ gazı için çok hassas bir denge söz konusudur. Bu gaz atmosferin üst katmanlarında bir tabaka oluşturarak güneşten gelen öldürücü ışınları filtre eder. Bu sayede yeryüzüne ulaşabilen ışın miktarı canlı varlıklar için yararlı bir şekle dönüşür. Ancak bu gaz tabakasının incilmesi yada delinmesi durumunda kendisinden beklenen işlevleri yerine getiremez ve güneş ışınları canlılar için gerçek bir tehlike oluşturur. Bunun yanı sıra, güneş ışığında fotokimyasal tepkimeye giren egzoz gazları, kirli havadan oluşan duman bulutlarında O₃ ve NO₂ oluşturmaktadır. Böylece atmosferin yeryüzüne yakın alt kısımlarında da bir O₃ kirliliği meydana gelmektedir (ÇOB, 2009).

Çok kuvvetli bir oksitleme ajanı olan O₃, doğal olarak atmosferde şimşek, yıldırım gibi elektriksel olaylar sonucunda meydana gelmektedir. Troposferde, NO₂ ve hidrokarbonlara güneş ışınlarının etkisi sonucunda gerçekleşen birçok reaksiyon ile oluşmaktadır. Havada bulunan O₃, atmosferde kirleticiler arasında meydana gelen reaksiyonlar sonucunda oluşurken, insan faaliyetleri sonucunda, atmosferde önemli bir O₃ emisyonu oluşmamaktadır (RSHM 2004, Brunekreef ve Holgate, 2002). Reaksiyon (2.1-2.9)'da ozon oluşumu ve diğer ikincil tip kirleticilerin oluşumuna (fotokimyasal smog) ilişkin reaksiyonlar gösterilmektedir (Karpuzcu, 2004).





İkincil bir kirletici olan O₃, ortamda NO_x'lerin varlığında hidrokarbon ve CO'in fotokimyasal reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır (Chameides and Walker, 1973; Crutzen, 1973). Fotokimyasal reaksiyon süresinin tamamlandığı yerlerde O₃ konsantrasyonlarının yüksek olması beklenen bir durumdur. Bu nedenle, Ozon'un şehir merkezlerindeki konsantrasyonu, oluşan O₃'un NO tarafından tüketilmesi nedeniyle kırsal alanlardaki konsantrasyonlarından daha düşüktür (Brunekreef ve Holgate, 2002).

2.2.3.1. İç ve dış ortam ozon kaynakları ve aralarındaki ilişkiler

İç ortamda O₃ oluşumunu sağlayan kaynaklar yoktur. Ozon ikincil bir kirletici olması nedeniyle sigara içilmesi, sıvı ve gaz tipi yakıtların ısınma ve pişirme amacıyla kullanımını sonucunda azotdioksit oluşumu sonucunda güneş ışığının etkisiyle O₃ oluşumu söz konusu olabilir. İç ortam O₃ kirliliği için en önemli kaynak dış ortamdır. Bu nedenle, iç ortamın konum olarak trafiğe ve endüstriyel bölgelere yakınlığı önemlidir (RSHM, 2004).

Ozon konsantrasyonu gün içerisinde saatlere ve yıl içinde mevsimlere göre değişim gösterir. En yüksek O₃ konsantrasyonuna yaz ve kış aylarında güneş ışığının en yoğun olduğu öğle saatlerinde rastlanır. İç ortam O₃ seviyeleri dış ortam O₃ seviyelerine göre oldukça düşüktür. İç Ortam/Dış Ortam O₃ konsantrasyon oranlarının yaklaşık 0.2 ve 0.8 arasında olduğu gözlenir (Monn, 2001).

2.2.3.2. Ozon maruziyetinin insan sağlığı üzerine etkileri

Çok kuvvetli bir oksitleyici olan O₃, her türlü biyolojik materyalle reaksiyona girmektedir (RSHM, 2004). Akut O₃ maruziyeti hem sağlıklı hem de herhangi bir solunum sistemi rahatsızlığına sahip kişilerde; akciğer fonksiyonlarında azalma, solunum sisteminde tahribat (astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı v.b.) gibi olumsuz sağlık etkilerine neden olmaktadır. Alerjik sorunların bulunduğu kişilerde O₃, solunan alerjene olan reaksiyonların artmasına sebep olmaktadır (Spengler ve diğ., 2006; Alexis ve diğ., 2004; Peden, 2001).

2.3. Partikül Maddeler

Partiküler hava kirliliği, katı, sıvı veya katı ve sıvı askıda partiküllerin bir karışımıdır. Askıda partiküllerin boyutları, birkaç nm'den 10'larca µm'ye kadar değişebilir. Büyük (kaba) partiküller, daha büyük partiküllerin mekanik olarak aşınması ile oluşur. Küçük partiküller (<1 µm) çoğunlukla gazlardan oluşur, en küçük partiküller ise (<0.1 µm, ultra ince) kimyasal reaksiyonlar veya yoğunlaşmalar sonucunda gerçekleşen çekirdeklenme ile oluşurlar. Pratikte partiküllerin ayrılması PM10, PM2.5 ve ultra ince partiküller şeklinde yapılmaktadır. PM10, partikül çapı 10 µm'den küçük partikülleri ifade eder. Bu partiküller alt solunum sistemine nüfuz edebilirler. PM2.5, partikül çapı 2.5 µm'den küçük partikülleri ifade eder. Bu partiküller ciğerlerin gaz alış-veriş bölgesine nüfuz edebilirler. Ultra ince partiküllerin (partikül çapı 100 nm'den küçük partiküller) toplam partikül kütlesine katkısı çok azdır ancak, sayıca çok fazladır ve akciğerlerde etki ettikleri yüzey alanı büyüktür (Brunekreef ve Holgate, 2002).

Son 10 yıl içinde sağlık parametreleriyle önemli bir şekilde bağlantılı olmasından dolayı askıda partiküler maddelerin (TSP) hava kirliliğine etkisi çok ilgi görmektedir. Son yıllarda solunabilir partiküllerin neden olduğu sağlık risklerine çok önem verilmektedir. Bu nedenle solunabilir partiküller ile olumsuz sağlık etkileri arasındaki ilişki araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Pope, 1991; Choudhury ve diğ., 1997; Carlton ve diğ., 1999). İnce partiküllere, kolaylıkla solunmaları ve akciğerlerde depolanmaları sonucunda solunum sistemi rahatsızlıkları ve ölüm

oranlarının artmasına sebep olmaları nedeniyle daha fazla önem verilmektedir. (Clayton ve diğ., 1993; Seaton ve diğ., 1995; Monn ve diğ., 1997).

Partiküllerin toksisiteleri büyük ölçüde boyutu ile ilgilidir. Partikül çapı 10 µm'den (PM10) veya 2.5 µm'den (PM2.5) küçük olan partiküller akciğerlerin alveollerine kadar nüfuz edebildikleri için özellikle tehlikelidirler. Son zamanlarda PM10, PM2.5 veya PM2.5-10'dan hangisinin insan sağlığı açısından en tehlikeli partikül boyutu olduğu konusunda bazı soru işaretleri vardır. Ancak, partiküllerin toksisiteleri onların kimyasal bileşimine bağlı olarak da değişebilmektedir. Yapısında kurşun ve civa gibi toksik metaller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve dioksinler gibi kalıcı organik toksik bileşikler içeren partiküller özel ilgi çekmektedir (Curtis ve diğ. 2006).

Partiküler maddelerin yapısında da bulunabilen Arsenik (As), Berilyum (Be), Kadmiyum (Cd), Klor (Cl), Kobalt (Co), Krom (Cr), Civa (Hg), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Selenyum (Se) gibi bazı eser elementler insanlar için kanserojendir. Bu elementlerin çoğu kömür ve petrol yanması, insineratörler, motorlu taşıtlar ve metal endüstrileri gibi dış ortam emisyon kaynakları ile ilişkili olmasına rağmen dış ortam- iç ortam taşınımı yoluyla bu kaynaklar iç ortama önemli bir katkı sağlayabilmektedir. Ağır metallerin diğer kaynakları için yol tozlarından gelen yer kabuğu maddeleri, inşaat aktiviteleri, tekerlek/fren aşınması ve çimento fabrikaları sayılabilir (ATSDR, 2003).

2.3.1. İç ve dış ortam partikül madde kaynakları ve aralarındaki ilişkiler

Havada bulunan partikül maddeler, inorganik ve organik maddelerin kompleks karışımlarını temsil etmektedir. Genel olarak, kütle ve bileşimi yönünden; aerodinamik çapı 2.5 µm'den büyük kaba partiküller, aerodinamik çapı 2.5 µm'den küçük ince partiküller olarak iki gruba ayrılmaktadır. Küçük partiküller; ikincil olarak oluşan aerosoller (gaz-partikül dönüşümü), yanma sonucunda oluşan partikülleri, yoğunlaşan organik ve metal buharlarını içermektedir. Büyük partiküller; genelde yer kabuğu materyalleri yol ve endüstrilerden oluşan kaçak tozları içermektedir. Volkan patlamaları, fırtınalar, orman yangınları gibi doğal

kaynaklardan oluşana göre, elektrik santralleri, endüstriyel prosesler, yakıtların yanması gibi yapay kaynaklardan oluşan partiküller, solunabilirlik açısından daha fazla önemlidirler (RSHM, 2004).

İç ortam partikül madde konsantrasyonları tütün içilmesi, pişirme, ev içerisinde yer değişiklikleri nedeniyle resüspansiyon gibi iç ortam emisyon kaynakları, sızıntı ve havalandırma gibi dış ortam-iç ortam taşınımı ile dış ortam-iç ortam taşınımı esnasında çökelme gibi yer değiştirme mekanizmaları tarafından etkilenmektedir (Quackenboss ve diğ., 1989; Thatcher ve Laytol, 1995; Moriske ve diğ., 1996). Yemek pişirme, partikül boyutu 0.13 ile 0.25µm arasında değişen partikülleri oluşturur. Temizlik ve insanların ev içindeki hareketleri sonucunda ise çapları 3 ve 4.3 µm arasında değişen partiküller oluşur (Monn, 2001).

İç ortam kaynakları ve havalandırma hızı farklılıkları evlerde iç ortam havası açısından farklılıklara yol açan faktörlerdir. İç ortamlarda farklı boyutlardaki partiküller için önemli iç ortam kaynakları olmadığı durumlarda İç Ortam/Dış Ortam oranlarındaki farklılıklar bu partiküllerin depolanma hızlarındaki farklılıklarla açıklanmıştır. İnce partiküller kaba partiküllere göre daha düşük depolanma hızlarına sahiptir. Resüspansiyon hızı, artan partikül boyutu ile artmaktadır. Bundan dolayı ince partiküller daha az resüspansiyona ve depolanmaya uğramaktadır. Bu durum İç Ortam/Dış Ortam oranlarının diğer iç ortam kaynaklarının olmadığı durumlarda birbirine yakın olmasına neden olmaktadır. İç ortam kaynaklarının, iç ortamdaki Partikül madde (PM) seviyelerine etkisinin kuvvetli olduğu durumlarda bile dış ortam havasının iç ortam PM seviyelerine katkısı oldukça önemlidir. Evlerde belirli iç ortam kaynakları olmadığı zaman, dış ortam partiküllerinin iç ortam PM_{2.5} seviyelerine katkısının yaklaşık %75, PM₁₀ seviyelerine ise yaklaşık %66 olduğu belirtilmiştir. Evlerde önemli iç ortam kaynakları olduğu zamanlarda ise dış ortam havasının iç ortam PM₁₀ ve PM_{2.5} seviyelerine katkısının hala yaklaşık %55-60 olduğu belirtilmiştir (Monn, 2001). Quackenboss ve arkadaşları (1989) mevsimlerin İç Ortam/Dış Ortam ilişkisi üzerindeki etkisini ve evlerde sigara içen ve içmeyen kişiler olduğu durumlar arasındaki farklılıkları değerlendirmişlerdir. Bu karşılaştırmaya göre sigara kullanımının etkisi kış aylarında havalandırmanın az olmasından dolayı yaz aylarına göre daha fazladır.

2.3.2. Partikül madde maruziyetinin insan sağlığı üzerine etkileri

Solunabilir partiküller için dış ortam maruziyetiyle ilgili çalışmalar iç ortam maruziyetine göre daha fazla çalışılmıştır. Bu nedenle partiküllere maruziyetten kaynaklanan sağlık etkileri ile ilgili en yaygın veriler, dış ortamda yapılan epidemiyolojik çalışmalardan türetilmektedir. Ancak, partiküllere toplam maruziyet değerlendirildiğinde iç ortamda geçirilen zamanla bağlantılı olarak iç ortam maruziyeti dış ortama göre daha fazladır. Bu nedenle dış ortam partiküllerine maruziyetle ilgili yapılan çalışmalarda maruziyetin hissedilen etkilerinin büyük bir kısmı iç ortam maruziyetinden kaynaklanır. Solunabilir partiküller tahriş edici maddeler olduğundan bu maddelere maruziyet sonucu solunum yolunda tahribat oluşabilir. Partiküler maddeler; aromatik hidrokarbonlar, eser elementler, nitratlar ve sülfatları içeren organik ve inorganik maddelerin karışımıdır. Bu nedenle yapısındaki maddelere de bağlı olarak insan sağlığı açısından tehlike oluşturabilirler. Örneğin havada bulunan PAH'lar partiküler maddelerin üzerine absorblanabilirler. PAH taşıyan partiküllerin solunum yoluyla vücuda alınması ve metabolize olmaları sonucunda kanserojenik özelliklerinin arttığı düşünülür (Jones , 1999).

2.4. Seçilen Kirleticilere Ait Yapılmış Uluslararası Çalışmalar

Chao'nun (2001) yaptığı çalışmada, Mayıs-Haziran 1997 tarihleri arasında Hong Kong'ta sigara kullanılmayan 10 konutta iç ortam ve dış ortam NO, NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyon seviyeleri belirlenmiş ve aralarındaki ilişki incelenmiştir. Hong Kong, trafik, inşaat ve endüstri aktivitelerinin yoğunluğu nedeni ile hava kirliliği açısından problemlili bir şehirdir. Bir çok yerleşim bölgesinde, konutlar trafik ve inşaat aktivitelerinin yoğun olduğu alanlarda yer almaktadır. Bu çalışmada örneklemeler için, Ogawa PS-100 pasif örnekleyicileri kullanılmıştır. Çalışmada; NO, NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları hem iç ortamlarda hem de dış ortamlarda ölçülmüştür. Bütün pasif örnekleyiciler örnekleme için buldukları ortamlarda 48 saat süreyle bekletilmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, NO, NO₂, SO₂ ve O₃ için ortalama iç ortam ve dış ortam konsantrasyon oranları sırasıyla, 0.98, 0.79, 1.01 ve 0.40 olarak bulunmuştur. Kütle dengesi eşitliklerine bazı integral yaklaşımlar uygulanarak bu kirleticilerin kaynak ve alıcı kuvvetleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Hong Kong'da

bulunan konutların bu dört kirletici için alıcı olarak da rol aldığını göstermiştir. Ortalama alıcı kuvvetleri NO, NO₂, SO₂ ve O₃ için sırasıyla, 3.01, 0.42, 0.32 ve 1.39 mg/h olarak bulunmuştur. Ozonun binalardaki duvar yüzeylerine depolanma hızı, 0.0225 cm/s olarak hesaplanmıştır. Elde edilen iç ortam konsantrasyonları, Hong Kong'da yeni düzenlenmekte olan iç ortam hava kalitesi yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde, NO_x seviyelerinin sınır değerlere göre yüksek, SO₂ ve O₃ seviyelerinin ise düşük olduğunu görülmüştür.

Stranger ve arkadaşlarının (2007) Belçika'nın Antwerp şehrinde 18 ev ve 27 okulun iç ve dış ortamlarında yaptıkları çalışmada; PM1 (Partikül çapı 1 µm'den küçük olan partiküller), PM2.5 ve PM10 kütle konsantrasyonları, Elemental Karbon (EC) miktarı, NO₂, SO₂, O₃ ve BTEX (Benzen-Toluen-Etilbenzen-Ksilenler) konsantrasyonları belirlenmiştir. Partiküler maddeler; kütle konsantrasyonları, elemental bileşimleri, suda çözünür elemental içerikleri ve EC içerikleri açısından analiz edilmişlerdir. Çalışmada; gaz kirleticiler olarak da, NO₂, SO₂, BTEX, O₃, Formik asit (HCOOH) ve Asetik asit (CH₃COOH) gazları tayin edilmiştir. Örneklenen evler ve okullar Antwerp şehrinin şehir merkezinde ve güney bölgesindeki kent merkezi dışında kalan yerleşim alanında seçilmiştir. Seçilen evlerin 7'si şehir merkezinde 12'si ise kent merkezi dışındaki alanda bulunmaktadır. Evlerde yapılan çalışma 2001-2002 yılları arasında yapılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasındaki 15 evde örneklenen partiküler maddeler, milipore filtre sistemi ve filtreleri ve ek olarak Dekati Ltd. (Helsinki, Finland) tarafından üretilen gözenek çapı 0,4 µm olan polikarbonat filtreleri içeren ve akış hızı 30 L/dak. olan PM10 model üç aşamalı impaktör yardımıyla 24 saati aşkın süre içinde toplanmıştır. Milipore filtreler üzerindeki partiküler maddelerin elemental içeriği (S, Cl, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Ni, Zn ve Pb) enerji dağılımlı X-Işını floresans yöntemi (ED-XRF) ile belirlenmiştir. Toplam partiküler madde kütlesi ise gravimetrik olarak analiz edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasındaki 4 evde ise partiküler maddeler, akış hızı 10 L/dak. olan Harvard-tip impaktör ile 37mm teflon membran filtreler (gözenek çapı 2 µm) üzerine toplanmış ve ED-XRF tekniği ile elemental içeriği belirlenmiştir. Çalışmadaki bütün gaz halindeki maddeler Radiello marka pasif örnekleyiciler kullanılarak örneklenmiştir. Pasif örnekleyiciler bütün örnekleme noktalarının iç ve dış ortamlarında paralel olarak bir hafta süreyle bekletilmiş ve toplanan örnekler

incelenen bileşiğe bağılı olarak IC (İyon kromatografisi), GC-MS (Gaz kromatografisi-Kütle spektroskopisi) veya UV-VIS (Ultra viyole-Görünür bölge) spektrofotometreler kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada örneklenen 27 ilkokul, buldukları bölgeye ve birbirlerinden farklı diğere özelliklerine bağılı olarak seçilmiştir. Seçilen okulların 15'i şehir merkezinde 12'si ise kentten uzak alanda bulunmaktadır. Okullarda yapılan çalışma Aralık 2002-Haziran 2003 tarihleri arasında yapılmıştır. Partiküler maddeler Harvard impaktör ile öğrencilerin okulda bulunduğu saatler göz önüne alınarak 12 saatlik sürede ortamlarda bulundurulmuştur. Gaz kirleticiler ise evlerde kullanılan yöntem ile toplanmış ve tayin edilmiştir. Bu çalışmada incelenen evlerin ve okulların dış ortam PM_{2.5} konsantrasyonları Avrupa Birliği (AB) standartlarını %3-46 oranında aşmaktadır. İç ortam PM_{2.5} konsantrasyonları ise ölçüm farklılıkları nedeniyle iç ortam yönetmelik değerleriyle karşılaştırılamamaktadır. Evlerin dış ortamlarında ölçülen PM konsantrasyonları 40 µg/m³ olan yönetmelik değerinin altında bulunurken, okullarda ölçülen dış ortam PM₁₀ konsantrasyonlarının sınır değerleri %50 aştığı görülmüştür. Bununla birlikte okullarda yapılan örneklemelerin 12 saat süre ile yapıldığı yönetmelik değerlerinin ise 24 saat üzerinden verildiği dikkate alınmalıdır. Yapılan çalışmada sigara kullanımını nedeniyle PM_{2.5} ve PM₁₀ konsantrasyonlarının sırasıyla yönetmelik değerlerini %58 ve %46 oranında aştığı görülmüştür. Bu nedenle sigara kullanımının en önemli iç ortam kirletici kaynağı olduğu düşünülmüştür. Evlerin ve okulların dış ortamlarında ölçülen NO₂ konsantrasyonlarının da AB standartlarını aştığı görülmüştür. İç ortam NO₂ konsantrasyonları ise ölçüm farklılıkları nedeniyle iç ortam yönetmelik değerleriyle karşılaştırılamamıştır. İç ortam O₃ konsantrasyonları oldukça küçük hatta çoğu zaman belirleme limitinin altında bulunmuştur. Aynı şekilde SO₂ konsantrasyonları da iç ortamlarda düşük olması ve iç ortamlarda SO₂ kaynaklarının bulunmaması nedeniyle sonuçların değerlendirilmesi kısmında dikkate alınmamıştır.

Bracho ve arkadaşlarının yaptıkları (2002) çalışmada, Santiago, Chile'de, sigara içilmeyen evlerde yaşayan 20 çocuk için PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{2.5-10}, NO₂ ve O₃ maruziyeti belirlenmiştir. Bu amaçla, öncelikle 1998 yılı kış mevsiminde pilot bir çalışma (8 örnekleme noktasında) yapılmıştır. 1999 yılı kış mevsiminde ise pilot çalışma temel alınarak kişisel maruziyet, iç ortam ve dış ortam konsantrasyonlarının

belirlenmesi için ana çalışma (20 örnekleme noktasında) yapılmıştır. Her bir katılımcı için PM_{2.5}, PM₁₀ ve NO₂ konsantrasyonları 24 saatlik örnekleme süreleri için aritmetik ortalama olarak belirlenmiştir. Örnekleme hedeflenen O₃ konsantrasyonları belirleme limitinin altında bulunduğu için sunulamamıştır. Çalışmada örnekleme yöntemi olarak pasif örnekleme kullanılmıştır. Kişisel örnekleme cihazları, bir pompa içeren birden fazla kirleticiyi (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ ve O₃) örnekleme için dizayn edilmiş pasif örnekleme cihazlarıdır. Örneklemeden sonra örnekleme cihazı içinde bulunan filtreler ekstrakte edilerek iyon kromatografisi tekniği ile analiz edilmişlerdir. İç ortam ve dış ortam PM 2.5 ve PM₁₀ örnekleme için Harvard impaktörleri, NO₂ örnekleme için ise pasif örnekleme cihazları kullanılmıştır. Çalışmada her bir denek için zaman-aktivite çizelgeleri hazırlanmış ve katılımcıların iç ortam, dış ortam ve trafikte geçirdikleri zamanları, yaptıkları aktiviteleri ve sürelerini, ayrıca sigara içilen ortamlarda bulunma sürelerini not almaları istenmiştir. Çalışmada, kişisel, iç ve dış ortam PM 2.5 konsantrasyonları (sırasıyla; 69.5, 68.5, 68.1 µg/m³) birbirine çok yakın değerlerde bulunmuştur. Bununla birlikte kaba partiküllerin (ölçülen PM₁₀ ve PM_{2.5} konsantrasyonlarının farkından elde edilen PM_{2.5-10}) iç ortam ve dış ortam konsantrasyon seviyeleri (35.4 ve 47.4 µg/m³) kişisel konsantrasyon seviyelerinden (76.3 µg/m³) düşüktür. İç ortam ve dış ortam NO₂ seviyeleri (35.8 ve 36.9 ppb) birbirine oldukça yakın ancak kişisel maruziyet konsantrasyonundan (25.9 ppb) büyük bulunmuşlardır. Çalışmada, kişisel, iç ve dış ortam O₃ konsantrasyonları oldukça küçük hatta çoğu zaman belirleme limitinin altında bulunmuştur. Elde edilen konsantrasyon değerleri incelendiğinde dış ortam kirletici konsantrasyonlarının iç ortama katkısının oldukça fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, PM_{2.5} ve PM 2.5-10 için dış ortamdaki iç ortama nüfuz etme verimleri sırasıyla 0.61 ve 0.30 olarak bulunmuştur. PM 2.5 için kişisel maruziyet konsantrasyonlarının, iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları ile kuvvetli bir ilişki içinde olduğu fakat PM_{2.5-10} için zayıf bir ilişki içinde olduğu anlaşılmıştır. Azotdioksit için de iç ortam-dış ortam ve kişisel-dış ortam ilişkilerinin birbirleriyle bağlantısının zayıf olduğu belirlenmiştir. Bu durum bütün evlerde gazlı ısıtıcıların bulunmasının bir sonucu olarak yorumlanmaktadır. PM_{2.5} için I/O, P/I, P/O oranlarının ortanca değerleri birbirine çok yakın bulunurken, NO₂ için bu oranlar 0.64 ile 0.95 arasında değişmektedir. Bracho ve arkadaşları (2002) yaptıkları bu çalışmayı literatürde bulunan benzer çalışmalarla karşılaştırdıklarında bu çalışmada

elde ettikleri konsantrasyonların diğer çalışmalara oranla oldukça yüksek olduğunu bulmuşlardır. Bu durumda, kış aylarında Santiago'daki hava kirliliğinin benzer şehirlere oranla yüksek olduğu belirtilmektedir.

Monn ve arkadaşları (1997) İsviçre'de 1996 yılı ilkbahar-yaz mevsimlerinde 17 evde PM10, PM2.5 ve NO₂ konsantrasyonlarının iç ortam ve dış ortam seviyeleri arasındaki ilişkilerini incelemişlerdir. Ayrıca 10 evde yaşayan kişiler üzerinde kişisel maruziyet ölçümleri de yapılmıştır. Partikül maddeler Harvard mikro çevre monitörleri ile 48 ile 72 saat arasında değişen sürelerde örneklenmiştir. Örneklenen hava impaktör içine akış hızı sabit 4 L/dak olacak şekilde bir membran pompası yardımı ile çekilmiştir. Azotdioksit örneklemede ise trietanolamin (TEA) ile kaplanmış metal bir ızgara içeren pasif örnekleyciler kullanılmıştır. Adsorplanan NO₂ sülfonik asit ve N-(1-naphthyl)ethylendiamine dihydrochloride (NEDA) kullanılarak fotometrede analiz edilebilecek renkli çözeltiler içine ekstrakte edilmiştir. İç ortam kaynaklarının ve kişi aktivitelerinin fazla olmadığı evlerde PM10 için İç Ortam/Dış Ortam (I/O) oranı yaklaşık 0.7 olarak bulunmuştur. İç ortam kaynakları arasında sigara kullanımı I/O oranını (>1.8) en çok etkileyen kaynaktır. Kişisel örnekleme sonuçları değerlendirildiğinde ise kişisel konsantrasyonların iç ortam ve dış ortam konsantrasyon seviyelerinden yüksek olduğu bulunmuştur. Azotdioksit için gaz ile yemek pişirme en önemli iç ortam kaynağı olarak belirlenmiştir. Gaz ile yemek pişirme yapılan evlerde I/O oranı 1.2 olarak belirlenirken gaz ile yemek pişirme yapılmayan evlerde bu oran 1'in altında bulunmuştur.

Na ve arkadaşlarının (2004), Eylül 2001-Ocak 2002 tarihleri arasında, Amerika'nın Kaliforniya Eyaletinde 20 ev 6 lisede yaptıkları çalışmada 35 eser element ve toplam PM2.5 konsantrasyonları ölçülmüştür. Çalışmada her örnekleme noktasında örneklemler 6 gün boyunca yapılmıştır. Birbirini takip eden örnekleme noktalarının birbirine yakın mesafelerde (hatta komşu) olmasına dikkat edilmiştir. Bu nedenle her bir çift iç ortam için bir adet dış ortam örnekleme yapılmıştır. Dış ortam örneklemlerinde yerel emisyon kaynaklarının etkisini azaltmaması için örnekleycilerin ana yollardan uzağa yerleştirilmesine dikkat edilmiştir. Örneklemede kullanılan impaktörler ile partikül çapı 2.5 µm'den büyük olan partiküller 47 mm

teflon filtrelerin üzerine toplanmaktadır. Eser element analizleri için ise XRF tekniği kullanılarak 35 eser elementin konsantrasyonu her bir ortam için ayrı ayrı belirlenmiştir. Eser element ölçümleri içerisinde en yüksek konsantrasyonlara kükürt ve silisyumun sahip olduğu görülmüştür (ağır sigara içicilerinin yaşadığı evlerin dışındaki evlerde). Ortalama toplam eser element konsantrasyonları iç ortamda dış ortama nazaran daha düşük bulunmuştur. Toplam eser element konsantrasyonlarının toplam PM2.5 konsantrasyonlarına oranı da iç ortamlarda, dış ortamlara göre düşük bulunmuştur. Evlerin ve okulların iç ortam eser element konsantrasyonları karşılaştırıldığında ise okullarda ölçülen konsantrasyonların evlerden daha düşük olduğu bulunmuştur. Sigara kullanılan ve kullanılmayan evlerde yapılan örnekleme sonuçları incelendiğinde ise sigara kullanımının toplam eser element konsantrasyonunu önemli derecede arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca kanserojen eser elementlerin konsantrasyonları sigara içilen ve içilmeyen evlerde birbirinden oldukça farklı değerlerde bulunmuştur. Sigara içen kişilerin evlerinde en yüksek konsantrasyonlara sahip elementlerin potasyum ve klor olduğu belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda evlerde yanma kaynaklı elementlerin konsantrasyonlarının, toprak kaynaklı elementlerden yüksek olduğu görülmüştür.

2.5. Maruziyet Değerlendirmesi

2.5.1. Genel kavramlar

Bir kimyasalın insan vücuduna girme süreci iki adımda tanımlanır: Kontak (maruziyet) ve bunu takip eden gerçek giriş (sınırları geçiş). Kirletici fiziksel bir sınırla (cilt, alveolar epital hücreler) karşılaştığı zaman doz kavramı kullanılır. Doz, kütle birimleriyle ölçülebilen, belirli bir zaman aralığı için vücutta depolanan veya absorblanan materyal miktarıdır. Doz; içsel doz olarak veya biyolojik olarak etkili doz olarak tanımlanabilir. Bir kimyasal dışarıdan insan vücuduna girerken iki önemli süreç gerçekleşir. Giriş (Intake); dış sınırların (genellikle; ağız veya burun) açık olması ile hava, su, besin maddesi gibi taşıyıcı ortamlarda bulunabilen kimyasal maddenin fiziksel olarak (genellikle; solunum, yeme ve içme) dışarıdan insan vücuduna girmesidir. İnsan vücuduna giren kimyasal madde miktarının belirlenmesi, taşıyıcı ortamda ne kadar madde bulunduğu ile ilişkilidir. Bu aşamada, kütle akışı ile

kütle transferi oluşur. Sınırları geçen kimyasal madde miktarı kimyasal madde giriş hızı ile tanımlanabilir. Kimyasal madde giriş hızı birim zamanda dış sınırları geçen kimyasal madde miktarıdır. Maruziyet konsantrasyonu beslenme veya solunum süresi sonucu oluşur. Beslenme veya soluma hızı, birim zamanda sınırları geçen taşıyıcı ortam miktarıdır. Örneğin; (m³ solunan hava/saat); (kg alınan besin/gün) veya (L sarf edilen su/gün). Beslenme veya soluma hızı sabit değildir fakat genellikle bilinen limitler arasında değiştiği gözlenir. Kimyasalların dış ortamdan vücuda girişi için diğer bir süreçte alım (uptake)'dır. Alım, bir kimyasal maddenin, cilt veya göz gibi kimyasal maddelere maruz kalabilecek dokulardan absorpsiyon ile vücuda alınmasıdır. Kimyasal madde taşıyıcı bir ortamda bulunmasına rağmen taşıyıcı madde kimyasal madde ile aynı hızla absorblanmaz. Bu nedenle, sınırları geçen madde miktarının tayini giriş ile aynı yolla yapılamaz. Dermal absorpsiyon vücudun dış sınırını geçen doğrudan alım için bir örnek olarak gösterilebilir. Kimyasal alım hızı, her birim zamanda absorblanan kimyasal madde miktarıdır. Bu aşamada; difüzyon yoluyla kütle transferi gerçekleşir. Bu nedenle; alım, sınırları geçen konsantrasyon gradientine, duvarların geçirgenliğine ve diğer faktörlere bağlı olabilir. Kimyasal alım hızı; maruziyet konsantrasyonunun, geçirgenlik sabitinin, maruz kalan yüzey alanının bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir (Monn, 2001, USEPA 1992).

2.5.1.1. Maruziyetin tanımlanması

Maruziyet, bir kimyasalın bir insanın dış sınırları ile temas ettiği durumdur. Çoğu zaman kimyasal madde hava, su, toprak gibi bir ürünün içinde veya bir taşıt veya taşıyıcı ortamda bulunabilir. Temas noktasındaki kimyasal madde konsantrasyonu maruziyet konsantrasyonu olarak tanımlanır. Bir süre boyunca devam eden maruziyet, maruziyet konsantrasyonunun zamana bağlı profili ile ifade edilir. Bu profil eğrisinin altında kalan alan maruziyetin miktarıdır. Konsantrasyon zaman biriminde;

$$E = \int_{t_1}^{t_2} C(t) dt \quad (2.10)$$

Burada;

E; maruziyetin miktarı,

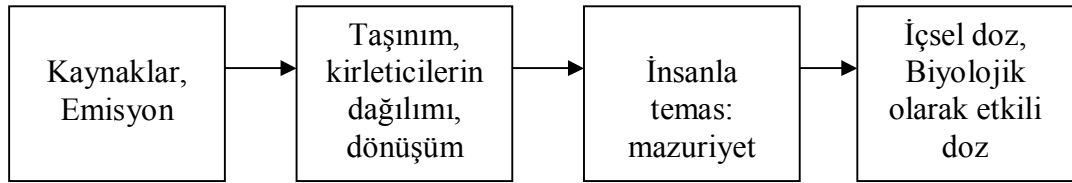
C(t); zamana bağlı maruziyet konsantrasyonu,

t; t_2-t_1 şeklinde ifade edilen maruziyet süresidir.

Eğer ED devam eden bir periyotsa (bir gün, bir ay, bir yıl gibi), C(t) bu zamanın bir bölümünde “0” olabilir. Entegre edilmiş maruziyet; genellikle tek bir kişi için, belirli bir kimyasala belirli bir maruziyet yoluyla belirlenen sürede maruziyet sonucu oluşur (USEPA, 1992).

Çok yönlü bir maruziyet değerlendirmesi, bir kirleticinin, kaynağı ve sağlık etkileri arasında değerlendirmenin yapıldığı risk değerlendirme işleminin bir parçasıdır.

Şekil 2.3, kirleticilerin kaynaktan vücuda doğru akışını göstermektedir. Genelde bu şekil bütün çevresel ortamlarda (su, hava, besin) geçerlidir. Hava kirleticileri her yere dağılır ve insanların hedef organları ile sürekli temas halindedirler (Monn, 2001).



Şekil 2.3: Kirleticilerin Kaynaktan Vücuda Olan Akışı (Monn, 2001)

2.5.1.2. Uygulanan doz, potansiyel doz ve içsel doz

Uygulanan doz absorpsiyon sınırındaki (cilt, ciğer, sindirim sistemi), absorpsiyon için elverişli kimyasal madde miktarıdır. İçsel doz ile uygulanan doz arasında ilişki kurabilmek için uygulanan dozu bilmek yararlıdır. Bu ilişki bazen deneysel olarak kurulabilir. Genellikle uygulanan dozu doğrudan ölçmek çok zordur. İnsan vücudundaki birçok absorpsiyon sınırı içseldir ve ölçümü kolay yapılacak şekilde yerleşmemiştir. Uygulanan dozun bir yaklaşımının yapılması potansiyel doz kavramının kullanılması ile olur.

Basitçe; potansiyel doz, solunan, yutulan veya cilde uygulanan bir materyaldeki kimyasal madde miktarıdır. Beslenme ve solunum ile alınan potansiyel doz; doz-cevap deneylerinde uygulanan dozun bir benzeridir. Çevresel kimyasallara insanların maruziyeti genellikle bilinçli uygulamadan ziyade kasıtsız olarak gerçekleşir. Bu nedenle uygulanan doz tanımı yerine potansiyel doz tanımı kullanılır. Uygulanan dozla ilgili olarak potansiyel doz, doz-cevap ilişkisinde kullanılabilir. Dermal yol için; potansiyel doz, uygulanan veya ortamda bulunan kimyasalın miktarıdır. Örneğin cilde depolanmış partiküllerin küçük bir miktarıdır. Ancak, partikül içindeki bütün kimyasalın ciltle temas etmediği dikkate alınmalıdır. Bu durum maruziyet (temas süresi içindeki partikül konsantrasyonu) ile uygulanan doz (cilde gerçekten temas eden tabakadaki madde miktarı) arasındaki farklılıktır.

İçsel doz, absorblanan ve biyolojik olarak önemli reseptörlerle etkileşim içinde olabilen kimyasal madde miktarıdır. Kimyasal bir kez absorblandıktan sonra, metabolize olur, depolanır, vücuttan çeşitli salgılarıyla dışarı atılır veya vücut içinde taşınır (USEPA 1992).

2.5.2. Maruziyetin ölçülmesi

Kişisel maruziyetin ölçülmesi doğrudan veya dolaylı olarak gerçekleştirilebilir. Doğrudan uygulamalarda maruziyet seviyeleri bireysel olarak belirlenebilir (kişisel örnekleyiciler veya biyolojik işaretleyiciler kullanarak); dolaylı uygulamalarda maruziyet seviyeleri durağan bir şekilde veya modellerle belirlenir. Bir metodun değerlendirilmesi metodun doğal kriterleri göz önüne alınarak yapılır. Bu kriterler; hassasiyet, kesinlik, doğruluk, seçicilik ve limitlerin bulunmasıdır. Bu kriterlerin yanında maliyet ve uygulanabilirlik de belirli bir metodun seçilmesinde önemli faktörlerdir (Monn, 2001).

2.5.2.1. İç ortam havasının izlenmesi

İç ortam hava kalitesinin belirlenmesi için yapılan örnekleme ve analiz yöntemleri incelenen kirlenici veya kirlenicilere bağlı olarak değişir. İç ortam hava kalitesinin belirlenmesi, örneklerin laboratuvarında analiz edilmesi veya doğrudan sonuç veren

otomatik cihazlar kullanılarak yapılabilir. Örnekleme metotları hava kirleticilerinin toplanmasında kullanılan yöntemlerdir. Bu metotlar, aktif (havayı pompa ile taşıyan) veya pasif (havayı difüzyonla taşıyan) olabilir. Hava kirleticilerin ölçüm yöntemlerinden biri olan görüntüleme metotları, elektronik temelli düzenekler içerirler, kirleticilerin toplanması ve aynı zamanda analiz edilmesi için kullanılırlar. Ölçüm yöntemleri doğrudan okumalı veya dolaylı okumalı yöntemler şeklinde de ayrılabilir. Doğrudan okumalı yöntemlerde örnek toplanır ve aynı zamanda analiz edilir. Bu metotlar, elektronik temelli yöntemlerdir. Burada bir sensör ile belirlenen giriş sinyali mekanik ve elektriksel bileşenlerle, konsantrasyon veya kolayca yorumlanabilen farklı ölçüm birimine dönüştürülür. Diğer bir doğrudan okumalı yöntem ise kirletici ile reaksiyona girebilecek bir kimyasal madde kullanılarak belirli kalibrasyon aralıklarına göre renk değişimi oluşturabilen kalorimetrik indikatörler kullanılmasıdır. Dolaylı okumalı metotlarda ise örnekleme ve analiz iki aşamada gerçekleşir. Örnek bir reaktif yüzeye veya içine toplanır daha sonra laboratuvarında uygun analiz yöntemleri kullanılarak analiz edilir. Bu yöntemlerde partikül maddeler bir filtrenin üzerinde, gazlar ise bir sıvının içinde, kimyasal bir katı maddenin veya kimyasal bir işleme tabi tutulmuş bir kağıdın üzerinde toplanır (Hays ve diğ. 1995).

2.5.2.2. Kişisel izleme

Hava kirliliğine kişisel maruziyetin izlenmesinde genellikle pasif örnekleyiciler veya biyolojik işaretleyiciler kullanılmaktadır. Pasif örnekleyiciler kişisel örneklemede en yaygın ve en kolay kullanılan cihazlardır. Bu cihazlar gazların pasif difüzyonunu temel alır ve havadaki konsantrasyon Fick difüzyon kanununa göre hesaplanır. Örnekleyiciler, hafiftir, elektrik gerektirmezler ve giysilerin üzerine kolayca tutturulabilmeleri nedeniyle kişisel örnekleme için uygundur. Bu örnekleyiciler tüplerden veya küçük özel rozetlerden oluşur. Pasif örnekleyiciler en çok NO₂ için kullanılır. Örnekleme zamanı konsantrasyona bağlı olarak birkaç gün ile bir hafta arasında zaman alır. Ayrıca CO, SO₂, VOC, O₃, formaldehit ve amonyak için de pasif örnekleyiciler vardır.

Biyolojik işaretçiler, maruziyet işaretçileri ve etki (sonuç) işaretçileri olarak gruplandırılabilir. Etki işaretçileri genellikle tıbbi bir tanı (akciğer fonksiyonlarında azalma gibi) içerebilen anormalliklerin ön klinik belirleyicisidir. Maruziyet işaretçileri ise insan sınırlarını geçen analitin konsantrasyonunu yansıtır. Biyolojik işaretçileri, nefesten, idrardan, saçtan, tırnaktan, burun lavajlarından, veya daha zor prosedürlerde, kandan veya bronş alveolar lavajdan gelen sıvılardan toplanabilir. Biyolojik işaretçiler mesleki çalışmalarda bilinen spesifik maruziyetlerde (örneğin solventler) çok yaygın olarak kullanılır. Biyolojik işaretçilerin kullanılmasının avantajı maruziyetin zaman sınırlamasının olmaması ve bütün maruziyet yollarının içerilmesidir. Dezavantajı ise, maruziyet yollarının birbirinden ayrılamadığı durumlarda bir eksiklik içermesidir. Örneğin, pestisitlerin deri yoluyla maruziyeti çok önemli olabilir fakat yalnızca biyolojik işaretçilere bakıldığı zaman cilt yönünde bu kirleticilerin alınması ile ilgili çok az bilgi vardır. Çevresel maruziyetlerle içsel doz arasındaki ilişkilerin hesaplanması ve yorumlanması için kinetik, yarılanma ömrü, salgılar ve metabolik taşınımlarla ilgili verilere ihtiyaç vardır. Havadaki konsantrasyon ile vücuttaki seviye arasında ilişki kurabilmek için modeller kullanılabilir. Biyolojik işaretçilerin kullanılabilirliğini değerlendirebilmek için vücuttaki yarılanma ömürlerini ve zamanla değişimlerini bilmek önemlidir. Biyolojik işaretçilerin yalnızca son zamanlardaki maruziyetleri yansıtmaları nedeniyle, yalnızca akut etkiler üzerine olası çalışmalarda kullanılabilirler. Maruziyet işaretçileri için bir örnek kanda kurşundur. Kurşun ayrıca kemik iliğinde de kalır ve vücutta oldukça uzun bir yarılanma ömrü vardır. Bazı örnekler kanserojenik ve mutajenik potansiyeller gösterebilir. Tablo 2.3’de bazı etki ve maruziyet işaretçileri gösterilmektedir (Monn, 2001).

Tablo 2.3: Etki ve Maruziyet Biyolojik İşaretçileri (Monn, 2001)

İşaretçi tipi	İşaretçilere örnekler
Maruziyet biyolojik işaretçileri	Kanda kurşun, solunmuş havada uçucu organik bileşikler (VOC), anne sütündeki kimyasallar (DDT, PCB), hidroksi pirolin
Etki biyolojik işaretçileri	Kromozom bozulmaları, akciğer fonksiyonlarında değişiklikler

2.5.3. Risk değerlendirme

Hasta bina sendromu ve bina ile ilgili hastalıklar gibi sağlık sorunları arttıkça iç ortam hava kalitesinin önemi de artmaktadır. İç ortam hava kirliliğinin insanlar üzerindeki ilk belirtileri; yorgunluk, öksürük, üst solunum yolu hastalıkları, baş ağrısı ve baş dönmesidir. Hava kirleticilerine maruziyet birçok olumsuz sağlık etkilerine neden olabilir. Örneğin akut semptomlar gözlerde veya solunum yolunda tahribata neden olabilirken belirli bazı kirleticilere uzun süreli maruziyet astım veya kanser gibi daha ciddi sağlık etkilerine de neden olabilmektedir (Hoddinott ve Lee, 2000, Meininghaus ve diğ., 2003).

İnsanlar kirleticilere; solunum, deri teması ve besinlerin yenmesi yolu ile maruz kalırlar. Hava kirleticilerine maruziyet söz konusu olduğunda en önemli maruziyet yolu solunumdur. Bu nedenle; hava kirleticilerine solunum yoluyla gerçekleşen maruziyetin neden olduğu sağlık riskleri iç ortam hava kalitesi üzerine çalışan bilim adamları tarafından araştırılmaktadır (Pauluhn,1999, Hoddinott ve Lee, 2000, Guo ve diğ., 2004, See ve Balasubramanian, 2006).

İ ortamlar için yapılan risk değerlendirme çalışmalarının amacı belirli kimyasallar için iç ortam havası “ortalama” konsantrasyonlarının önemli bir risk oluşturup oluşturmayacağının belirlenmesidir. Risk seviyeleri bölgedeki kirletici seviyelerinin ve iç ortam çevresindeki endüstrilerin etkilerinin belirlenmesinde kullanılır (Hoddinott ve Lee,2000).

Uçucu organik bileşikler (UOB) ve partiküllere bağlı eser elementler önemli iç ortam hava kirleticileridir. Bu kirleticilere akut ve kronik maruziyetin neden olduğu çeşitli sağlık problemleri vardır. Eser elementler ve UOB’ler ile ilgili i ortamlarda birçok farklı kaynak bulunmaktadır. Bunun yanında, bu kirleticiler için önemli bir iç ortam kaynağı da dış ortamdır. Bu nedenle iç ortam sağlık riski ve kaynak belirleme çalışmaları yapılırken i ortamın bulunduğu dış ortamın konumu ve dış ortamdaki kirletici kaynakları dikkate alınmalıdır.

Tehlike; istenmeyen, ters sonuçların ortaya çıkmasına neden olan bir durum olarak tanımlanmaktadır. Risk; bazı tehlikeli durumların neden olabileceği ters etkilerin ortaya çıkma olasılığı veya ihtimalidir (Duah,1993). Risk değerlendirme ise tehlikeli bir maddeye maruz kalma sonucunda ortaya çıkabilecek istenmeyen sağlık etkilerinin belirlenmesidir. Risk yönetimi, risk değerlendirmedeki bilgileri kullanarak sosyal, ekonomik, politik, ahlaki ve teknik bilgileri göz önüne alarak muhtemel riskin yok edilmesi veya azaltılmasıdır (Duah,1993). Risk değerlendirme çalışması beş aşamada gerçekleştirilir. Bunlar;

- 1-) Tehlikenin tanımlanması,
- 2-) Toksikite Değerlendirmesi,
- 3-) Maruziyet değerlendirme,
- 4-) Risk karakterizasyonu,
- 5-) Risk Yönetimi'dir (Anderson ve Albert, 1999; Carpenter 1995).

2.6. Hava Kirliliği Örneklemeye Yöntemleri

Örneklemeye aşaması, bu aşamada yapılan hataların analiz esnasında düzeltilememesi nedeniyle analitik işlemler arasında en önemli aşama olarak sayılabilir. Analit veya analitlerin yapısına, konsantrasyon seviyelerine ve örnekleme amacına göre 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 analiz edilmesidir (Gorecki ve Namiesnik, 2002). Bu anlamda; örnekleme teknikleri iki ana kategoriye ayrılmaktadır: (1) laboratuvarında analiz edilen örnek toplama cihazları, (2) doğrudan okumalı cihazlar. Bu tekniklerin ikisi de; gaz, buhar ve partiküler madde (aerosol) gibi önemli kirletici tiplerine uygulanabilir (McDermott, 2004).

2.6.1. Pasif örnekleme yöntemleri

Çeşitli gazlar için kullanılan pasif örnekleyiciler; gaz veya buhar halindeki kirletici numunelerini, atmosferde statik bir tabaka içinden difüzyon veya bir membran içinden permeasyon gibi fiziksel bir işlemle, atmosferden kontrollü hız ile alabilen

cihazlar olarak tanımlanır. Ancak burada, havanın örnekleyici içinden aktif bir hareketle geçmesi gerekmez. Modern pasif örnekleme yöntemleri; kurşun peroksit mumu yöntemi, Liesegang yöntemi veya Fukui yöntemi gibi difüzyon yolu olmaksızın doğrudan havaya maruz bırakılan absorblama yüzeylerini içeren daha önce kullanılan pasif örnekleme yöntemlerinden ayrılmalıdır. Bu ölçüm sonuçları, meteorolojik koşullara kuvvetle bağlıdır. Modern anlamda difüzyon tipi pasif örnekleyiciler, Palmes ve Gunnison tarafından; permeasyon-difüzyon tipi örnekleyiciler ise Reiszner ve West tarafından geliştirilmiştir (RSHM,2001).

Pasif örnekleyiciler genel olarak, bir ucu açık tüp tipli (Palmes tüpü olarak adlandırılır) veya açık ucu membran filtre veya bir rüzgar siperi ile korunmuş daha kısa plaka tipi bir yapıdadır. Diğer taraftaki kapalı uçta ise çeşitli gazların izlenebilmesi için uygun bir absorblayıcı bulunur.

Difüzyon tipi örnekleyicilerin temel prensibi; gaz moleküllerinin, yüksek konsantrasyon bölgesinden (örnekleyicinin açık ucu), düşük konsantrasyon bölgesine (örnekleyicinin sonundaki absorblayıcı) difüze olmasıdır. Akış sistemde denge kurulana kadar veya örnekleme süresi kullanıcı tarafından sona erdirilene kadar devam eder. Gaz moleküllerinin hareketi, Fick kanunları ile düzenlenmiştir. Akış, konsantrasyon değişimi ile orantılıdır (RSHM,2001).

Pasif örnekleme yöntemi, örneklenen gazın, atmosferden kimyasal absorbent içeren bir tüp olan örnekleyici içine Fick'in difüzyon kanununa göre taşınması prensibine dayanır. Konsantrasyon gradienti doğrusal ve toplama verimi 100% olduğu zaman, analitin "M" miktarının "t"(s) difüzyon süresinde taşınması aşağıdaki denklemle ifade edilebilir:

$$M = U \times t = \frac{DA}{L} C_0 t \quad (2.11)$$

Burada ,

U; Difüzyon transfer hızı (mol/s),

D; Analitin moleküler difüzyon sabiti (cm²/s),

A; Difüzyon yolunun kesit alanı (cm²),
L; Difüzyon yolunun toplam uzunluğu (cm),
C₀; incelenen ortamdaki analit konsantrasyonu (mol/cm³),

DA/L; terimi cm³/dak olarak ifade edilir (dinamik cihazlardaki örnek akış hızı gibi). Bu nedenle; çoğunlukla örnekleme hızı (SR) olarak göz önüne alınır. Sabit sıcaklıkta belirli bir geometriye sahip cihazlar için, “SR= DA/L” belli bir analit için sabit olmalıdır. Böylece, bir örnekleme hızı ve bilinen bir geometriye (A ve L) sahip olduğu sürece, D'nin literatürde bulunan değerlerine bağlı olarak C₀'ın hesaplanması mümkün olur (Gorecki ve Namiesnik, 2002). Bununla birlikte, bu uygulama birkaç faktöre bağlı olarak kullanışsızdır. Örneğin, literatür kaynaklarında, belirli bileşikler için verilen moleküler difüzyon katsayılarının değerleri birbirinden farklıdır ve D'nin sıcaklığa bağlı verileri eksiktir. Örnekleme hızının çeşitli kısımlarına sorpsiyon gibi analit kayıplarını içeren diğer faktörler toplam veriminin 100%'ün altında olmasına neden olur. Bu nedenle, pratikte her örnekleme hızının kalibre edilmesi gereklidir.

Fick'in difüzyon kanunu, analitin kütle transfer hızı membrana doğru permeasyon ile kontrol edildiği zaman da uygulanabilir. İdeal örnekleme ortamından uygun bir örnekleme hızı ile “t” zamanında toplanan, gaz örnekleme için “M” analit miktarı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$M = \frac{SA}{L_M} P_1 t \quad (2.12)$$

Burada;

M ve A; denklem “2.11” ile aynı anlamdadır.

S; Belirli analitin geçirgenlik sabiti (cm²/dakika),

L_M; Membran kalınlığı (cm),

P₁; dış membran yüzeyine yakın analitin kısmi basıncıdır.

Analitin kısmi basıncı ideal gaz kanunu kullanılarak kolayca havadaki konsantrasyonuna dönüştürülebilir.

$$P_1 = aC_0 \quad (2.13)$$

Burada “a” sabittir. Sabit sıcaklıkta “S”, “A”, “a” ve “L_M” sabittir. Böylece;

$$\frac{1}{k} = \frac{SAa}{L_M} \quad (2.14)$$

Denklemden “k” kalibrasyon sabitidir. Bu nedenle, analitin konsantrasyonu “t” bilindiği zaman aşağıdaki ilişki kullanılarak belirlenebilir.

$$C_0 = \frac{Mk}{t} \quad (2.15)$$

Pasif örnekleyicilerin cevap (etkilenme) süresi difüzyon veya permeasyon bariyerine doğru (bariyer materyalindeki analitin difüzyon sabitinin büyüklüğüne bağlı olarak) hareket eden analitin hızı ile belirlenir. Pasif örnekleyicilerin difüzyonu için cevap süresi aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$t_R = \frac{L^2}{2D} \quad (2.16)$$

Burada “t_R”, bileşiğin difüzyon bölgesinde kalma süresidir. Gaz örnekleme için cevap süresi genellikle ikinci sıradadır. Bu nedenle, bütün örnekleme süresi değerlendirildiğinde ihmal edilecek kadar küçüktür. Benzer bir ilişki permeasyon pasif örnekleyicilerinin cevap süresini tanımlar.

$$t_R = \frac{L_M^2}{6S} \quad (2.17)$$

Bileşiğin permeabilite (geçirgenlik) sabiti genellikle büyüklük olarak değişebilir. Ancak örnekleme ortamında (genellikle hava) bulunan aynı bileşik için difüzyon sabitinden küçüktür. Permeasyon (nüfuz) pasif örnekleyicilerinin cevap süresi

membran yeterince inceyse çok kısa olabilir. Membran 100 mm'den ince ise yanıt süresi ikinci sıradadır.

Sıcaklık, pasif örneklemede önemli bir parametredir. Moleküler difüzyon katsayısı sıcaklık arttıkça artar, bu nedenle difüzyon örnekleyicileri için sıcaklığın artmasıyla örnekleme hızının artması beklenir. Gazlar için kinetik teori, difüzyon sabitinin $T^{3/2}$ (burada "T" mutlak sıcaklıktır) ile orantılı olduğunu öne sürer. Bu nedenle, sıcaklık 5-35 °C aralığında olduğunda difüzyon sabitinin (buna bağlı olarak örnekleme hızının) teorik olarak %16 değişmesi beklenir. Pratikte ise sıcaklığa daha az bağlılık (0.2%, 1°C) gözlenir.

Permeasyon temelli pasif örnekleyiciler için örnekleme hızının sıcaklığa etkisi daha küçüktür. Permeabilite sabitinin (S), sıcaklığa bağlılığı aşağıdaki ilişki ile ifade edilebilir.

$$S = S^0 \exp(-E_p / RT) \quad (2.18)$$

$$E_p = \Delta H + E_D \quad (2.19)$$

Burada;

S^0 , standart permeabilite sabitidir. E_p ise membran materyali içindeki analit çözültisinin ısısı ile difüzyon için gerekli aktivasyon enerjisinin (E_D) toplamı olan, permeasyon aktivasyon enerjisidir. E_p , genellikle küçük olduğundan (≤ 10 kcal/mol), örnekleme hızının sıcaklığa bağlılığı çevre sıcaklığının değişimiyle çok az veya neredeyse hiç değişmez (Gorecki ve Namiesnik, 2002).

Pasif örnekleyicilerin örnekleyici performansını etkileyen çevresel faktörlerle ilişkili olarak düzenlenen çeşitli konfigürasyonları vardır (Monn ve diğ. 1997; Cox, 2003). En basit difüzyon örnekleyicisi ilk defa palmes ve arkadaşları tarafından mesleki hijyen alanında kullanılan günümüzde palmes-tip pasif örnekleyici olarak adlandırılan tüp şeklindeki örnekleyicilerdir (Palmes ve diğ. 1976). Pasif örnekleme sistemleri örneklerin laboratuarda çeşitli analitik yöntemlerle analiz edilmesini gerektirir. İnorganik maddelerin örneklemeinde kullanılan pasif sistemlerin analiz

edilmesinde genellikle spektrofotometrik yöntem kullanılır. Organik maddelerin analiz edilmesinde ise kimyasal desorpsiyonu takip eden gaz kromatografisi yöntemi kullanılır (Wadden ve Scheff, 1983).

Pasif örnekleme, genellikle aktif örnekleme kadar doğru sonuç vermektedir (Bozkurt ve diğ., 2008). Kirleticilerin mekansal değişimlerinin belirlenmesi ve maruziyet değerlendirmesi çalışmalarının yapılabilmesi için seçilen bölgede yaygın bir alanda örnekleme yapılması gerekmektedir. Son zamanlarda, atmosferik taşınım ve birikim modellerinin belirlenmesi için kırsal alanlarda ve hatta ormanlık alanlarda örnekleme yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Cox, 2003). Aktif örnekleme yöntemleri pahalı ve bazen örnekleme ekipmanlarından dolayı kullanışsız olabilir (pomplar, flowmetreler gibi) (Zabiegala ve diğ., 2002). Bu nedenle, bu tarz çalışmalarda ucuz, hiçbir enerji gerektirmeyen, kolay taşınabilen ve ayrıca, seçilen bölgede birçok istasyonda aynı anda örnekleme imkanı sağlayan pasif örnekleme cihazları kullanılabilir (Lewne ve diğ., 2004).

Hava kirliliği çalışmaları, ilgili hava kirleticilerinin birleşik potansiyel etkilerinin belirlenebilmesi için bu kirleticilerin birlikte ölçülmesini gerektirir. Bu noktada da pasif örnekleme birçok kirletici konsantrasyonunun eş zamanlı ölçülmesini sağladığı için maliyet açısından çok etkili bir örnekleme şeklidir (Cox, 2003).

Pasif örnekleme cihazlarına enstrümental sistemlerin kurulması için alt yapı oluşturulurken ihtiyaç duyulabilir. Ayrıca, çapraz korelasyon ve kalibrasyon amacıyla önceden kurulmuş mevcut sürekli görüntüleme merkezlerinin yanına yerleştirilmeleri de gereklidir. Çok sayıda pasif örnekleme cihazının yerleştirilmesi kirletici maruziyetlerinin küçük ölçekli değişikliklerinin belirlenmesini de sağlayabilir (Cox, 2003).

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 (Zabiegala ve diğ., 2002).

Pasif örnekleme yönteminin avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Yeterli miktarda örneği toplamak için aktif örnekleme göre daha fazla örnekleme zamanına ihtiyaç duyulmaktadır. Pasif örnekleme süreleri bir saat ile dört hafta arasında değişebilmektedir. Ayrıca bu yöntem kullanılırken örnekleme zamanı arttıkça sorbent üzerinde oluşabilecek kimyasal dönüşüm de dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte; düşük örnekleme hızı analitin zaman ağırlıklı ortalamasının (TWA) belirlenmesini kolaylaştırdığından bir avantaj olarak da sayılabilir (Zabiegala ve diğ., 2002; Byrne 2000).

Pasif örnekleme cihazları, otomatik monitörler ve aktif örnekleme cihazlarında olduğu gibi, örnek hattından ziyade, doğrudan atmosferde izleme yapar. Yöntemin en büyük avantajı budur. Bir bina veya koruma siperine ihtiyaç duymaz. Örnekleme cihazı; sokaktaki elektrik direği veya yol levhasının uygun bir yerine kolayca tutturulabilir. Bununla birlikte, dışarıya yerleştirildiği için, çevreden gelecek tüm etkilere maruz kalacaktır. Dolayısıyla bu etkilerin, ölçümün doğruluğu üzerindeki etkisi kontrol edilmelidir (RSHM,2001).

2.6.2. Aktif örnekleme yöntemleri

Sürekli veya doğrudan okunabilir cihazlar (aktif örnekleme), kirleticilerin örnekleme ve analiz aşamalarının birlikte yapılmasını içerir. Aktif örnekleme cihazları tipik olarak, örnekleme probu veya girişi (inlet), akış kontrol ve/veya akış ölçüm aygıtı, gaz veya partikül toplayıcısı (kollektör), ve bir pompa veya blower içerir. Çoğunlukla bu fonksiyonların birkaçı aynı cihazın içinde yer alır.

Dinamik gaz toplama cihazları; gaz örneğinin, bir sıvı ortamına absorpsiyonunu veya katı yüzeyine adsorpsiyonunu içerir. Bununla birlikte; katı adsorblama ortamları gaz toplama verimlerinin yüksek olması nedeniyle daha çok tercih edilirler. Çok çeşitli gazlar için farklı analiz yöntemleri içeren aktif örnekleme cihazları kullanılmaktadır. Bunların birçoğu endüstriyel olmayan iç ortamlarda da kullanılabilir yeterli hassasiyete sahiptir. Örneğin; ozon için belirleme limiti 2 ppb olan ultraviyole dedektörler, NO ve NO_x için NO'nun O₃ ile kemiluminesans reaksiyonu prensibine dayanan 5 ppb kadar düşük konsantrasyonlara cevap verebilen monitörler, CO için

belirleme limiti 0.1 ppm kadar küçük olan infrared analizörler ve ayrıca yine CO için 1 ppm belirleme limitinde taşınabilir elektrokimyasal dedektörler bulunmaktadır. Tablo 2.4’de çeşitli aktif örnekleme cihazlarının içerdiği analitik yöntemler gösterilmektedir (Wadden ve Scheff, 1983).

Aktif örnekleme yöntemlerinin de pasif örnekleme yöntemine göre bazı avantajları vardır. Örneğin; aktif örnekleme yöntemlerinde yerinde örnekleme ve analiz yapıldığından örneklerin toplanması, taşınması ve laboratuarda analiz edilmesine kadar geçen süre içerisinde pasif örnekleme yöntemlerinde oluşabilecek kontaminasyonlar bu yöntemde önlenmektedir. Aynı zamanda pasif örnekleme yöntemlerinin laboratuarda analiz edilmesi sırasında oluşabilecek kişisel hatalarda aktif örnekleme yönteminde elimine edilmektedir. Ancak aktif örnekleme yöntemlerinde de cihazın kalibrasyonu veya teknik sorunlar nedeniyle hatalar oluşabilmektedir.

Aktif örnekleme yöntemleri ile ölçüm frekansı değiştirilerek dakikalık, saatlik veya gündüz ve gece gibi pasif örnekleme yöntemine göre daha sık aralıklarla ölçüm sonuçları elde edilebileceği için konsantrasyon değişiklikleri takip edilebilir ve kirlenme kaynaklarının belirlenmesi kolaylaşabilir.

Tablo 2.4: Çeşitli Aktif Örnekleme Cihazlarının İçerdiği Analitik Yöntemler (Wadden ve Scheff, 1983).

Gaz	Analitik Yöntem
Karbonmonoksit	Elektrokimyasal yükseltgenme Gaz kromatografisi İnfrared fotometresi
Ozon	Kulometri Kemiluminesans Ultraviyole fotometresi
Kükürtdioksit	Kulometri Kolorimetri Kemiluminesans Gaz kromatografisi
Azotoksitler	NO ₂ 'ye nin yükseltgenme/ Kolorimetri Kemiluminesans
Azotdioksit	Kolorimetri NO'ya indirgenme/ Kemiluminesans
Hidrokarbonlar	Gaz kromatografisi
Karbondioksit	İnfrared fotometrisi

2.7. Reseptör (Alıcı Ortam) Modellemesi

Kirletici kaynaklarının tanımlanması ve hava kirliliğine kaynak katkı paylarının belirlenmesi çevresel hava kalitesinin yönetilmesinde çok önemlidir. Hava kalitesi çalışmalarında, kirletici kaynaklarından yayılan emisyonları ve çevre izleme verilerini kullanarak kirletici konsantrasyonlarına kaynak katkı paylarını değerlendirmek için iki yaklaşım kullanılabilir. Bunlar; 1) Kaynağa yönelik modeller, 2) Reseptöre (alıcı ortama) yönelik modellerdir. Kaynağa yönelik modeller, belirli alıcı ortam hava izleme bölgelerinde kirletici konsantrasyonlarını tahmin etmek için taşınım hesaplamalarını ve emisyon verilerini kullanmaktadır. Bu tip modellerde, tahmin edilen yere ve zamana göre belirlenen kirletici dağılımı, ölçülen konsantrasyonlar ile karşılaştırılarak doğrulanmaktadır (Schauer ve diğ. 1996). Reseptör model yaklaşımları, geleneksel kaynak modellerinden büyük ölçüde farklıdır. Reseptör modelleme tekniklerinde, bir veya daha fazla alıcı ortamda yapılan ölçümler sonucunda belirlenen kimyasal kompozisyonları incelenir ve emisyon kaynaklarının kimyasal kompozisyonlarına uygun lineer kombinasyonları belirlenir. Bu şekilde farklı kaynak türlerinin kimyasal kompozisyonlarındaki farklılıkların ayırt edilmesi ve karakterize edilebilmesi ile kirliliğe katkıda bulunan kaynak türleri açıklanabilmektedir (Gordon 1988; Ölmez ve diğ., 1994; Park 1997; Watson ve diğ., 2002).

Çevre kirliliği çalışmalarında, kirletici kaynağını bulmak amacıyla geliştirilen matematiksel modellerden en çok kullanılanlar; kimyasal kütle dengesi (KKD), faktör analizi (FA), temel bileşen analizi (TBA) ve çoklu lineer regresyon analizi (ÇLR), potansiyel kaynak katkı fonksiyonu (PKKF) ve pozitif matris faktörizasyonudur (PMF) (Gordon 1980, Sheffield ve diğ., 1994, Miller ve diğ., 2002).

Bütün reseptör modellerinin kurulmasında kütlenin korunması prensibi temel alınmıştır. Öyle ki; p kadar kaynak varsa ve kaynak emisyon etkileşimi yoksa, C alıcı ortamındaki toplam kirletici kütlesi, her bir S_j kaynağından gelen katkıların doğrusal toplamına eşittir.

$$C = \sum_{j=1}^p S_j \quad (2.20)$$

Aynı şekilde, i parametresinin alıcı ortamdaki kütle konsantrasyonu, C_i , aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

$$C_i = \sum_{j=1}^p a_{ij} S_j \quad (2.21)$$

Burada, a_{ij} : alıcı ortamdaki i parametresine olan j kaynağının katkısının kütle fraksiyonudur (Henry ve diğ., 1984, Okamoto ve diğ., 1990, Bruno ve diğ., 2001).

2.7.1. Pozitif matris faktörizasyonu (PMF)

Pozitif Matris Faktörizasyonu (PMF) modeli; Paatero ve Tapper (1994), Paatero (2004) tarafından geliştirilmiştir. Pozitif Matris Faktörizasyonu (PMF); faktör analizi problemlerinin en küçük kareler yöntemiyle çözümü için yeni bir faktör analizi metodu olarak düşünülmüştür. Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis-PCA) gibi birçok konvansiyonel faktör analiz metodunun aksine PMF non-negatif (negatif olmayan) faktörler üretir, veri seti matrisinin hata tahminlerinden yararlandığı için faktörlerin yorumlanmasına yardımcı olur.

Bu çalışmada, Pozitif Matris Faktörizasyonu (PMF) modeli (Paatero and Tapper, 1994; Juntto and Paatero, 1994; Anttila ve diğ., 1995; Paatero, 1997; Qin ve diğ., 2002) kullanılarak iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet veri setleri analiz edilmiştir.

Genel reseptör modeli problemi, aşağıda ifade edildiği şekilde verilen örnekteki bütün kimyasal türleri için p bağımsız kaynaklarından gelen katkıya dayanarak belirlenir (Kim ve diğ., 2003).

$$X_{ij} = \sum_{k=1}^p g_{ik} f_{kj} + e_{ij} \quad (2.22)$$

Burada; x_{ij} , i'inci örnekte ölçülen, j'inci türün konsantrasyonu; g_{ik} , i'inci örnekteki k'inci kaynak katkısından gelen partikülün kütle konsantrasyonu; f_{kj} , k'inci kaynaktan gelen j'inci türün kütle fraksiyonu; e_{ij} , i'inci örnekte ölçülen j'inci türün konsantrasyonu ile ilgili artık (residual) ve p ise bağımsız kaynakların sayısıdır. İlgili matris denklemi aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$X = GF + E \quad (2.23)$$

PMF çevresel element konsantrasyonunun $n \times m$ veri matrisini X kabul eder. Burada n gözlem sayısı, m incelenen bileşendir. Model tarafından doldurulamayan bir artık (residual) matris olan E; kaynak katkısının zaman varyasyonlarının matrisi G ($n \times p$)'yi ve kaynak kompozisyonunun matrisi F ($p \times m$)'i faktörize edebilir. F matrisinin satır sayısını, G matrisinin sütun sayısını ve p faktör (kaynak) sayısını verir. F deki her satır bir kaynak profilini temsil eder ve G deki her bir sütun ise örneklemeler sırasında kaynağın her bir gözleme etki derecesini ifade eder. G boyutsuz bir matristir buna karşın F matris elemanları X matrisindeki verilerle aynı konsantrasyon birimindedir. E; G ve F matrislerinin bir fonksiyonu olarak ölçülen veri matrisi (X) ve modelleme sonucunda elde edilen matris ($GF=Y$) arasındaki fark olarak tanımlanır. E (e_{ij}) 'nin ögeleri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$e_{ij} = x_{ij} - y_{ij} = x_{ij} - \sum_{k=1}^p g_{ik} f_{kj} \quad (2.24)$$

Burada, $i=1, \dots, n$ örnekler; $J=1, \dots, m$ elementler; $k=1, \dots, p$ kaynaklardır. PMF'de; G, F ve E matrisleri bilinen matris olan X'den yararlanılarak belirlenir. G ve F matrisleri birbirleriyle ilişkili ögelere sahiptir. Kaynak sayısını bulmak için kaynakların farklarının test edilmesi ve en kabul edilebilir fiziksel sonuçlarla optimal bir sonuç bulmak gerekir. PMF, rotasyonal serbestliği azaltmak için parametrelere negatif olmayan kısıtlamalar uygular.

PMF'in amacı; veri sayılarının hata tahminleri ile ağırlıklı artıkların (residual) oranının karelerinin toplamının minimize edilmesidir. Bunun yanında PMF tüm G ve F elemanlarını negatif olmayacak şekilde sınırlar ki bunun anlamı kaynaklar negatif

türdeki konsantrasyonları ($f_{kj} \geq 0$) içeremez ve örneklere negatif kaynakların katkıları ($g_{ik} \geq 0$) olamaz. Böylece PMF analizinin amacı farklı seed değerleri denenerek Q değerinin minimizasyonu olarak tanımlanabilir. Q değeri;

$$Q(E) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\frac{e_{ij}}{s_{ij}} \right)^2 \quad (2.25)$$

$f_{kj} \geq 0$, $g_{ik} \geq 0$ ve s_{ij} , x_{ij} için hata tahminidir. Denklem 2.25'in çözümü; G ve F matrislerinin bir ardışık yaklaştırma adımı ayarlanmasıyla PMF'in algoritmasından elde edilir. Bu ardışık yaklaştırma sürecine uyum noktasına kadar devam edilir. Uygulanabilecek seed değerleri herhangi bir pozitif tamsayı olabilmektedir.

Denklem 2.25'deki s_{ij} terimi, i'inci örnekte ölçülen j'inci elementteki belirsizliğin tahminidir. Her veri noktası için standart sapma olan x_{ij} , her iterasyon adımında aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır.

$$s_{ij} = c_1 + c_2 \max \left(\left| x_{ij} \right|, \sum_{k=1}^p \left| g_{ik} f_{kj} \right| \right) \quad (2.26)$$

Burada c_1 ve c_2 kullanıcıya özel parametrelerdir. c_1 belirleme limitinin değerini (paatero, 2004), c_2 çalışmada seçilen değeri alır.

PMF'de modele aykırı değerleri de modelleyebilmek için güçlü (robust) modu seçilebilir. Bu amaç ile aykırı eşik mesafe değeri, α , 2.0, 4.0 veya 8.0 olarak alınabilir.

PMF her parametrenin her ölçümü için hesaplanan standart sapma değerlerini kullanarak her veri noktasına özgün hata tahminlerinde bulunur. PMF'in bu özelliği sayesinde ölçülememiş ya da belirleme sınırının altında kalmış olan değerlerde modellemeye dahil edilebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan hata tahminleri, programın algoritması kullanılarak elde edilmiştir. Bu algoritmaya göre ölçülen konsantrasyon değerinin belirli bir oranı o parametrenin ölçüm değeriyle toplanmaktadır. Bu oran değeri 0.01 ile 0.1 arasında herhangi bir sayı olabilmektedir.

Aykırı değerlerin bulunduğu veri setlerinde, modelin sonucunda hesaplanan Q değerinin normal mi ya da çok mu büyük olduğunu belirlemek zor olabilmektedir. Bu durumun üstesinden gelmek için standartlaştırılmış hata matrisini (e_{ij} / s_{ij}) incelemek gerekir. İdeal bir standartlaştırılmış hata dağılımı -2.0 ile 2.0 arasında olmalı ve artı değerler ile eksi değerler arasında gelişigüzel dağılım sergilemelidir (Paatero, 2000; Paatero, 2002).

PMF'de rotasyonları kontrol edebilmek için F-PEAK kullanılmaktadır. PMF değişik F-PEAK değerlerinde test edilmeli ve faktörler daha net bir şekilde birbirlerinden ayrışmalıdır. F-PEAK değeri 0.0 ile 1.0 arasında olabilmektedir. Eğer faktörler arasında korelasyon gözlenir ise aynı kaynak iki yada daha çok kaynakmış gibi görülebileceği için yanlış bir kaynak profili elde edilebilir. Bu durumda kaynak sayısı azaltılmalıdır. F-PEAK değeri Q değerini çok fazla değiştirmemelidir. Q değerini ± 100 'den fazla değiştiren F-PEAK değeri doğru sonuç vermez.

PMF; veri sayıları ve onların analitik belirsizliklerini içeren bir modeldir. Böylece PMF modeli ile eksik ve belirleme limitinin altındaki veriler değerlendirmeye alınabilmektedir. Model, faktör yüklerini ve faktör skorlarını negatif olmayan değerlere göre sınırlandırır ve bu sayede faktör dönüşümleriyle belirsizlikleri küçültebilir. Bu zellik çevresel uygulamalarda fiziksel olarak anlamlı sonuçların elde edilmesini beraberinde getirmektedir. Ayrıca, faktör yüklerini kütle birimi içinde açıklar ve böylece faktörler kaynak işaretçilerinin doğrudan kullanımlarına izin verir. PMF konvansiyonel faktör analizlerine göre oldukça karmaşıktır ve sonuçlarının yorumlanması daha zordur. Ancak daha iyi bir kaynak zmlemesi sağlar ve bu kaynakların etkilerinin sayısallaştırılmasında diğer yöntemlere göre daha başarılı bir modeldir (Kuntasal, 2005).

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Bölgesi

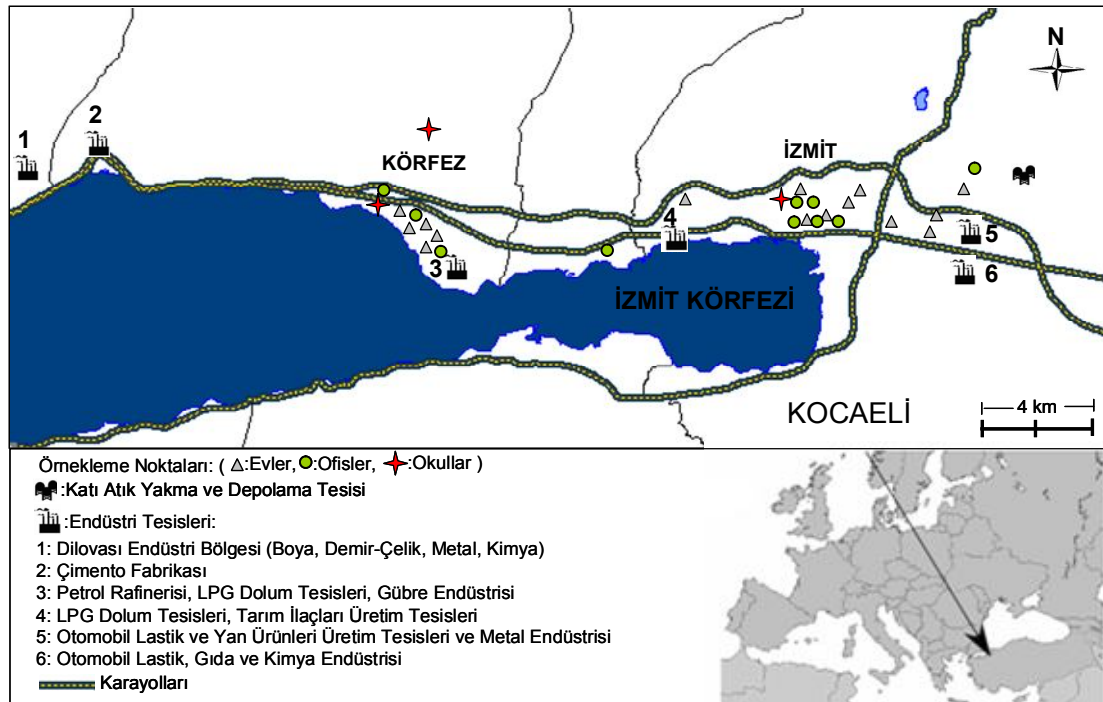
Çalışmanın gerçekleştirildiği Kocaeli ili coğrafi olarak kritik bir bölgede yer alan bir endüstri kentidir. Bu özelliğine bağlı olarak yoğun nüfus ve trafiğin iç içe olduğu bir ildir. Özellikle son 30 yılda görülen hızlı endüstriyel gelişimi nedeniyle Kocaeli, burada yaşayan insanların kirleticilere maruziyetinin belirlenmesi için yapılacak çalışmalarda öncelikli bölge konumundadır. Kocaeli, yüzölçümü en küçük olan iller arasında (Türkiye'nin 8. küçük ili, 3.626 km²) olmasına karşılık nüfus yoğunluğu (Türkiye'de 2. il, 333 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. 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 diğer (398) sanayi kuruluşları yer almaktadır. Bu tesisler, uçucu organik bileşikler (UOB'ler) ve ağır metalleri içeren çok sayıda kirletici yaymaktadır. Ayrıca bölge, D-100 karayolu ve TEM otoyolunun etkisi altındadır. Yüzölçümünün küçük olması konut alanlarının ağır trafik ve endüstri alanları ile çok yakın olmasına neden olmuştur. Bu nedenle konutların dış ve iç hava kalitesi yakın endüstriyel aktiviteler ve trafik şartları nedeniyle doğrudan etkilenmektedir.

3.2. Örnekleme Stratejisi

Çalışma sonunda kirleticilerin kaynak bölgelerini ayırabilmek ve karşılaştırma yapabilmek amacıyla, örnekleme yapıldığı konut, ofis ve okullar, endüstriyel bölgelerde, kent merkezinde ve kent merkezi dışında bulunan yerleşim bölgelerinde

olacak şekilde seçilmiştir. Bu faktörler dikkate alınarak seçilen örnekleme noktalarının bulunduğu bölgeler Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Ayrıca seçilen bölgelerde bulunan mikro-çevrelerin konumu (trafiğin yoğun olduğu cadde üzerinde ve uzağında), ev ve iş yerlerinde sigara kullanımı, örneklemenin yapıldığı yerlerde ısıtma amaçlı kullanılan yakıt türü (doğalgaz, fuel-oil, kömür), personel örnekleme noktasını kullanacak kişinin yaşı (10-50 yaşları arasında olması), örneklemenin yapıldığı ilköğretim kurumunun tam gün eğitim vermesi, ofislerde kullanılan malzemelerin benzer türlerde (fotokopi makinası, printer, v.b.) olmasına dikkat edilmiştir.

Çalışmada örnekleme noktası olarak 15 ev, 10 ofis ve 3 okul seçilmiştir. Örnekleme eş zamanlı olarak iç ortam, dış ortam ve kişisel örnekleme şeklinde yapılmıştır. İç ve dış ortamlardaki örneklerin alınmasında hem aktif hem de pasif örnekleme teknikleri paralel olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.1: Kocaeli Kenti’nde Örnek Alma Noktalarının Seçildiği Bölgeler

3.3. Örnekleme Süresi

Pasif örnekleme tekniği ile çalışma kapsamında seçilen kirleticilerin konsantrasyonlarının sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi için örnekleme noktalarının 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 süreleri yapılan ön çalışmalarla belirlenmiştir. Bu amaçla hem maruziyet değerlendirmelerinde hem de meteorolojik verilerle değerlendirmelerde süre olarak uygun bir periyot olan 24 saatlik bir örnekleme periyodunda pasif örnekleyiciler iç ve dış ortamlarda bekletilmiş ve bu süre sonunda analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, herbir kirleticinin konsantrasyonlarının belirleme sınırlarının üzerinde olduğunu gösterdiğinden örnekleme çalışmalarında 24 saatlik maruziyet süresi seçilmiştir.

Pasif örnekleme ile eş zamanlı yapılan aktif örnekleme ile de SO₂, NO₂, O₃, CO, CO₂ konsantrasyonları ile sıcaklık ve nem değerleri 24 saat süre boyunca saatlik, partikül maddedeki ağır metaller ise 24 saat süre boyunca günlük olarak toplanmıştır.

Seçilen kirleticilerin konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimlerine göre farklılıklarını belirleyebilmek için örnekleme çalışmaları 31 Mayıs–29 Haziran 2006 ve 16 Aralık 2006-20 Ocak 2007 tarihlerinde yaklaşık birer aylık periyotlarda yapılmıştır.

3.4. Örnekleyicilerin Yerleştirilmesi

Çalışma kapsamında yapılan iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet örnekleme çalışmaları aşağıda anlatılmaktadır.

3.4.1. Kişisel maruziyet örnekleme

Tez kapsamında, kişisel maruziyet örnekleme çalışmasının 40 denek üzerinde yapılması planlanmıştır. Ön hazırlık aşamasında çıkabilecek aksilikler açısından hazırlıklı olmak amacıyla 45 kişi belirlenerek çalışmaya başlanmıştır. Ancak çalışma için belirlenen 6 deneğin örneklemeye uygun davranmadığı (örnekleyiciyi üzerinde taşımamak, kartuşları koruyucudan çıkartarak kontamine etmek) analiz sonuçlarından tespit edilirken, 6 denek de mazeret belirterek (sağlık, hamilelik, zorunlu seyahat) örneklemeye katılamamıştır. Analizlerin başlaması ile birlikte 6

denekten elde edilen sonuçlarda anormallikler belirlenmesi nedeniyle kendileriyle görüşmeler yapılmıştır. Bu durum denekler tarafından da doğrulanmıştır. Bu nedenle çalışmaya mazeretleri nedeniyle katılamayan 6 denek ve örneklemeğe uygun davranmayan 6 denek ile yapılan çalışmalar dikkate alınmayarak yaz örneklemeğinde konutlar arasından seçilen 15 ev hanımı, aynı evlerde yaşayan fakat çalışan 5 kişi, ofislerden 10 kişi ve okullardan seçilen 3 kişi olmak üzere SO₂, NO₂, O₃ pasif örneklemeçileri ve PM maruziyetinin belirlenebilmesi için kullanılan partikül madde (PM_{2.5}) örneklemeçisini uygun şekilde taşıyan toplam 33 denek ile yaz örneklemeği gerçekleştirilmiştir. Tezin kış örneklemeği de sözü edilen 33 kişi ile yapılmıştır.

Örneklemeçileri takacak olan kişilere zaman-aktivite çizelgesi verilerek örnekleme süresince yaptığı aktiviteleri bu çizelgeye not alması istenmiştir. Bu örnekleme yapılırken aday kişinin aşağıdaki hususlara uyması istenmiş ve tüm bu hususlara uyulmuştur.

- a) Örneklemeçisinin sadece klips kısmına dokunması ve örneklemeğinin yapıldığı kısmın ön yüzüne dokunmaması,
- b) Örneklemeçiyi mümkün olduğunca nefes yoluna yakın bir noktaya takması,
- c) Örneklemeçisinin ön yüzü dışarıda olacak şekilde takılması,
- d) Örneklemeçisinin kıyafetlerinin en üst kısmında olmasına dikkat edilerek örneklemeçisinin hava ile olan maruziyetinin sağlanması,
- e) Örneklemeçisinin kuru kalmasının sağlanması ve
- f) Örneklemeçiyi zarar verebilecek aktiviteler esnasında çıkarılması ve aktivitenin yapıldığı alanda bulundurulması.

3.4.2. İç ortam örneklemeği

SO₂, NO₂ ve O₃'ün belirlenmesi için kullanılacak olan pasif örneklemeçiler, evlerde üç noktaya (mutfak, oturma odası, yatak odası), okullarda iki noktaya (sınıf, idareci odası), ofislerde ise bir noktaya (iç ortam ve dış ortam) yerleştirilmiştir. Aktif örneklemeçiler ise seçilen mekanların genel kullanım alanlarından örnek almıştır.

Pasif örnekleyicilerin yerleştirileceği mekanlarda yer seçimi yaparken aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmiştir.

- a) Örnekleyicilerin dış kapıdan ve pencerelerden en az 2 metre uzağa yerleştirilmesi,
- b) Örnekleyicilerin ölçüm yapılan odanın duvarı boyunca veya köşelerine koymaktan kaçınılması ve mümkün olduğunca odanın ortasına yerleştirilmesi,
- c) Örnekleme yapılan mekanlarda örnekleyicilerin kirletici kaynakların çok yakınında olmaması.

Örnekleyiciler yerden 1.5 metre yüksekliğe asılmıştır. Aktif örnekleyiciler ise seçilen mekanların genel kullanım alanlarına (oturma odaları gibi) yerleştirilmiştir.

3.4.3. Dış ortam örnekleme

Dış ortamda yapılan örneklemelelerde aktif örnekleyiciler seçilen iç ortamların dış ortamından örnek almıştır. Pasif örnekleyicilerin yerleştirileceği yerler seçilirken ise,

- a) İç ortam için seçilen mikro-çevrelerin yakınında korumalı bir alan olmasına,
- b) Ağaç veya çalılık olan yerlerde bu alanlardan en az 1 metre uzağa,
- c) Taşıt yolundan en az 5 metre uzağa ve
- d) Havalandırma çıkışları olan yerlerde (kurutucu, hava şartlandırıcıları, v.b) buradan en az 5 metre uzağa konulmasına dikkat edilmiştir.

3.5. Örnek Alma Yöntemleri

3.5.1. İç ve dış ortam partikül madde örnekleme

İç ve dış ortam PM10 ve PM2.5 örneklerinin toplanmasında Şekil 3.2.'de gösterilen Düşük Hacimli Hava Örnekleyiciler (Stack Filter Unit) kullanılmıştır. Düşük hacimli hava örnekleyici vasıtasıyla iç ve dış ortamlarda çekilen hava (16.7 litre/dakika) bir filtre kaseti (Şekil 3.3.) içerisinde bulunan 47 mm çapında, 8 µm ve 0.4 µm gözenek çaplarına sahip polikarbonat filtreler üzerinde toplanarak PM2.5 ve PM10 örneklendirilmiştir. Örneklemeden önce, filtreler temiz odada HEPA filtresinden

geçirilmiş ortamda tartıldıktan sonra temiz petri kutulara konularak örnek alma yerine getirilmiştir. 24 saatlik örneklemeden sonra aynı laboratuvara getirilen filtreler yine temiz odada tekrar tartılarak PM2.5 ve PM10 kütleleri belirlenmiştir. Daha sonra aynı petri kutularında muhafaza edilerek metal analizleri için Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Laboratuvarlarına gönderilmiştir.



Şekil 3.2: Düşük Hacimli Hava Örnekleyici



Şekil 3.3: Filtre Kaseti (PM2.5 ve PM10) (Stack Filter Unit)

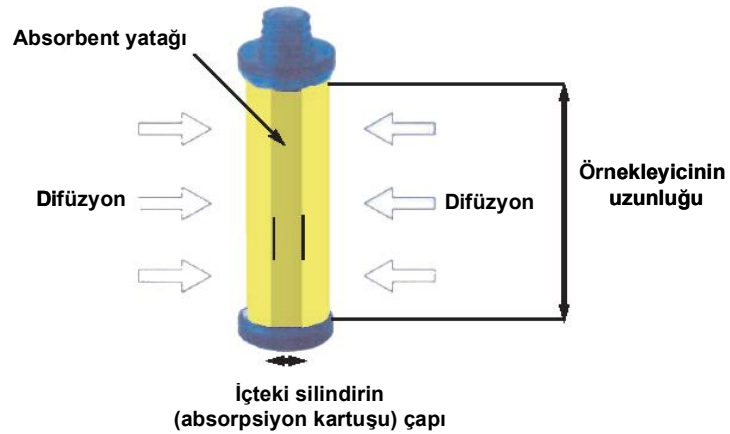
3.5.2. Kişisel partikül madde örnekleme

Kişisel partikül madde örneklerinin toplanmasında, kişinin beline takılı 4 litre/dakika çekiş hızına sahip bir vakum pompası (AFC123RT) ve bu pompaya teflon hortumla bağlı bulunan, nefes yoluna yakın bir noktaya takılan (kişinin yakasına) bir siklon filtre (BGI Incorporated) kullanılmıştır. Siklon filtre kaseti içerisinde 37 mm çapında ve 2 µm gözenek çapına sahip teflon filtre (Gelmon Teflo) kullanılarak 2.5 µm ve daha küçük boyuttaki partiküllerin toplanması sağlanmıştır. Ölçümü yapılan okul, ofis ve evlerde belirlenen kişiler üzerinde günlük PM2.5 kişisel örnekleme sonucunda toplanan 37 mm çaplı teflon filtreler ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünde bulunan temiz odada açılarak tartılmış ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) – Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SANAEM) laboratuvarlarında XRF analiz tekniği kullanılarak ağır metal analizleri yapılmıştır.

3.5.3. İnorganik gaz fazı kirlenmelerin (SO₂, NO₂ ve O₃) örnekleme

3.5.3.1. Pasif örnekleme

Pasif örnekleme için kullanılacak Difüzyif örnekleme cihazlarının seçiminde günlük örnekleme yapılacağı dikkate alınarak, maruziyet yüzeyinin geniş ve dolayısıyla kirlenmelerin alınabilme hızı yüksek olan örnekleme cihazları seçilmiştir. Bu amaçla pasif örnekleme metodu kullanılarak ölçülecek tüm kirlenmeler için Radiello firmasının ürettiği radyan Difüzyif örnekleme cihazları kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Silindirik Difüzyif Örnekleme Cihazı

3.5.3.1.1. Kükürtdioksit ve azotdioksit

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

3.5.3.1.2. Ozon

Ozon konsantrasyonlarının ölçülmesi için Radiello Marka difüzif örnekleme kartuşu kullanılmıştır. Radyal difüzif örnekleme kartuşu 16 mm çapında, mikro gözenekler içeren polietilen silindirden oluşmaktadır. 60 mm uzunluğunda, 1.7 mm kalınlığındadır ve 25±5 µm çapında gözeneklere sahiptir. İki adet selüloz kapak alttan ve üstten silindire yapıştırılmıştır. Absorbant 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; örnekleme kartuşunun geometrisi, membran gözenekleri, havadaki ozon konsantrasyonunun değişimi, kartuş alanı ve bu alanda sızdıran ozon konsantrasyonlarını tutan DPE'dir. DPE ışığa duyarlıdır bu yüzden kartuş kapalı tüp içinde ve karanlıkta saklanmalıdır. Maruziyet esnasında Radiello örnekleme kartuşunun mavi gövdesi kartuşu ışıktan korumaktadır.

3.5.3.2. Aktif örnekleme

Tez kapsamında yapılan tüm aktif örneklemelemler iç ve dış ortamlarda eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla iç ve dış ortam aktif örneklemelemleri için kullanılan cihazların özellikleri aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

3.5.3.2.1. Kükürtdioksit

Aktif SO₂ ölçümleri herbiri Environment S.A. marka AC 21M model olan iki adet SO₂ analizörü ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizörlerin özellikleri Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Kükürtdioksit Analizörünün Özellikleri

Belirleme Metodu	UV fluorescent (EQSA-0292-084 CRF 40 Part 53)
Ölçüm aralığı	0.001 ppm-10 ppm (Kocaeli örneklemelemleri sırasında 0.001 ppm-1 ppm arasıydı)
En düşük belirleme limiti	1 ppb
Duyarlılık	1 ppb
Örnek alma hızı	500 cc/dakika
Çalışma sıcaklığı	+10°C ile 35°C arasında
Güç gereksinimi	Başlangıçta: 280 VA normal çalışma sırasında: 110 VA

Cihaz bir saat boyunca her 15 dakikada bir ortalama konsantrasyon değerini hafızasında tutabilmektedir. Ölçülen değerler ppm ya da µg /m³ türünden ifade edilmektedir. Ölçümlerin doğruluğu otomatik olarak yapılmaktadır. Cihazın kullanımı kolay olmakla beraber, çok az bakım gerektirmektedir. Örnekler elektrik devresinin sonunda bulunan pompa yardımıyla analizörün girişinde bağlanmış teflon tüp ile toplanmaktadır. Örnekte bulunan aromatik hidrokarbonların tutulması için örnek önce karbon filtreden geçirilir. Hidrokarbon molekülleri sistemden uzaklaştırıldıktan sonra örnek 214 nm dalga boyunda UV ışınımına maruz bırakıldığı tepkime odasına alınır. Bu dalga boyu SO₂ moleküllerinin absorpsiyonunun gerçekleştiği dalga boyudur.

3.5.3.2.2. Azotdioksit

Aktif NO₂ ölçümleri biri Thermo marka 42C model, diğeri Environment S.A. marka AC 31M model olan iki adet NO-NO₂-NO_x analizörü ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizörlerin özellikleri Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2: Azotdioksit Analizörünün Özellikleri

Belirleme Metodu	Kemilüminesans (kimyasal ışıma)
Ölçüm aralığı	0-50; 100; 200; 500; 1000ppb ve 0-1; 2; 5;10; 20; 100 ppm
En düşük belirleme limiti	0.40 ppb (60 saniye ortalama süre)
Duyarlılık	± 0.4 ppb (500 ppb aralık)
Örnek alma hızı	0.6 L/dakika
Çalışma sıcaklığı	15°C - 35°C (5°C - 40°C arasında da güvenli olarak çalışabilir)
Güç gereksinimi	105-125 VAC, 60 Hz 300 Watts

NO₂'ın kemilüminesans ile belirlenebilmesi için ilk önce NO'a dönüştürülmesi gerekmektedir. NO₂'ın bu indirgenme işlemi 320 °C'ye ısıtılmış molibden fırında gerçekleşmektedir. Ölçüm sonuçları ppm ve mg /m³ cinsinden ifade edilmektedir. Metrolojiyi etkileyen parametreler otomatik olarak kontrol edilebilmekte ve düzgün bir biçimde çalıştıkları denetlenebilmektedir.

3.5.3.2.3. Ozon

Aktif O₃ ölçümleri biri Thermo marka 49C model, diğeri Environment S.A. marka O₃ 41M model olan iki adet O₃ analizörü ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizörlerin özellikleri Tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.3: Ozon Analizörünün Özellikleri

Dizayn Metodu	US EPA EQOA-0880-047
Belirleme metodu	Çift Hücreli Ultraviyole Fotometrik
Ölçüm aralığı	0-0.05 ile 200 ppm
En düşük belirleme limiti	1.0 ppb
Duyarlılık	1ppb
Örnek alma hızı	2 litre/dakika standart; (1-3 litre/dakika, tercihe bağlı)
Çalışma sıcaklığı	20°C-30°C (5°C-45°C aralığında da güvenli olarak çalışabilir)
Güç gereksinimi	105-125 VAC, 60HZ 220-240 VAC, 50HZ 150 WATTS

Cihazın çalışma prensibi O₃ moleküllerinin 254 nm dalga boyunda UV ışınımını absorbe etmeleri prensibine dayanmaktadır. Analiz edilen örnekte bulunan O₃ miktarı Lambert Beer kanununa göre O₃'ün absorbladığı UV ışınımıyla orantılıdır. Analizörlerden Model 49C hava çekim hızı 1–3 m³/dak arasında değişmektedir. Çekilen hava analizörün girişinde iki kola ayrılmaktadır. Birinci kolda gaz ozon yıkayıcılarından geçerek referans gaz haline getirilir ve referans selenoid vanasına gönderilir. İkinci kolda ise örnek gaz bulunmaktadır ve doğrudan örnek selenoid vanasına gönderilir. Vanalar yardımıyla referans ve örnek gaz Hücre A ve B olmak üzere iki oda arasında her 10 saniyede bir yer değiştirir.

Her hücredeki UV intensiteleri A ve B algılayıcıları tarafından belirlenir. Referans ve örnek gazları yer değiştirirken gazların tamamen odalardan yıkanması için gerekli olan süre boyunca ölçülen UV intensiteleri göz ardı edilir. Her hücre için ozon konsantrasyonları belirlenir ve ortalama konsantrasyon olarak verilir. Cihazın çalışması için gereken ortam sıcaklığının 20–30 °C arasında olması gerekmektedir.

3.5.3.2.4. Sıcaklık, nem, karbonmonoksit ve karbondioksit

Her örnekleme noktasında iç ve dış ortam havasının genel profilini göstermek amacıyla diğer ölçümlere paralel olarak sıcaklık, relatif nem, karbonmonoksit ve karbondioksit ölçümleri de yapılmıştır. Bu parametrelerin ölçümü için Langan Model L76n (Langan Products, Inc. CA, USA) hava kalitesi ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Cihaz tarafından örnekleme süresince 10 dakikalık aralıklarla toplanan veriler, iki adet veri depolayıcısına aktarılmaktadır. Bunlardan bir tanesi sıcaklık ve nem verilerini diğeri ise CO ve CO₂ verilerini depolamaktadır. Bu veriler daha sonra HOBOWare (version 2.1.1_18) yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir.

3.6. Örneklerin Hazırlanması ve Analizi

3.6.1. Partikül madde (PM10 ve PM2.5) örneklerinin analizi

Toplanan 47 mm çaplı polikarbonat filtreler, temiz odada HEPA filtresinden geçirilmiş hava altında tartıldıktan sonra temiz petri kutulara konularak örnekleme yerine sevk edilmiştir. Örneklemeden sonra laboratuvara getirilen filtreler yine temiz odada tekrar tartılarak PM2.5 ve PM10 kütleleri belirlenmiştir. Daha sonra yine büyük bir özenle petri kutulara yerleştirilen filtreler partiküllerdeki eser element ve ağır metallerin analizi için TAEK-SANAEM laboratuvarlarına gönderilmiştir. TAEK-SANAEM laboratuvarlarında bulunan Enerji Dağılımlı ve Dalgaboyu Dağılımlı X-Işını Floresans Spektrometreleri (EDXRF ve WDXRF) kullanılarak ağır metal analizleri yapılmıştır. Hızlı, tahribatsız, güvenilir ve kullanılan standarda bağlı olarak aynı anda 50 civarında elementi nitel ve nicel analiz yapılabilen bu spektrometreler ile filtrelerdeki; Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As ve Pb elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb Elementlerin analizi için Enerji Dağılımlı XRF Spektrometre (Oxford ED 2000) cihazı (Şekil 3.5) kullanılmıştır. As ve V elementlerinin konsantrasyonları ise Dalgaboyu Dağılımlı XRF Spektrometre (PANalytical AXIOS ADVANCE) cihazı (Şekil 3.6) kullanılarak tespit edilmiştir.

XRF, elementlerin kantitatif ve kalitatif analizler için çok kullanılan ve önemli avantajları olan bir nükleer analitik tekniktir. Teorikte, periyodik sistemde H (Hidrojen), He (Helyum) ve Li (Lityum) elementleri dışında tüm elementlere uygulanabilmektedir. Buda yaklaşık 0.3 keV -100 keV enerji aralığını kapsamaktadır. XRF tekniğinin günümüzde yaygın olarak kullanılma sebeplerinden biri numuneye zarar vermeden tahribatsız olarak ölçüm yapılabilmesidir. Katı, sıvı, toz hatta gaz durumlarında bile uygulanabilmektedir (Jenkins ve diğ., 1981). Her

elementin karakteristik X-ışınlarının farklı farklı olması nedeniyle XRF spektrometresi ile toz, katı, sıvı, hamur, filtre, tel gibi değişik formlardaki; kimyasal, biyolojik, jeolojik, gıda, çevre, arkeoloji gibi numunelerin analizi tahribatsız, hızlı, güvenilir ve oldukça ekonomik olarak yapılmaktadır. Bu teknikle Berilyumdan (Be) – Uranyuma (U) kadar aynı anda birden fazla elementin nicel ve nitel olarak analizleri özel bir numune hazırlama prosedürü olmadan yapılmaktadır. Yine bu tekniğin en büyük avantajlarından biri de birkaç miligram ağırlığındaki örneklerin incelenmesi ve analizlerini mümkün kılmasıdır.

TAEK Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SANAEM) Ölçme ve Enstrumantasyon Bölümü Analitik Ölçüm ve Analiz Biriminde bulunan iki adet radyoizotop uyarımlı, bir adet 50 W gücünde (max. 1 mA, max. 50 kV) otomatik numune yüklemeli tüplü XRF spektrometresi, bir adet 4 kW gücünde Dalgaboyu Dağılımlı XRF spektrometresi (max. 160 mA, max. 66 kV) ve bir adet portatif tüplü (4W) XRF spektrometresi ile yukarıda bahsedilen tüm çalışmaları yapmak mümkün olmaktadır. Bu sistemler ile aynı anda 50 elementin analizi yapılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan Oxford ED 2000 sisteminin özellikleri Tablo 3.4’de görülmektedir.

Tablo 3.4: ED XRF Spektrometresinin Özellikleri (Oxford ED 2000)

Element Aralığı	Sodyum(Na) ile Uranyum (U)
Element Sayısı	80 elemente kadar (Nitel analiz ve uygun standart bulunması durumunda Nicel analiz)
Konsantrasyon Aralığı	Numune matrisine bağlı olarak 0.5 ppm ile %100 arasında
Numune Türü	Katılar, sıvılar, hamur, tozlar, partiküller, filmler
Numune Boyutları	0,2 mm’den 250 mm yarıçapına kadar
X-ışınları Uyarımı	X-ışınları tüpü programlanabilir (4-50 kV ve 1-1000 μ A aralığında)
Yazılım	Oxford’un kendisinin XpertEase Windows
Çalıştırma Koşulları	5 ^o C ile 35 ^o C arasında, nem % 20-% 80 aralığında değişken
Güç Gereksinimleri	220-250 V ac , 50/60 Hz Amps
Boyutlar	Yükseklik: 865 mm, Genişlik: 550 mm, En: 820 mm, Ağırlık: 135 kg



Şekil 3.5: Oxford ED 2000 Tüplü X-ışını Floresans Spektrometresi



Şekil 3.6: PANalytical AXIOS ADVANCE Dalgaboyu Dağılımlı XRF Spektrometresi

3.6.2. Pasif azotdioksit ve kükürtdioksit örneklerinin ekstraksiyonu ve analizi

Azotdioksit ve Kükürtdioksit konsantrasyonlarının belirlenmesi için Radiello firmasının ürettiği radyan difüzyon örnekleyici kullanılmıştır. Kirleticilerin toplanması, Trietanolamin (TEA) ile kaplanmış mikro gözenekli polietilen kartuş üzerine difüze olan havadaki NO_2 'in nitrit ve SO_2 'in ise sülfat veya sülfat iyonları olarak kimyasal adsorpsiyonu prensibine göre gerçekleşmektedir. Sülfat ve sülfat iyon kromatografi 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 difüzyon membranından 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.

Azotdioksitin 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) beş farklı konsantrasyonda hazırlandı.

Kükürtdioksit farklı oranlarda sülfid 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 mL/dak akış hızlı 10 mM Na_2CO_3 ve 100 μl örnek hacmi kullanıldı.

3.6.3. Pasif ozon örneklerinin ekstraksiyonu ve analizi

Örneklerin ekstraksiyonu ve analizi için Radiello firmasının önerdiği yöntem kullanılmıştır. Örneklenen hava içindeki ozon örnekleyici kartuşunda bulunan DPE ile reaksiyona girerek ara ürün olarak ozonür, ozonürün hidrolizi ile diğer bir ürün olarak pyridine-4-aldehide (PA)'i oluşturmaktadır. Ekstraksiyon için MBTH (3-methyl-2-benzothiazolinone) çözeltisi kullanılmaktadır. Örnekleyici kartuşu içindeki

PA içeren silika jel bir tüp içine boşaltılır ve üzerine 5 mL MBTH çözeltisi ilave edilerek yaklaşık 2 dakika vorteks karıştırıcıda ekstrakte edilir. Çözelti en az bir saat karanlık ortamda bekletilir. Ekstraksiyon sonunda MBTH ile PA'in reaksiyonu sonucunda azine adı verilen ürün meydana getirilir ve filtreden süzöldükten sonra Varian 100 UV spektrofotometre cihazında 430 nm dalga boyunda absorbansı ölçölür. Spektrofotometre deiyonize su ile kalibre edilmiştir. Konsantrasyonların belirlenmesi için kullanılan kalibrasyon standartları 4-pyridylaldehyde kullanılarak (1 µg 4-pyridylaldehyde 0.224 µg ozona karşılık geliyor) beş farklı konsantrasyonda hazırlanmıştır.

3.7. Veri Kalite Güvencesi

3.7.1. İnorganik gazlar

Radiello firması tarafından örnekleyicilerin örnekleme hızının belirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda; Azotdioksitin örnekleme hızı (Q_k) 25 °C ve 1 atm basınç altında $0.141 \pm 0.007 \text{ ng}\cdot\text{ppb}^{-1}\cdot\text{dak}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Radiello, 2008). Ancak bu hızın -10 °C ile +40 °C arasında sıcaklığa bağlı olarak değiştiği tespit edildiğinden Q_k değeri örnekleme ortamının sıcaklığına göre aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_k=Q_{298}\cdot(K/298)^7 \quad (3.1)$$

Burada;

Q_k ; Sıcaklığa bağlı olarak hesaplanan örnekleme hızı ($\text{ng}\cdot\text{ppb}^{-1}\cdot\text{dak}^{-1}$),

Q_{298} ; 25 °C ve 1 atm basınç altındaki örnekleme hızı ($0.141 \pm 0.007 \text{ ng}\cdot\text{ppb}^{-1}\cdot\text{dak}^{-1}$),

K; Örnekleme ortamının sıcaklığı (Kelvin)'dir.

Kükürtdioksit için örnekleme hızı (Q_k)'nın -10 °C ile +40 °C sıcaklıklar arasında değişmediği belirlenmiştir. Azotdioksit ve Kükürtdioksit için nemin %15-90 ve rüzgar hızının 0,1-10 m/s aralığında örnekleme hızının değişmediği yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir.

Ozonun örnekleme hızı ise yine Radiello firması tarafından 25 °C ve 1 atm basınç altında 24.6 ml/min olarak hesaplanmıştır. Örnekleme 10,000 ile 4,000,000 µg·m⁻³.dak⁻¹ aralığındaki maruziyetlerde doğrusaldır ve nem ya da rüzgar hızından etkilenmez. Ancak bu hızın -10 °C ile +40 °C arasında sıcaklığa bağlı olarak değiştiği tespit edildiğinden Q_k değeri örnekleme ortamının sıcaklığına göre aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_k = Q_{298} \cdot (K/298)^{1.5} \quad (3.2)$$

Burada;

Q_k; Sıcaklığa bağlı olarak hesaplanan örnekleme hızı (mL/dak),

Q₂₉₈, 25 °C ve 1 atm basınç altındaki örnekleme hızı (24.6 mL/dak),

K, Örnekleme ortamının sıcaklığı (Kelvin)'dir.

Çalışma kapsamında aktif örnekleyciler (on-line cihazlar) kullanılarak yapılan saatlik inorganik gaz ölçüm cihazlarının kalibrasyonları NO₂ ve SO₂ için kalibrasyon gazları kullanılarak yapılmıştır. Ozon cihazının kalibrasyonu cihazın iç donanımıyla birlikte verilen ozon jeneratörü ile yapılmıştır. CO ve CO₂ ölçüm cihazının kalibrasyonu ise üretici firma tarafından önerilen prosedüre göre belirli zaman aralıklarında cihaz üzerinden otomatik olarak yapılmıştır. Bu çalışmada ölçülen inorganik gazlar, sıcaklık ve nem için belirleme limitleri Tablo 3.5'de verilmiştir

Tablo 3.5: İnorganik Gazlar, Sıcaklık ve Nem Ölçümleri için Belirleme Limitleri

Bileşenler	Birim	Belirleme Limitleri
SO ₂	ppb	1
NO ₂	ppb	0.4
O ₃	ppb	1
CO	ppm	0.05
CO ₂	ppm	1
T	°C	0.1
RH	%	0.5

3.7.2. Partikül maddeler

Partikül madde örnekleme ve analiz çalışmaları kapsamında yapılan analitik işlemlerin kalite güvencesinin sağlanması için şahit örnekleri, belirleme limitleri ve geri kazanım testleri yapılmıştır. Bu çalışmada, partikül maddelerdeki element konsantrasyonlarının ölçülmesinde kullanılan XRF cihazının belirleme limiti aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 3.6’da sunulmaktadır.

$$MDL = 3 * ((N_{bq})^{1/2} / I_i) \quad (3.3)$$

Burada;

N_{bq} ; Background (blank) sayımı

I_i ; i elementinin birim miktar başına sayımı (sayım/ppm gibi)’dir.

Tablo 3.6: Elementler için Metot Belirleme Limitleri

Bileşenler	Belirleme Limitleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Mg	0.002
Al	0.002
Si	0.002
S	0.002
K	0.002
Ca	0.002
Ti	0.002
V	0.0006
Cr	0.001
Mn	0.001
Fe	0.001
Ni	0.001
Cu	0.001
Zn	0.002
As	0.0002
Pb	0.002

Bu çalışmada XRF cihazı ABD’de bulunan National Institute of Standart and Technology (NIST)’den temin edilen Standard Refedence Material (SRM) 2783 hava filtresi kullanılarak kalibre edilmiştir. SRM 2783 polikarbonat membran filtre üzerinde toplanmış küçük partikül madde içermektedir ve bu partiküllerin kimyasal içeriği de NIST tarafından standardın sertifikası ile sağlanmıştır. Böylece bu standard

örneklerden önce XRF cihazında analiz edilmiş, ve elde edilen intensite değerleri standardın sertifikasında bulunan kütle değerlerine karşılık gelecek şekilde çizilerek, her element için kalibrasyon eğrileri elde edilmiştir. NIST 2783 standart filtrenin analiz sonuçları ve % geri kazanım miktarları Tablo 3.7 ve Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.7: NIST 2783 Hava Filtresinin ED XRF 2000 ile Analiz Sonuçları

Elementler	Onaylanan \pm SS (%)	Ölçülen \pm SS (%)	Geri Kazanım
Mg	8620 \pm 520	7850 \pm 455	91.1
Al	23210 \pm 530	22950 \pm 520	98.9
Si	58600 \pm 1600	58460 \pm 1230	99.8
S	1050 \pm 260	1015 \pm 130	96.7
K	5280 \pm 520	5350 \pm 420	101.3
Ca	13200 \pm 1700	13900 \pm 1150	105.3
Ti	1490 \pm 240	1620 \pm 230	108.7
Cr	135 \pm 25	146 \pm 23	108.1
Mn	320 \pm 12	318 \pm 15	99.4
Fe	26500 \pm 1600	24560 \pm 1030	92.7
Ni	68 \pm 12	62 \pm 15	91.2
Cu	404 \pm 42	375 \pm 35	92.8
Zn	1790 \pm 130	1680 \pm 110	93.9
Pb	317 \pm 54	293 \pm 34	92.4

^aStandart Sapma

Tablo 3.8: NIST 2783 Hava Filtresinin WD XRF PANalytical AXIOS Advance ile Analiz Sonuçları

Elementler	Onaylanan \pm SS (%)	Ölçülen \pm SS (%)	Geri Kazanım
As	11.8 \pm 1.2	12.3 \pm 1.0	104.2
V	48.5 \pm 6.0	50.2 \pm 3.4	103.5

^aStandart Sapma

3.8. Anket Çalışması

Çalışma kapsamında örnekleme yapılan mikroçevreler ziyaret edilerek burada yaşayan kişilerle ön görüşmeler yapılarak örnekleme hakkında ayrıntılı bilgiler verildi ve katılımcıların soruları cevaplandırıldı. Ayrıca örnekleme katılacak bireylerin bu çalışmadaki rolü ve sorumlulukları anlatıldı. Daha sonra seçilen mikroçevrelerde örnekleme cihazları yerleştirilirken bir yandan da ev, ofis ve okulda yaşayanların karakteristiklerini belirlemeye yönelik anket çalışmaları yapılmıştır. Anketler ek’te sunulmaktadır.

Örneklenen her mikroçevredeki katılımcıların örnekleme esnasında, yaşadıkları çevre ve yapmış oldukları kişisel aktiviteler hakkındaki bilgileri zaman aktivite çizelgeleri ve anketlere aktarması istenmiştir. Zaman-aktivite çizelgeleri gün içerisinde yarım saat, gece periyodundan sabah periyodu arasında da 1 saat aralıklarını içermektedir. Anket soruları mikroçevre karakteristikleri, temizlik ve havalandırma alışkanlıkları ve yaşam koşullarını öğrenmeye yönelik sorulardan oluşmaktadır. Örneklenen mikroçevrelere ilişkin olarak belirlenen karakteristikler ve örnekleme şartları (sıcaklık ve nispi nem) Tablo 3.9’da verilmektedir. Anketler değerlendirildiğinde Tablo 3.9’dan da görülebileceği gibi katılımcılar örnekleme boyunca vakitlerinin ortalama olarak sadece %10’luk bölümünü dış ortamlarda geçirirken %85’lik bir bölümünü (%70 ev iç ortamları, %13 iş iç ortamları) iç ortamlarda geçirmektedir. Örnekleme yapıldığı binaların yaşları yeni yapılmış binalar ile 50 yaşında binalar arasında değişim göstererek ortalama 18 yıl olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.9: Örneklenen Mikroçevrelerin Genel Karakteristikleri ve Örnekleme Şartları

Karakteristikler	Yaz Mevsimi		Kış Mevsimi	
	Ort, ±SS ^a	Aralık	Ort, ±SS ^a	Aralık
Mikroçevrede Geçirilen Süre (saat)				
İÇ ORTAMLAR (tüm)	19.6±2.0	0.15-22.30	21.5±1.6	0.50-21.30
Ev	16.6±4.6	9.40-22.30	16.9±5.8	1.50-21.30
İşyeri/Okul	2.6±3.7	0.20-10.45	4.0±5.4	1.10-11.30
Diğer	0.40±0.83	0.15-3.00	0.6±0.8	0.50-2.35
DIŞ ORTAMLAR (tüm)	3.5±1.8	0.15-7.40	1.2±1.4	0.20-9.30
Ev	1.4±1.1	0.30-4.30	0.2±0.5	0.50-2.50
İşyeri/Okul	0.5±0.7	0.15-2.50	0.2±0.4	0.35-2.00
Diğer	1.6±1.2	0.35-7.40	0.8±1.3	0.20-9.30
SEYAHAT	0.9±0.6	0.10-2.00	1.3±0.9	0.15-2.10
Örneklenen Ortamların Trafik Yoğunluğu	Yüksek veya Orta (> 24.000 araç /gün)		Düşük (< 24.000 araç / gün)	
Okul	2		1	
Ofis	6		2	
Ev	10		5	
Sigara Kullanımı	Kullanan		Kullanmayan	
Okul	3		0	
Ofis	7		3	
Ev	9		6	
Çalışma Periyodu	31 Mayıs 2006-29 Haziran 2006		16 Aralık 2006- 20 Ocak 2007	
Örnekleme Bölgesi	15 kentsel bölge, 9 endüstriyel bölge, 4 endüstri ve trafikten uzak bölge			
Bina yaşı (yıl)	18±13			
Örnekleme yüzey alanı (m²)	71±40			

^aStandart Sapma

Örneklenen çevrelerin iç ve dış ortamlarında otomatik ölçüm cihazı kullanılarak yapılan günlük sıcaklık, nem, CO ve CO₂ ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 3.10'da yaz ve kış mevsimi için verilmektedir.

Örnekleme döneminde dış ortam sıcaklıkları, yaz mevsiminde 14-39 °C iken kış mevsiminde 1-30 °C aralığında seyretmiştir. İç ortam sıcaklıkları ise, yaz mevsiminde 17-34 °C iken kış mevsiminde 3-25 °C aralığında seyretmiştir. Her iki mevsimde hem iç hem de dış ortamlarda ölçülen nispi nem değerleri birbirine yakın ve geniş bir aralıkta bulunmuştur. Hem iç hem de dış ortamlarda oldukça yüksek nispi nem gözlenmiştir. İç ortamlarda nispi nem yaz mevsiminde %23-76 kış mevsiminde %28-85 aralığında değişirken dış ortamlarda yaz mevsiminde %17-86 kış mevsiminde %20-87 aralığında değişmiştir. Örneklenen iç ve dış ortamlarda CO değerleri oldukça düşük ortalama değerlere sahip bulunmuştur.

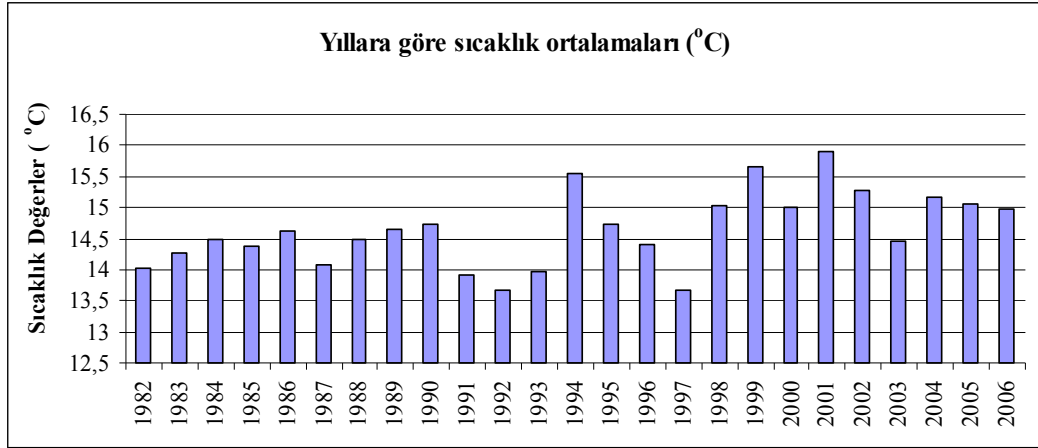
Örneklenen çalışma alanına ait son 25 seneye ait sıcaklık ortalamalarının özeti Şekil 3.7' de görülmektedir. 1990'lı yıllardan sonra sıcaklık ortalamalarının geçmiş yıllara oranla daha yüksek seviyelerde seyrettiği görülmektedir.

Örneklenen iç ortamlarda iklimlendirme yapılmadığından yüksek sıcaklık ve nem değerlerinin yanı sıra özellikle öğrenci sayısının çok olmasına bağlı olarak CO₂ düzeyleri sadece okulların iç ortamlarında yüksek tespit edilmiştir. Örneklenen iç ortamlarda klima kullanılmış olsa idi çok daha iyi iç ortam konfor parametrelerine sahip olunabilirdi. Özellikle yaz mevsiminde iç ortamların iyi bir şekilde havalandırılması nedeniyle ortalama CO₂ düzeyleri 497 ppm iken kış mevsiminde 846 ppm değerlerine ulaşmıştır. İç ortamlar için benzer durum CO içinde gözlenmiştir. Yaz mevsiminde havalandırmanın da etkisiyle iç ortamların ortalama CO düzeyleri 1.17 ppm iken kış mevsiminde yaklaşık 4 kat artarak 3.88 ppm değerlerine ulaşmıştır.

Tablo 3.10: Örneklenen Mikroçevrelerin İç ve Dış Ortam Sıcaklık, Nispi Nem, Karbonmonoksit ve Karbondioksit Düzeyleri

Karakteristikler	Yaz Mevsimi		Kış Mevsimi	
	Ort, \pm SS ^a	Aralık	Ort, \pm SS ^a	Aralık
Termal Konfor Parametreleri				
İç ortam sıcaklığı (°C)	25 \pm 2	17-34	20 \pm 2	3-25
Dış ortam sıcaklığı (°C)	24 \pm 4	14-39	9 \pm 3	1-30
İç ortam nispi nemi (%)	54 \pm 6	23-76	48 \pm 5	28-85
Dış ortam nispi nemi (%)	58 \pm 9	17-86	65 \pm 6	20-87
İnorganik Gaz Kirletici Düzeyleri				
İç ortam Karbonmonoksit (CO), ppm	1.17 \pm 0.54	0.27-6.80	3.88 \pm 4.47	0.03-22.43
Dış ortam Karbonmonoksit (CO), ppm	6.81 \pm 0.36	0.10-23.50	1.52 \pm 1.04	0.03-13.52
İç ortam Karbondioksit (CO ₂), ppm	497 \pm 161	344-4065	846 \pm 341	48-4070
Dış ortam Karbondioksit (CO ₂), ppm	354 \pm 45.6	278-2290	417 \pm 40	322-1064

^aStandart Sapma



Şekil 3.7: Kocaeli İline ait 1982–2006 Yılları Arasındaki Yıllık Sıcaklık Ortalamaları (°C)

BÖLÜM 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Yaz Örneklemesi

4.1.1. Meteorolojik şartlar

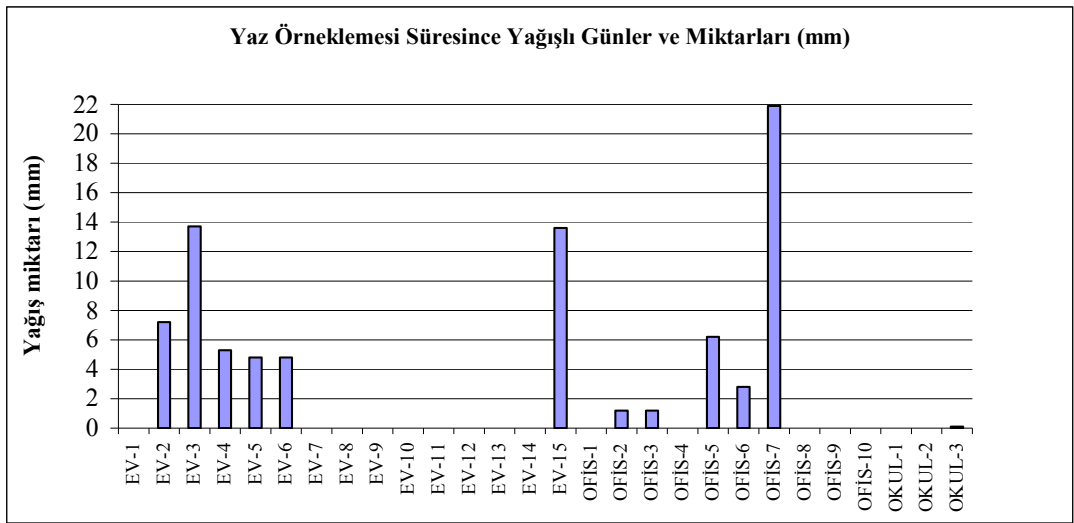
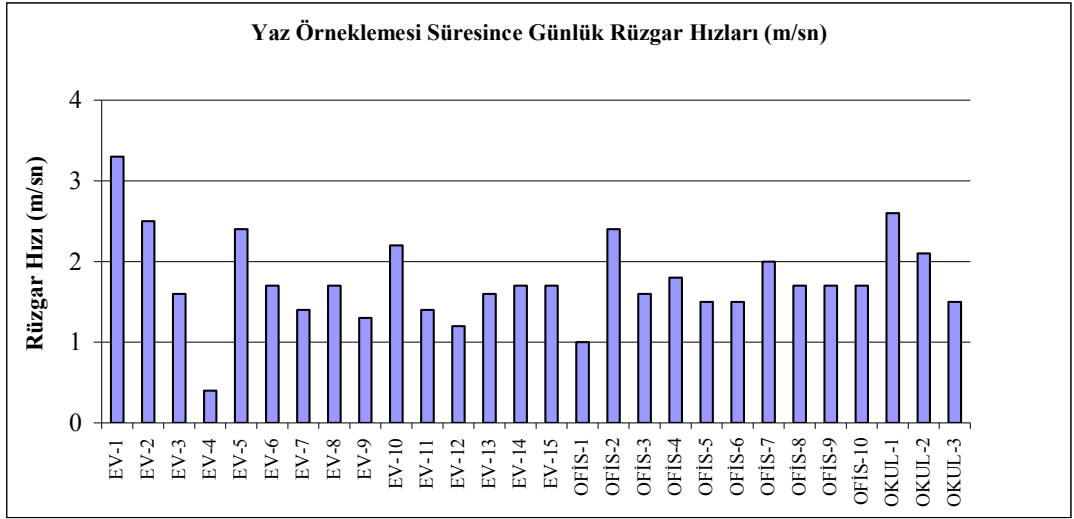
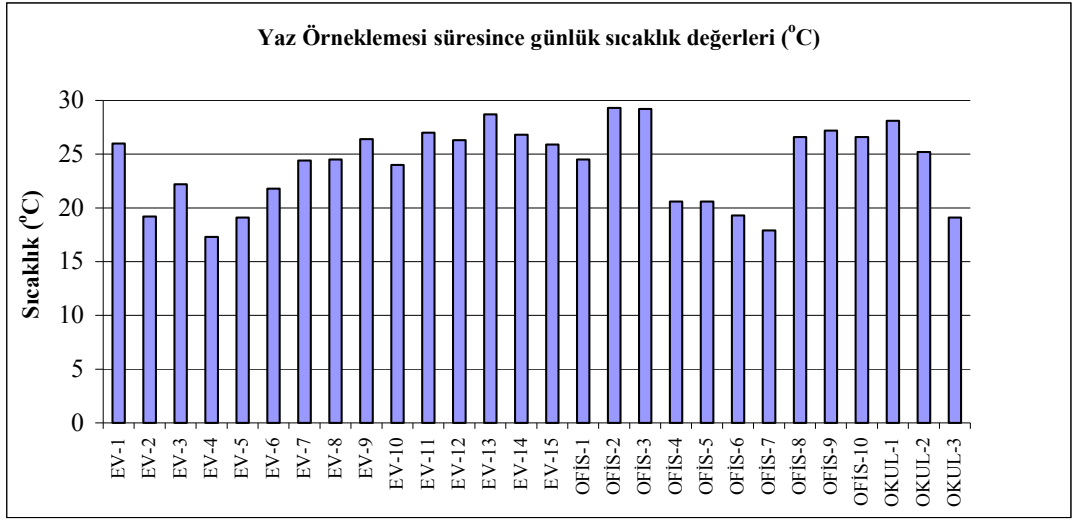
Yaz örneklemesi 31 Mayıs 2006-29 Haziran 2006 tarihleri arasında yapılmıştır. Bu tarihlere ait meteorolojik veriler Kocaeli meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir. Kocaeli’nde tek bir noktada meteoroloji istasyonu bulunduğundan bu noktadan elde edilen veriler ışığında değerlendirmeler yapılmıştır.

Meteoroloji istasyonundan elde edilen verilere göre ölçüm günlerinde sıcaklık değerleri 17.3 °C -29.3 °C arasında değişiklik göstermiştir. Rüzgar hızı en düşük 0.4 m/s, en yüksek 3.3 m/s olarak tespit edilmiştir.

28 noktada yapılan ölçümler boyunca 12 gün yağış görülmüştür. Bu yağışlı günlerde ki yağış miktarı en düşük 0.1 mm en yüksek ise 21.9 mm olarak kayıt edilmiştir.

Günlük ortalama nispi bağıl nem miktarı %50,3 ile %89.3 arasında değişmiştir.

Ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), rüzgar hızı (m/s) ve yağış miktarı Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1: Yaz Örnekleme Süresince Örnekleme Noktalarındaki Sıcaklık (°C), Rüzgar Hızı (m/s) ve Yağış Miktarları (mm)

4.1.2. İnorganik gaz kirleticilerin aktif örnekleme sonuçları

Çalışma kapsamında yaz mevsiminde örneklenen okul, ofis ve evlerin iç ve dış ortamlarında otomatik analizörler kullanılarak günlük olarak yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ aktif örnekleme sonuçları Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de verilmektedir.

İç ortam örneklemesine ait tüm veri seti göz önüne alındığında Tablo 4.1’de görüleceği gibi, NO₂ için minimum konsantrasyon 3.82 µg/m³, maksimum konsantrasyon ise 95.18 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Kükürtdioksit için minimum konsantrasyon 1.66 µg/m³, maksimum konsantrasyon ise 14.56 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Ozon konsantrasyonları incelendiğinde O₃ için minimum konsantrasyon 3.42 µg/m³, maksimum konsantrasyon ise 26.63 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Her bir kirletici için gündüz ve gece konsantrasyonları incelendiğinde Gündüz/Gece konsantrasyon oranlarının NO₂ için 0.84 ile 3.06 arasında, SO₂ için 0.63 ile 7.09 arasında, O₃ için ise 1.75 ile 14.43 arasında değiştiği görülmektedir. Her üç kirletici içinde yaz mevsiminde gündüz konsantrasyonlarının gece konsantrasyonlarından daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Dış ortam örneklemesine ait tüm veri seti göz önüne alındığında Tablo 4.2’de de görüleceği gibi, NO₂ için minimum konsantrasyon 2.63 µg/m³, maksimum konsantrasyon 77.18 µg/m³; SO₂ için minimum konsantrasyon 2.45 µg/m³, maksimum konsantrasyon 115.58 µg/m³; O₃ için ise minimum konsantrasyon 11.51 µg/m³, maksimum konsantrasyon 84.39 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Her bir kirletici için gündüz ve gece konsantrasyonları incelendiğinde NO₂ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0.66 ile 2.00 arasında değişmektedir. Tablo 4.2’den de görüldüğü gibi, gündüz konsantrasyonları gece konsantrasyonlarından yüksek fakat birbirine yakın değerlere sahiptir. Kükürtdioksit için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0.51 ile 23.40 arasında değişmektedir. Genel olarak SO₂ için gündüz konsantrasyonlarının gece konsantrasyonlarından daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ozon için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 1.34 ile 41.99 arasında değişmektedir. Ozon’un gündüz konsantrasyonlarının gece konsantrasyonlarına nazaran oldukça yüksek olması ozonun ikincil bir kirletici olması nedeniyle oluşabilmesi için güneş ışığına ihtiyaç duymasıyla açıklanabilir.

Tablo 4.1: Yaz Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile İç Ortamlarda Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

Mikroçevre	İÇ ORTAM ÖRNEKLEMESİ											
	NO ₂				SO ₂				O ₃			
	Tüm Veri Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Veri Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Veri Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı
Okul 1	37.02	47.46	26.57	1.79	11.26	19.30	3.22	6.00	7.05	10.47	3.63	2.88
Okul 2	28.05	30.55	25.55	1.20	7.77	12.87	2.67	4.82	21.44	33.52	9.37	3.58
Okul 3	3.82	4.43	3.21	1.38	1.66	1.69	1.64	1.03	13.65	25.30	2.00	12.62
Ofis 1	33.84	48.29	19.40	2.49	2.78	3.38	2.18	1.55	4.06	5.17	2.95	1.75
Ofis 2	50.93	60.86	41.00	1.48	3.41	3.98	2.84	1.40	4.25	6.19	2.30	2.69
Ofis 3	95.18	119.83	70.52	1.70	14.56	25.52	3.60	7.09	3.65	5.20	2.10	2.48
Ofis 4	23.45	26.45	20.46	1.29	2.15	2.56	1.75	1.47	26.63	35.02	18.23	1.92
Ofis 5	32.92	39.08	26.77	1.46	4.66	3.60	5.73	0.63	3.58	5.11	2.04	2.50
Ofis 6	29.89	30.46	29.32	1.04	3.05	4.09	2.02	2.03	3.62	4.99	2.25	2.22
Ofis 7	36.97	39.34	34.61	1.14	3.57	4.90	2.24	2.19	4.19	5.80	2.58	2.25
Ofis 8	55.46	54.27	56.64	0.96	3.93	4.91	2.94	1.67	6.09	9.65	2.54	3.81
Ofis 9	13.52	20.36	6.67	3.06	3.42	3.85	3.00	1.28	4.06	6.11	2.02	3.03
Ev 1	40.48	50.46	30.49	1.65	4.01	5.14	2.89	1.78	11.25	17.83	4.66	3.82
Ev 2	25.40	26.41	24.38	1.08	2.54	2.18	2.89	0.75	4.33	6.13	2.54	2.42
Ev 3	35.65	29.98	41.31	0.73	2.57	3.56	1.58	2.25	3.42	4.77	2.07	2.30
Ev 4	35.42	34.80	36.05	0.97	3.10	3.97	2.24	1.78	3.83	5.50	2.15	2.56
Ev 5	28.04	37.46	18.62	2.01	2.81	3.54	2.07	1.71	4.72	7.43	2.01	3.70
Ev 6	39.30	41.99	36.61	1.15	4.07	4.54	3.60	1.26	4.07	5.40	2.74	1.97
Ev 7	46.81	63.89	29.73	2.15	4.62	6.94	2.29	3.03	4.40	6.18	2.62	2.36
Ev 8	45.27	53.08	37.47	1.42	4.64	4.80	4.47	1.07	3.77	5.56	1.98	2.81
Ev 9	48.03	63.72	32.34	1.97	2.89	3.05	2.73	1.12	7.31	11.51	3.12	3.69
Ev 10	40.49	47.35	33.63	1.41	2.04	3.05	1.04	2.95	16.88	31.57	2.19	14.43
Ev 11	46.82	51.36	42.28	1.21	4.92	7.33	2.51	2.92	4.99	7.10	2.88	2.46
Ev 12	29.48	33.54	25.42	1.32	2.21	3.00	1.42	2.12	3.93	6.08	1.77	3.44
Ev 13	46.83	61.46	32.20	1.91	2.32	2.84	1.80	1.58	5.01	7.81	2.21	3.54
Ev 14	24.68	22.47	26.89	0.84	3.48	4.34	2.62	1.66	13.45	22.81	4.09	5.58
Ev 15	35.86	42.66	29.07	1.47	4.85	6.60	3.11	2.12	5.56	8.24	2.87	2.87

Tablo 4.2: Yaz Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile Dış Ortamlarda Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

Mikroçevre	DIŞ ORTAM ÖRNEKLEMESİ											
	NO ₂				SO ₂				O ₃			
	Tüm Veri Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Veri Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Veri Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı
Okul 1	54.48	70.67	38.29	1.85	45.02	71.93	18.10	3.97	38.36	59.47	17.26	3.45
Okul 2	15.44	12.32	18.55	0.66	59.71	84.53	34.90	2.42	58.55	82.41	34.68	2.38
Okul 3	2.63	2.59	2.67	0.97	2.45	2.62	2.29	1.14	84.39	164.86	3.93	41.99
Ofis 1	33.71	41.29	26.14	1.58	7.31	9.00	5.62	1.60	35.81	53.00	18.61	2.85
Ofis 2	77.18	81.87	72.50	1.13	115.58	196.26	34.90	5.62	11.51	19.51	3.52	5.55
Ofis 3	63.67	74.63	52.72	1.42	49.87	83.21	16.52	5.04	26.85	50.91	2.78	18.31
Ofis 4	24.00	24.79	23.20	1.07	3.58	4.21	2.94	1.43	68.58	102.77	34.40	2.99
Ofis 5	29.80	30.34	29.27	1.04	12.79	8.67	16.91	0.51	23.09	26.40	19.77	1.34
Ofis 6	40.76	37.12	44.41	0.84	11.21	14.23	8.18	1.74	31.66	58.16	5.15	11.29
Ofis 7	12.90	15.30	10.50	1.46	8.81	9.54	8.07	1.18	35.91	56.52	15.30	3.69
Ofis 8	44.95	41.37	48.52	0.85	8.10	10.69	5.51	1.94	56.73	91.47	21.98	4.16
Ofis 9	18.38	24.48	12.27	2.00	3.69	4.11	3.27	1.25	74.27	143.15	5.40	26.51
Ev 1	31.88	31.81	31.94	1.00	14.66	21.58	7.74	2.79	56.08	100.39	11.78	8.52
Ev 2	18.58	20.50	16.66	1.23	4.61	5.13	4.09	1.25	50.56	77.21	23.91	3.23
Ev 3	26.27	21.73	30.81	0.71	5.03	6.52	3.54	1.84	49.76	92.08	7.44	12.37
Ev 4	20.66	16.64	24.67	0.67	5.42	5.93	4.91	1.21	16.24	23.03	9.44	2.44
Ev 5	21.40	24.11	18.70	1.29	4.44	4.31	4.58	0.94	33.15	55.38	10.92	5.07
Ev 6	24.90	23.49	26.30	0.89	13.91	18.60	9.22	2.02	32.30	49.99	14.60	3.42
Ev 7	30.15	34.90	25.40	1.37	27.68	46.19	9.16	5.04	23.03	42.00	4.05	10.37
Ev 8	46.00	57.62	34.37	1.68	6.33	7.03	5.62	1.25	33.31	61.84	4.79	12.92
Ev 9	22.97	28.81	17.13	1.68	3.79	4.64	2.94	1.57	37.30	70.39	4.21	16.71
Ev 10	29.25	34.95	23.56	1.48	2.97	3.33	2.62	1.27	39.51	74.76	4.25	17.58
Ev 11	46.23	56.51	35.94	1.57	16.51	29.59	3.44	8.61	26.44	45.73	7.16	6.39
Ev 12	17.60	14.78	20.42	0.72	3.16	3.71	2.62	1.42	46.63	85.69	7.57	11.32
Ev 13	16.07	15.99	16.15	0.99	3.45	3.74	3.16	1.18	34.63	64.89	4.38	14.83
Ev 14	15.70	15.96	15.44	1.03	4.77	6.55	3.00	2.18	66.80	123.46	10.14	12.17
Ev 15	53.74	62.52	44.96	1.39	99.11	190.10	8.13	23.40	19.84	35.38	4.29	8.24

Tablo 4.3’de yaz mevsiminde iç ve dış ortamlarda ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için ölçüm sonuçları, ortalama, maksimum ve minimum konsantrasyonlar şeklinde verilmektedir. Tablo 4.4’ de ise yaz mevsiminde iç ve dış ortamlarda ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları için İç Ortam/Dış Ortam oranları, ortalama, maksimum ve minimum değerler şeklinde verilmektedir.

Tablo 4.3 incelendiğinde, okul, ofis ve evlerin iç ortamlarında NO₂’nin tüm veri seti ortalama konsantrasyonlarının 22.96-41.35 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 27.48-48.77 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 18.45-33.93 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Dış ortam NO₂ konsantrasyonları incelendiğinde ise, okul, ofis ve evlerin dış ortamlarında NO₂’nin tüm veri setinin ortalama konsantrasyonlarının 24.18-38.37 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 28.53-41.24 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 19.84-35.50 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. İç ortamlar ile dış ortamlar arasındaki farklılığın daha net görülebilmesi için Tablo 4.4’de konsantrasyon oranları verilmiştir. Azotdioksit için İç Ortam/Dış Ortam tüm veri ortalama oranlarının bütün ortamlarda 1’in üzerinde olduğu görülmektedir. Ancak, bu oranın okul (1.32) ve ofislere (1.20) nazaran, evlerde (1.50) daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, evlerin iç ortamlarında bulunan NO₂ kirletici kaynaklarının ofis ve okullara oranla daha baskın olduğunu göstermektedir. Kocaeli, çok küçük yüzölçümüne sahip ve trafiğin çok yoğun olduğu bir endüstri şehridir. Bu nedenle örneklenen bölgelerin dış ortamlarında trafik kaynaklı NO₂’nin iç ortamlara nazaran daha yüksek olması beklenirken dış ortamlarda NO₂ için elde edilen düzeylerin genellikle iç ortamlara nazaran düşük olması iç ortamlarda mevcut olan NO₂ kaynaklarının trafiğin meydana getirdiği kirliliği dahi baskıladığını göstermektedir. Evlerde NO₂ için elde edilen İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1’in üzerinde olmasında en büyük katkının mutfak’ta kullanılan pişirme ocaklarında ağırlıklı olarak doğalgazın kullanılmasına işaret etmektedir. Bununla beraber okul, ofis ve evlerin iç ve dış ortamlarında NO₂ için gündüz konsantrasyonları gece konsantrasyonlarından yüksek ve Gündüz/Gece oranlarının 1.5’a yakın değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.3). Azotdioksit için Gündüz/Gece oranlarının 1’in üzerinde olması iç ortamlarda pişirme faaliyetlerinin, dış ortamlarda da trafik yoğunluğunun etkisiyle NO₂ konsantrasyonları gündüz periyodunda yüksek olması ile açıklanabilir.

Tablo 4.3'e bakıldığında; okul, ofis ve evlerin iç ortamlarında O₃'ün tüm veri seti ortalama konsantrasyonlarının 6.46-14.05 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 9.25-23.09 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 2.66-5.00 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Dış ortam O₃ konsantrasyonları incelendiğinde ise, okul, ofis ve evlerin dış ortamlarında O₃'ün tüm veri setinin ortalama konsantrasyonlarının 37.70-60.44 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 66.81-102.25 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 8.60-18.62 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Tablo 4.4 incelendiğinde ise ozon için elde edilen İç ortam/Dış Ortam oranlarının, tüm veri ortalama konsantrasyonları için 0.17-0.24, gündüz ortalama konsantrasyonları için 0.15-0.25 ve gece ortalama konsantrasyonları için 0.33-0.39 aralıklarında olduğunun belirlenmesi, O₃'ün bir dış ortam kirleticisi olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3'de okul, ofis ve evler için iç ortam SO₂ konsantrasyonları incelendiğinde, okul, ofis ve evlerin iç ortamlarında SO₂'in tüm veri seti ortalama konsantrasyonlarının 3.40-6.90 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 4.33-11.29 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 2.48-2.92 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Dış ortam SO₂ konsantrasyonları incelendiğinde ise, okul, ofis ve evlerin dış ortamlarında SO₂'in tüm veri seti ortalama konsantrasyonlarının 14.39-35.73 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 23.80-53.02 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 4.98-18.43 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Yanma kaynaklı olan SO₂ konsantrasyonları iç ortamlarda dış ortamlara nazaran oldukça düşük seviyelerde tespit edilmiştir. Tablo 4.4'de verilen kükürtdioksit için elde edilen İç Ortam/Dış Ortam oranlarının, tüm veri seti ortalama konsantrasyonları için 0.35-0.51, gündüz ortalama konsantrasyonları için 0.36-0.52 ve gece ortalama konsantrasyonları için 0.32-0.55 aralıklarında olması SO₂'in dış ortam kaynaklı bir kirletici olduğunu ve iç ortamlarda önemli bir kaynağının bulunmadığını göstermektedir. Bu durum yaz mevsiminde yapılan ölçümler sırasında ısınma amaçlı olarak S içeren fosil yakıtların yakılmadığı düşünüldüğünde dış ortamlarda elde edilen SO₂ konsantrasyonlarının dizel yakıt kullanan motorlu taşıtlardan kaynaklandığına işaret etmektedir. Çalışmada elde edilen sonuçlar gözönüne alındığında özellikle trafiğin yoğun olduğu noktalarda SO₂ konsantrasyonlarının daha yüksek olması bu durumu desteklemektedir.

Tablo 4.3: Yaz Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile İç ve Dış Ortamlarda Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için Ortalama, Maksimum ve Minimum Konsantrasyonlar(µg/m³)

			NO ₂			SO ₂			O ₃		
			Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
İÇ ORTAM	Okul	Tüm Veri	22.96 ± 17.17	37.02	3.82	6.90 ± 4.86	11.26	1.66	14.05 ± 7.21	21.44	7.05
		Gündüz	27.48 ± 21.68	47.46	4.43	11.29 ± 8.91	19.30	1.69	23.09 ± 11.68	33.52	10.47
		Gece	18.45 ± 13.20	26.57	3.21	2.51 ± 0.80	3.22	1.64	5.00 ± 3.87	9.37	2.00
		Gündüz/Gece	1.45 ± 0.30	1.79	1.20	3.95 ± 2.59	6.00	1.03	6.36 ± 5.43	12.62	2.88
	Ofis	Tüm Veri	41.35 ± 23.88	95.18	13.52	4.62 ± 3.79	14.56	2.15	6.68 ± 7.52	26.63	3.58
		Gündüz	48.77 ± 29.69	119.83	20.36	6.31 ± 7.24	25.52	2.56	9.25 ± 9.77	35.02	4.99
		Gece	33.93 ± 19.73	70.52	6.67	2.92 ± 1.20	5.73	1.75	4.11 ± 5.30	18.23	2.02
		Gündüz/Gece	1.62 ± 0.71	3.06	0.96	2.15 ± 1.91	7.09	0.63	2.52 ± 0.62	3.81	1.75
	Ev	Tüm Veri	37.90 ± 8.13	48.03	24.68	3.40 ± 1.03	4.92	2.04	6.46 ± 4.08	16.88	3.42
		Gündüz	44.04 ± 13.34	63.89	22.47	4.33 ± 1.58	7.33	2.18	10.26 ± 7.78	31.57	4.77
		Gece	31.77 ± 6.46	42.28	18.62	2.48 ± 0.88	4.47	1.04	2.66 ± 0.80	4.66	1.77
		Gündüz/Gece	1.42 ± 0.44	2.15	0.73	1.87 ± 0.70	3.03	0.75	3.86 ± 3.06	14.43	1.97
DIŞ ORTAM	Okul	Tüm Veri	24.18 ± 22.05	54.48	2.63	35.73 ± 24.28	59.71	2.45	60.44 ± 18.84	84.39	38.36
		Gündüz	28.53 ± 30.06	70.67	2.59	53.02 ± 36.01	84.53	2.62	102.25 ± 45.25	164.86	59.47
		Gece	19.84 ± 14.57	38.29	2.67	18.43 ± 13.32	34.90	2.29	18.62 ± 12.59	34.68	3.93
		Gündüz/Gece	1.16 ± 0.50	1.85	0.66	2.51 ± 1.16	3.97	1.14	15.94 ± 18.43	41.99	2.38
	Ofis	Tüm Veri	38.37 ± 21.05	77.18	12.90	24.55 ± 36.97	115.58	3.58	40.49 ± 21.34	74.27	11.51
		Gündüz	41.24 ± 22.71	81.87	15.30	37.77 ± 64.42	196.26	4.11	66.88 ± 39.09	143.15	19.51
		Gece	35.50 ± 20.48	72.50	10.50	11.32 ± 10.22	34.90	2.94	14.10 ± 10.75	34.40	2.78
		Gündüz/Gece	1.26 ± 0.38	2.00	0.84	2.26 ± 1.79	5.62	0.51	8.52 ± 8.61	26.51	1.34
	Ev	Tüm Veri	28.09 ± 11.85	53.74	15.70	14.39 ± 24.45	99.11	2.97	37.70 ± 14.09	66.80	16.24
		Gündüz	30.69 ± 16.05	62.52	14.78	23.80 ± 47.62	190.10	3.33	66.81 ± 26.62	123.46	23.03
		Gece	25.50 ± 8.66	44.96	15.44	4.98 ± 2.41	9.22	2.62	8.60 ± 5.37	23.91	4.05
		Gündüz/Gece	1.18 ± 0.35	1.68	0.67	3.73 ± 5.80	23.40	0.94	9.71 ± 4.89	17.58	2.44

Tablo 4.4: Yaz Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

İÇ ORTAM/DIŞ ORTAM									
OKUL									
Kirlenici	Tüm Veri			Gündüz			Gece		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
NO ₂	1.32±0.58	1.82	0.68	1.62±0.91	2.48	0.67	1.09±0.36	1.38	0.69
SO ₂	0.35±0.29	0.68	0.13	0.36±0.26	0.65	0.15	0.32±0.34	0.71	0.08
O ₃	0.24±0.11	0.37	0.16	0.25±0.14	0.41	0.15	0.33±0.16	0.51	0.21
OFİS									
NO ₂	1.20±0.68	2.87	0.66	1.27±0.56	2.57	0.74	1.12±0.86	3.29	0.54
SO ₂	0.42±0.25	0.93	0.03	0.44±0.25	0.94	0.02	0.40±0.25	0.92	0.08
O ₃	0.17±0.12	0.39	0.05	0.15±0.11	0.34	0.04	0.37±0.24	0.75	0.10
EV									
NO ₂	1.50±0.52	2.91	0.67	1.67±0.76	3.84	0.68	1.33±0.36	1.99	0.65
SO ₂	0.51±0.23	0.76	0.05	0.52±0.28	0.92	0.03	0.55±0.21	0.93	0.25
O ₃	0.18±0.09	0.43	0.07	0.16±0.09	0.42	0.05	0.39±0.19	0.74	0.11

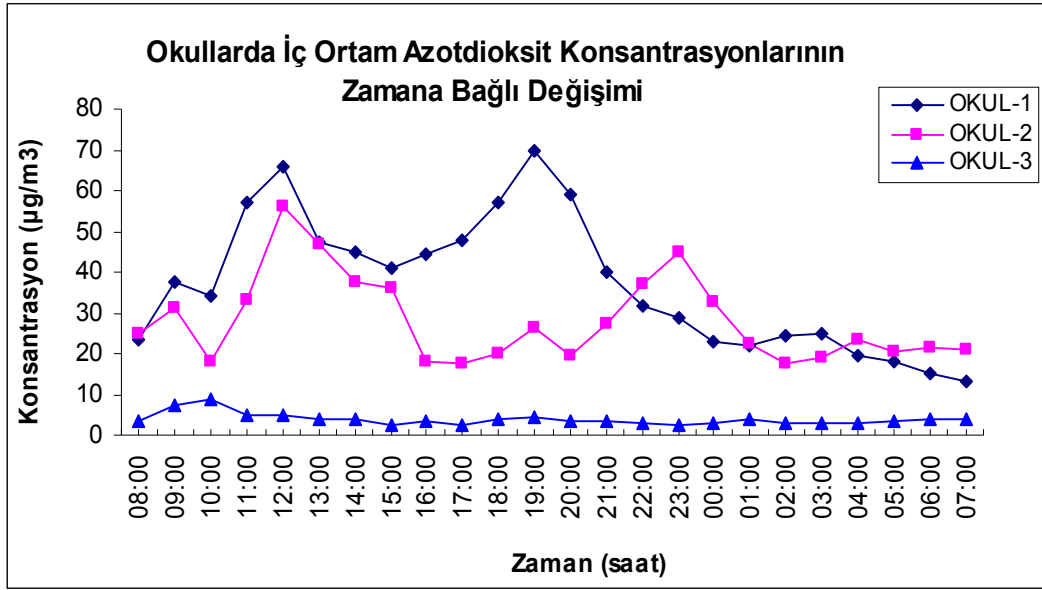
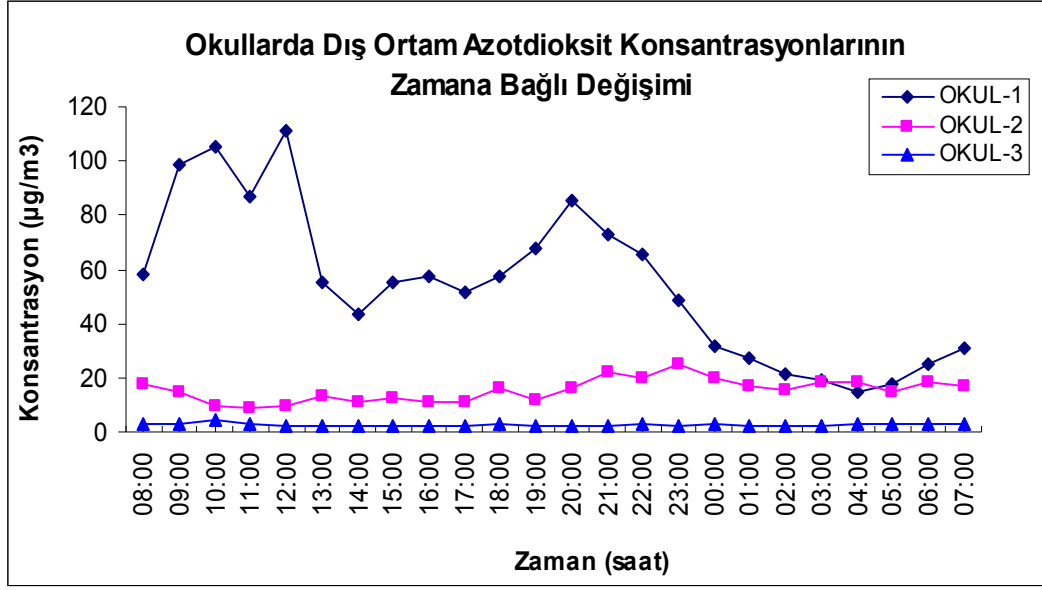
4.1.2.1. İnorganik gaz kirlenici konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimleri

Yaz mevsiminde okul, ofis ve evlerin iç ve dış ortamlarında NO₂, SO₂ ve O₃ için yapılan aktif örnekleme sonuçları Şekil 4.2–4.10’da saatlik dilimler halinde verilmektedir. Bu sayede örneklenen mikroçevrelerde incelenen kirlenicilerin zamana bağlı değişimleri değerlendirilerek NO₂, SO₂ ve O₃’ün ölçüm yapılan gün içerisinde ani artış ve azalmalar gösterdiği saat aralıkları daha rahat görülebilmektedir.

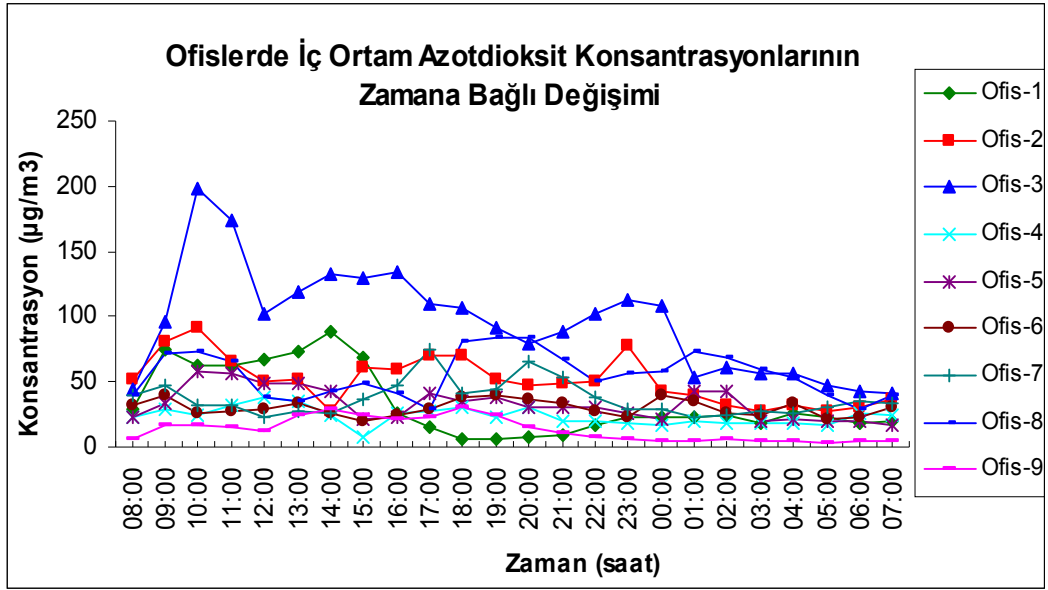
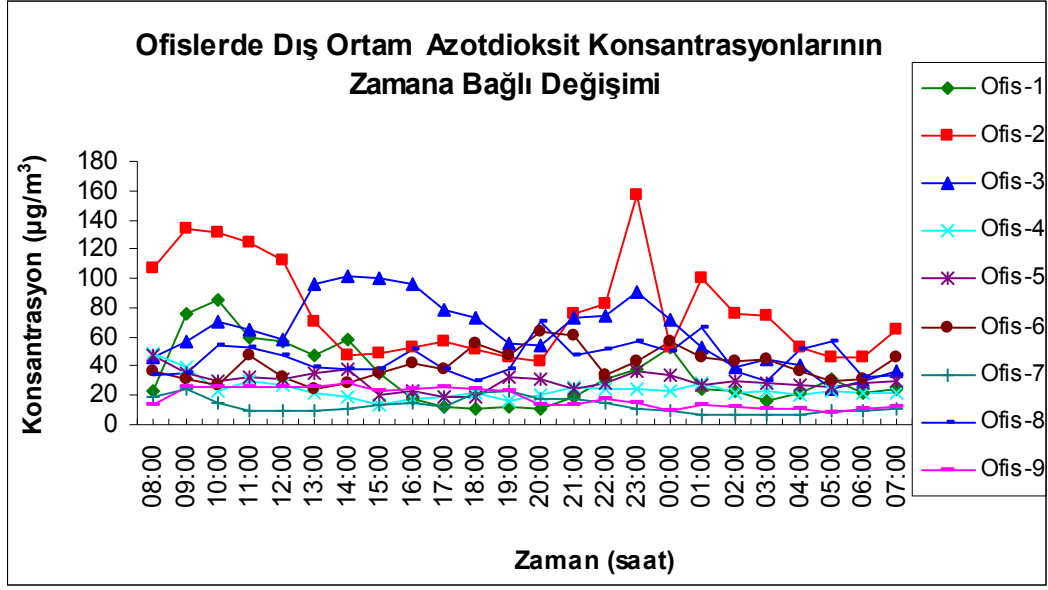
Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de yaz mevsiminde okul, ofis ve evlerin iç ve dış ortamlarında yapılan NO₂ aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki saatlik değişimi verilmektedir. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 incelendiğinde hem okul hem ofislerde iç ve dış ortam NO₂ saatlik değişimleri arasında bir uyum olduğu görülmektedir. Okul ve ofislerin dış ortamlarında NO₂ konsantrasyonları özellikle trafiğin yoğun olduğu saatler arasında yüksek bulunmuştur. Ayrıca, trafiğin yoğun olduğu kentsel alanlarda yüksek NO₂ konsantrasyonları gözlenirken trafikten uzak olan bölgelerde ise düşük NO₂ konsantrasyonları bulunmuştur. Şekil 4.2 incelendiğinde bu durum açık bir şekilde görülmektedir. Kentsel bölgede bulunan Okul 1’de yüksek NO₂ konsantrasyonları

gözlenirken, trafik ve sanayiden uzak olan Okul 3'de çok düşük NO₂ konsantrasyonları görülmektedir.

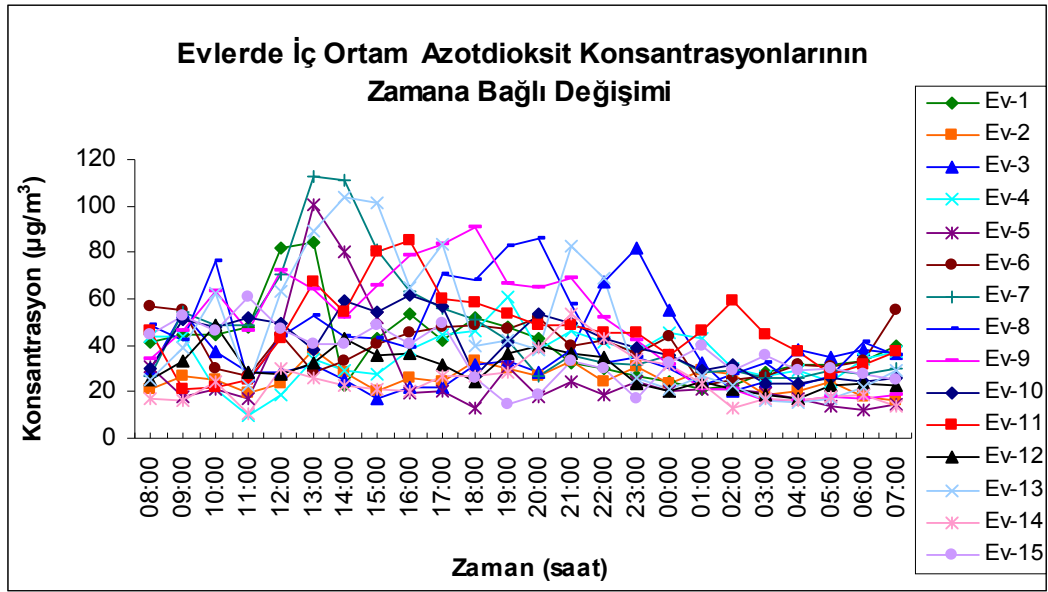
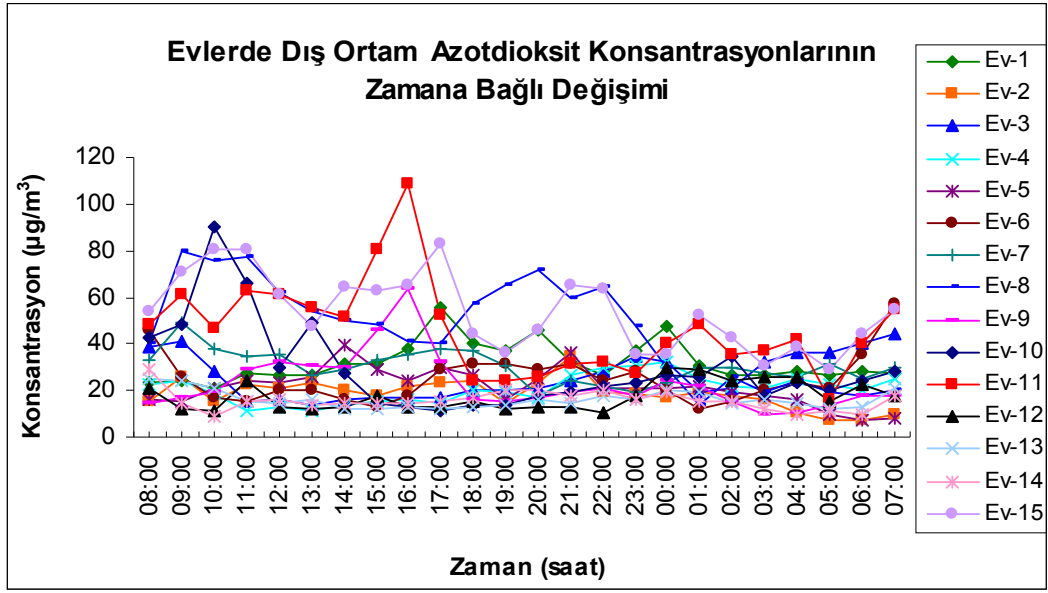
Okul ve ofislerin iç ortamlarında önemli bir NO₂ kaynağı bulunmadığından özellikle trafiğin neden olduğu kirliliğin dış ortamlardan iç ortamlara taşınımı şeklinde gerçekleşmektedir. Şekil 4.4 incelendiğinde NO₂'in evlerin iç ve dış ortamlarındaki saatlik değişiminin, okul ve ofislere nazaran farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Önceki bölümde evlerde NO₂ iç ortam konsantrasyonlarının dış ortamlara nazaran genellikle yüksek bulunduğundan bahsedilmişti. Pişirme faaliyetlerine bağlı olarak evlerin iç ortamlarında ani değişimler gösteren NO₂ konsantrasyonları yaz mevsiminde pencerelerin genellikle açık olması nedeniyle trafik kaynaklı kirliliğinde iç ortamlara taşınımı ile artış göstermektedir. Evlerin iç ortamlarında pişirme faaliyetleri, dış ortamlarında ise trafik yoğunluğuna bağlı olarak özellikle 08:00-22:00 saatleri arasında NO₂ konsantrasyonları ani değişimler gösterirken trafik akışı ve pişirme faaliyetlerinin düşüş gösterdiği 22:00-08:00 saatleri arasında ise NO₂ konsantrasyonlarının düşük seviyelerde ve durağan olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2: Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

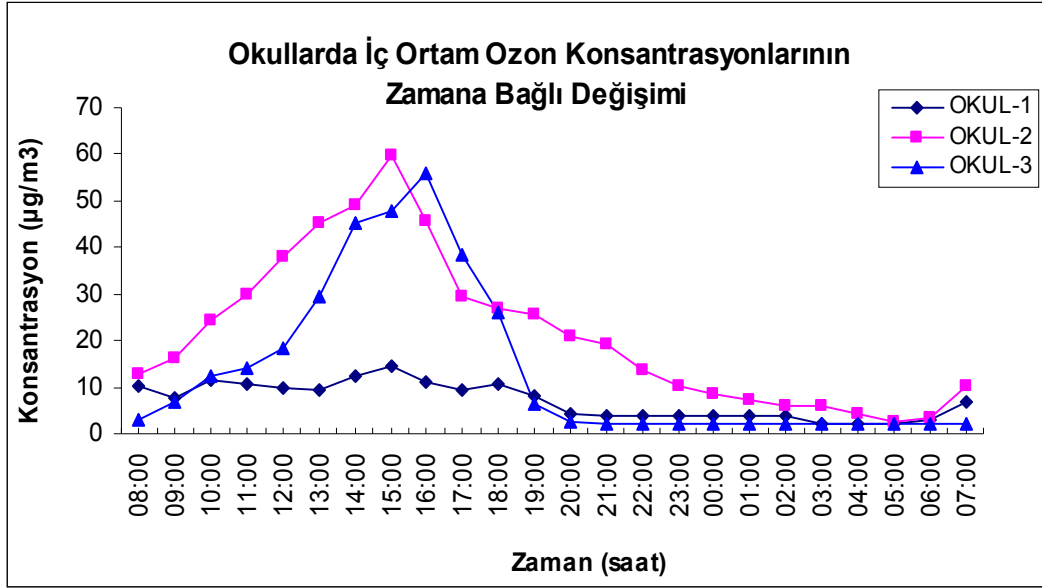
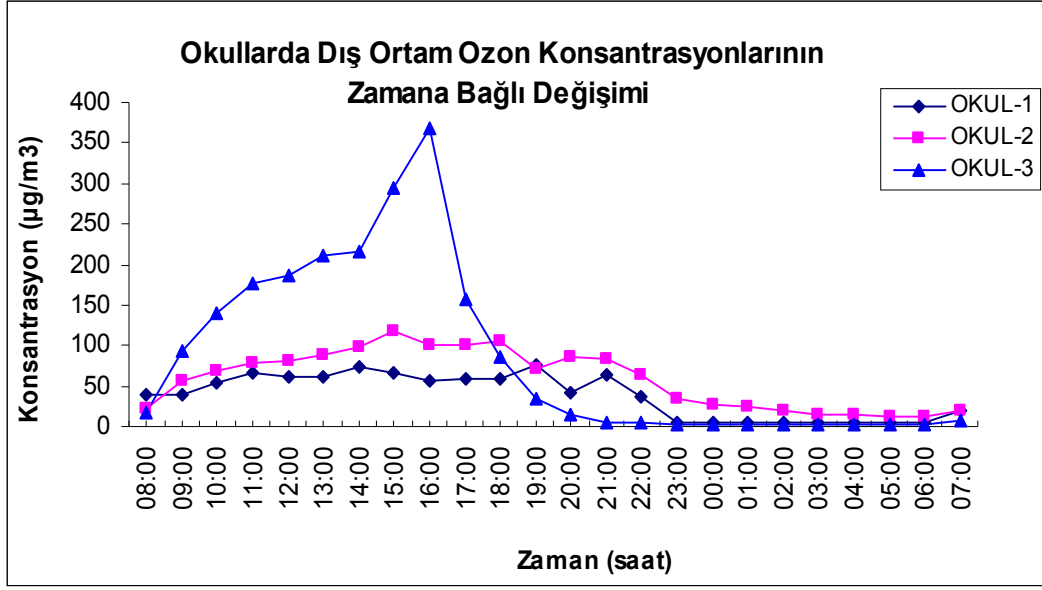


Şekil 4.3: Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

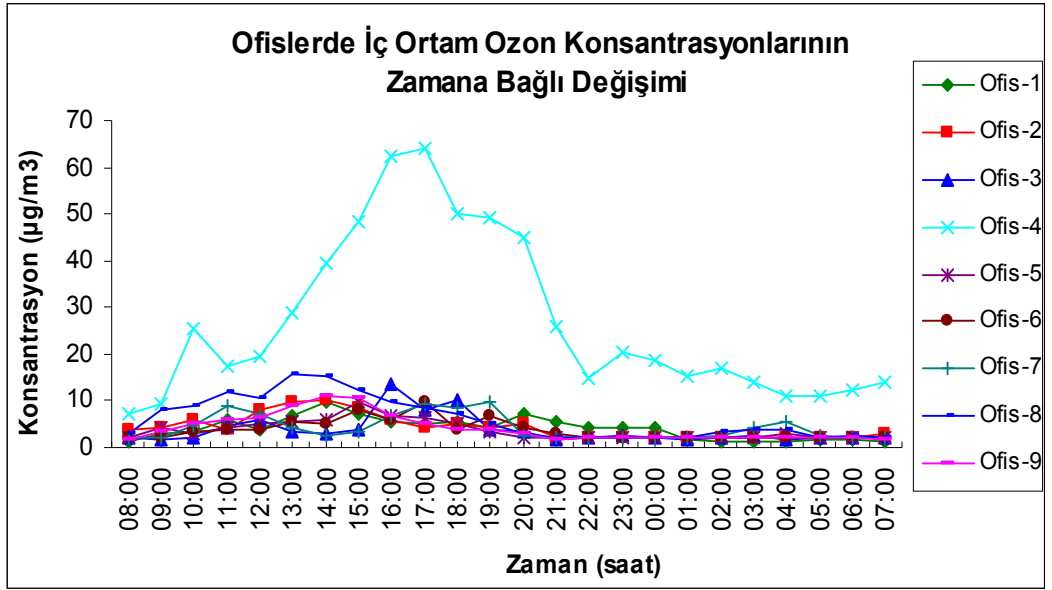
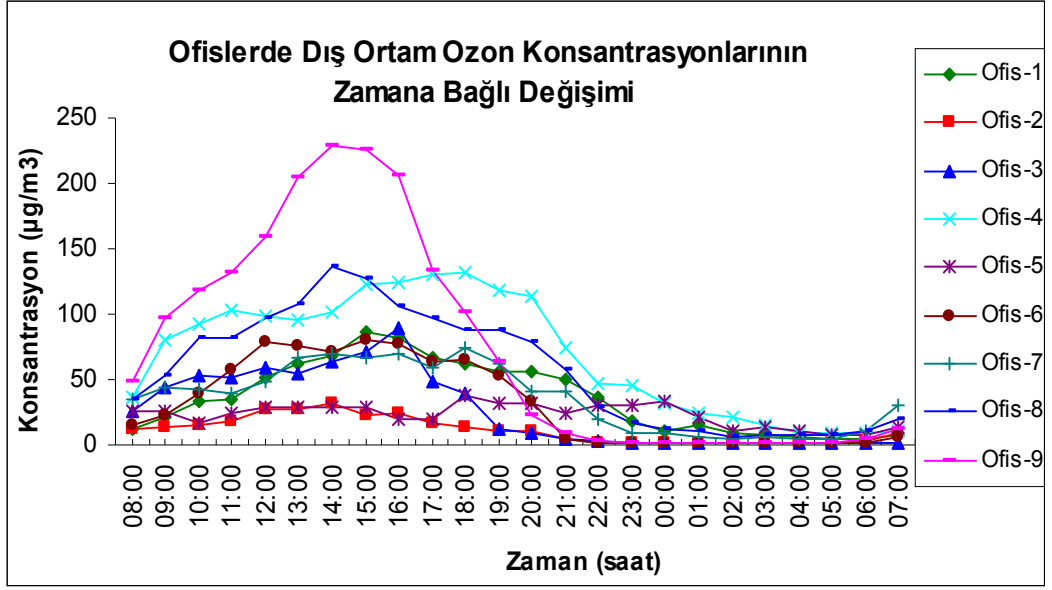


Şekil 4.4: Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

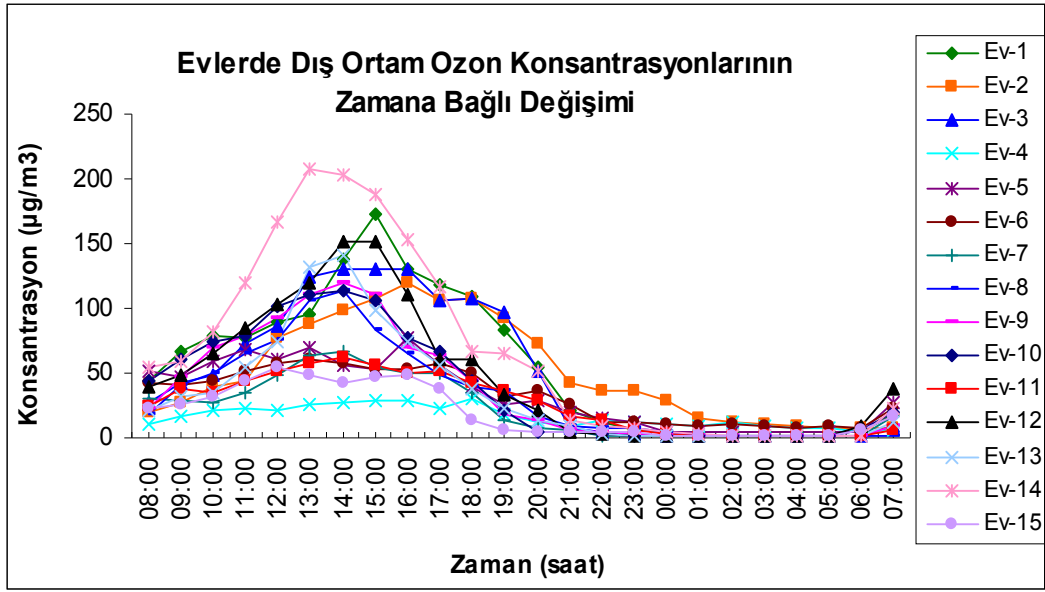
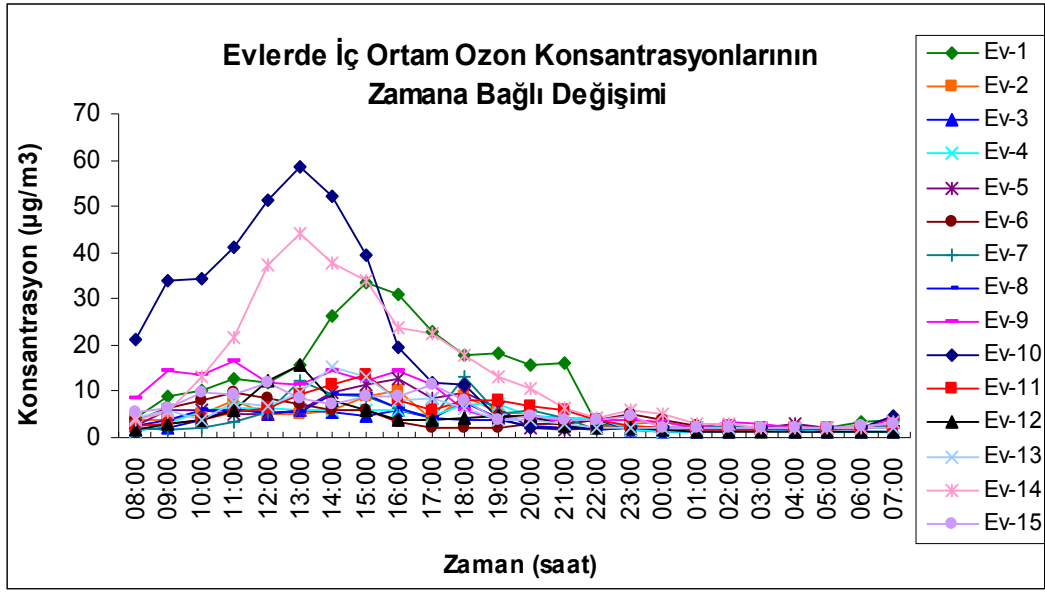
Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de yaz mevsiminde okul, ofis ve evlerin iç ve dış ortamlarında yapılan O₃ aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki saatlik değişimi verilmektedir. Daha önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi ozon ikincil bir kirleticidir ve oluşabilmesi için güneş ışığı gereklidir. Bu nedenle, bütün grafiklerde de görüldüğü gibi ozon konsantrasyonları gündüz saatlerinde yüksek seviyelerde bulunurken güneş ışığının olmadığı gece saatlerinde düşük seviyelerde bulunmuştur. Trafikten uzak olan bölgelerde yüksek O₃ konsantrasyonları gözlenirken trafiğin yoğun olduğu kentsel alanlarda ise O₃ konsantrasyonları düşük bulunmuştur. Bu duruma trafik ve sanayiden uzak olan Okul 3 ile trafiğin yoğun olduğu kentsel bölgede bulunan Okul 1 örnekleme noktaları örnek olarak gösterilebilir. Yüksek dış ortam NO₂ konsantrasyonlarına (gündüz ortalama konsantrasyonu: 47.46 µg/m³) sahip Okul 1 noktasında NO’in NO₂’e yükseltgenmesi sırasında O₃’un tüketilmesi nedeniyle düşük O₃ konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: 10.47 µg/m³) elde edilirken, düşük NO₂ konsantrasyonlarına (gündüz ortalama konsantrasyonu: 4.43 µg/m³) sahip Okul 3 örnekleme noktasında fotokimyasal reaksiyon süresinin tamamlanması nedeniyle yüksek O₃ konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: 25.30 µg/m³) gözlenmiştir. Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de, fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle iç ortamlarda O₃ konsantrasyonları dış ortamlarla karşılaştırıldığında çok düşük seviyelerde seyrettiği görülmektedir.



Şekil 4.5: Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

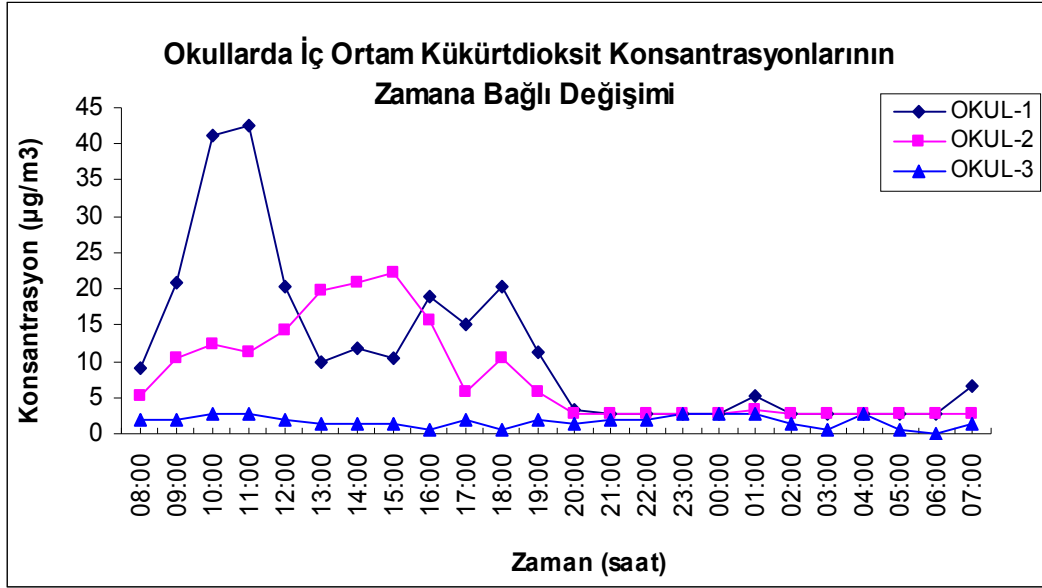
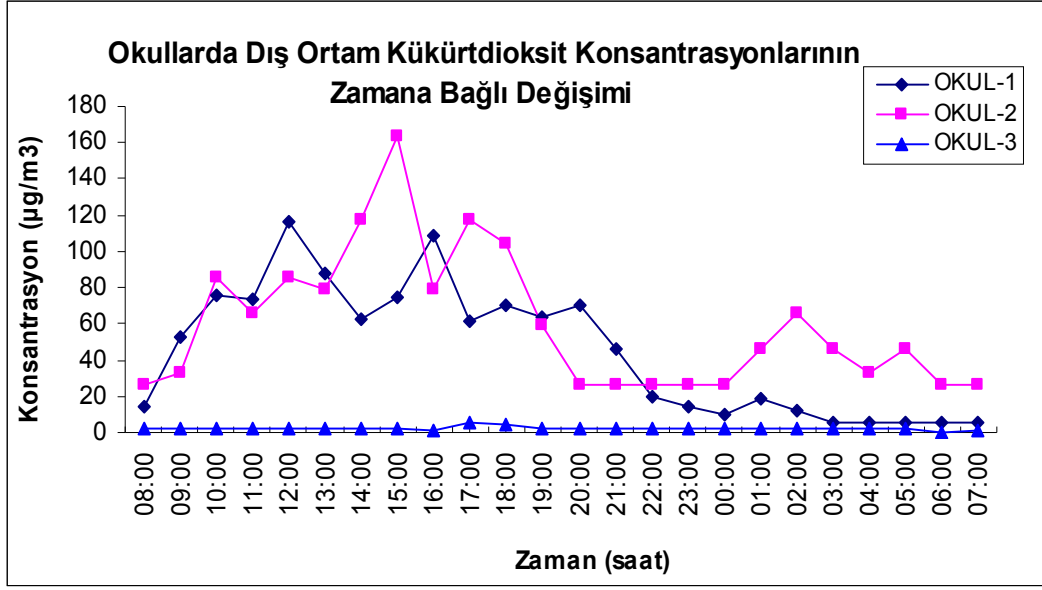


Şekil 4.6: Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

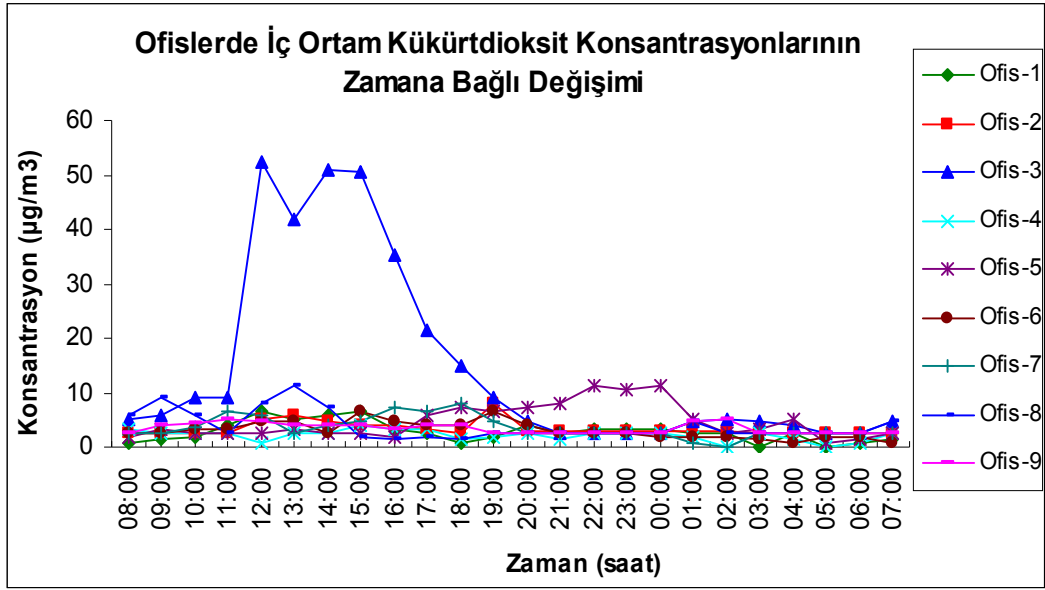
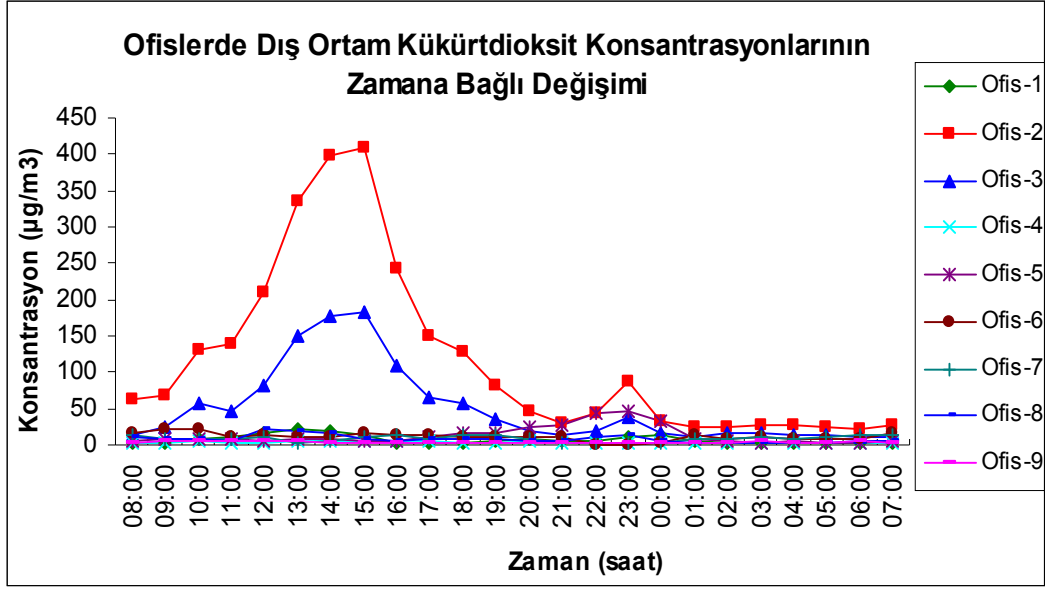


Şekil 4.7: Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

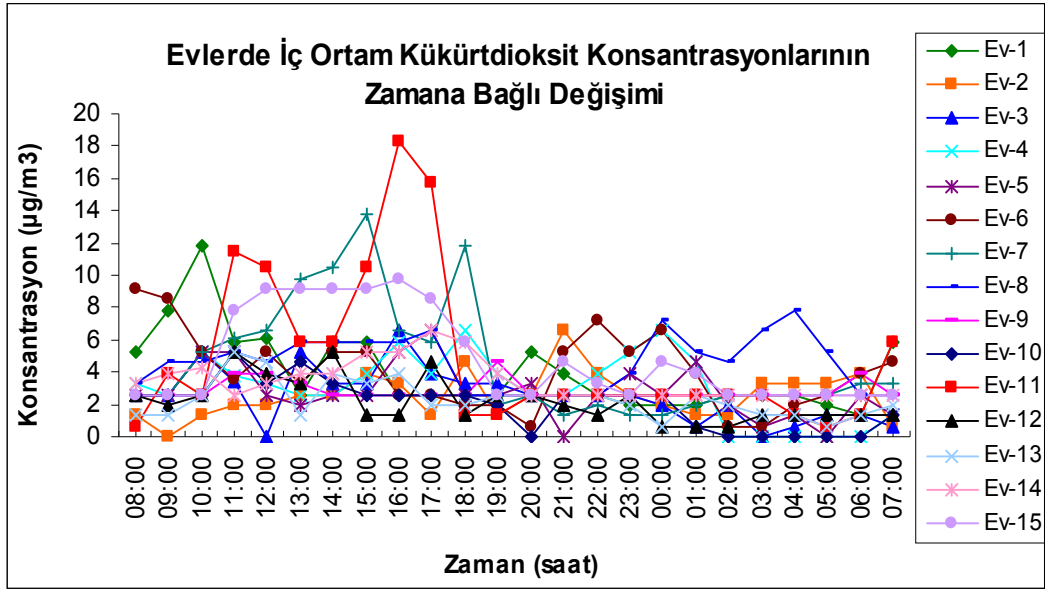
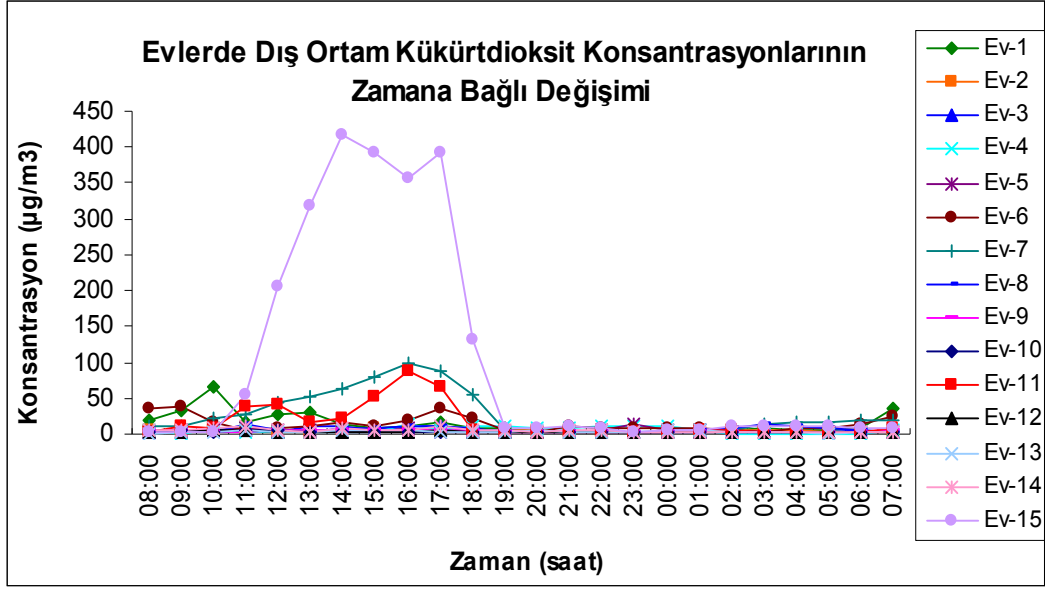
Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da yaz mevsiminde okul, ofis ve evlerin iç ve dış ortamlarında yapılan SO₂ aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki saatlik değişimleri verilmektedir. Örneklenen mikroçevrelerin dış ortamlarında SO₂ konsantrasyonları özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yüksek bulunmuştur. Bu duruma trafik ve sanayiden uzak olan Okul 3 ile trafiğin en yoğun olduğu kentsel bölgede bulunan Ofis 3 örnekleme noktaları örnek olarak gösterilebilir. Endüstri ve trafik etkisinden uzak bir bölgede bulunan Okul 3 örnekleme noktasında çok düşük dış ortam SO₂ konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: 1.69 µg/m³) gözlenirken dizel yakıt kullanan ve trafiğin en yoğun olduğu şehir içi otobüs ve minibüs hattı güzergahında bulunan Ofis 3 örnekleme noktasında yüksek SO₂ konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: 25.52 µg/m³) gözlenmiştir. Yaz mevsimi olması nedeniyle konutlarda ısıtma amaçlı olarak S içeren fosil yakıtların kullanılmaması nedeniyle gözlenen SO₂ kirliliğinde trafiğin etkisine işaret etmektedir. Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da görülen düşük iç ortam SO₂ kirlilik düzeyleri, daha önceki bölümde de anlatıldığı gibi, SO₂'nin bir dış ortam kaynaklı kirletici olduğunu ve iç ortamlarda önemli bir kaynağının bulunmadığını, kirleticinin dış ortamlardan iç ortamlara taşınım yoluyla ulaştığını düşündürmektedir.



Şekil 4.8: Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



Şekil 4.9: Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



Şekil 4.10: Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

4.1.3. Partikül madde (PM10) ölçüm sonuçları

Ölçümü yapılan okul, ofis ve evlerin iç ve dış ortamlarında yaz mevsiminde yapılan Partikül Madde (PM10) örnekleme sonuçları Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da verilmektedir.

Tablo 4.5'de görüldüğü gibi örneklenen okul, ofis ve evlerin iç ortamlarına ilişkin elde edilen Partikül Madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin konsantrasyonları $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $17.4614 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. Ortalama PM10 kütlesi ise iç ortam veri setinde $22.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $142.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

Örneklenen mikroçevrelerin dış ortamlarına ilişkin olarak Tablo 4.6'dan da görüleceği gibi dış ortam Partikül Madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin konsantrasyonları $0.0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $14.4755 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. Ortalama PM10 kütlesi ise dış ortam veri setinde $27.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $155.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

Tablo 4.5: Yaz Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Okul 1	100.75	*	0.5243	3.1135	0.6476	0.4112	6.2421	0.2088	0.0022	0.0099	0.0984	0.6836	*	0.0675	0.0392	0.0009	0.0525
Okul 2	142.82	*	0.4256	3.6224	0.6781	0.9647	17.4614	0.5368	0.0039	0.0059	0.1917	1.4625	*	0.0345	0.0017	0.0004	0.0698
Okul 3	62.15	*	0.4216	2.4861	0.2683	0.2914	7.4574	0.3325	0.0014	0.0044	0.1342	0.4636	*	0.0538	0.0163	*	0.0167
Ofis 1	28.00	*	0.2097	1.2269	0.4703	0.1966	1.3600	0.0955	0.0012	0.0131	0.0107	0.1404	0.0028	0.0401	*	0.0004	0.0431
Ofis 2	44.52	*	0.3945	2.0704	0.4065	0.3584	2.0199	0.1487	0.0018	0.0025	0.0714	0.3389	0.0024	0.0624	0.0485	0.0020	0.0806
Ofis 3	56.31	*	0.3676	2.0626	0.6388	0.4149	2.4193	0.1887	0.0033	0.0193	0.2237	0.8621	*	0.0532	0.7241	0.0074	0.2284
Ofis 4	34.96	*	0.1850	1.3388	0.4301	0.2136	2.1813	0.0906	0.0026	0.0029	0.0083	0.0884	*	0.0252	*	0.0006	0.0719
Ofis 5	65.35	*	0.2639	1.7072	0.4592	0.3476	3.2613	0.1206	0.0014	0.0025	0.0574	0.2393	*	0.0325	0.0366	0.0009	0.0686
Ofis 6	51.99	*	0.5350	3.1532	0.2726	0.4686	4.2834	0.1841	0.0018	0.0098	0.0572	0.5742	0.0027	0.0599	*	0.0007	0.0616
Ofis 7	29.84	*	0.0647	0.4272	0.3124	0.2323	0.6613	0.0458	0.0005	0.0021	0.0402	0.0518	0.0026	0.0207	0.0068	0.0005	0.0373
Ofis 8	34.66	0.0234	0.0520	0.4208	0.7512	0.1793	1.0510	0.0501	0.0004	0.0050	0.0087	0.0420	*	0.0666	*	0.0005	0.0530
Ofis 9	33.05	*	0.3145	1.9565	0.5105	0.3927	4.1622	0.1825	*	0.0070	0.0848	0.4631	0.0022	0.0455	0.0153	*	0.0537
Ofis 10	32.41	*	0.0558	0.4019	0.5453	0.1611	0.8615	0.0506	0.0008	0.0060	0.0105	0.0497	*	0.0451	*	0.0004	0.0606
Ev 1	26.97	*	0.1584	1.0456	0.3745	0.2969	1.3644	0.0674	0.0018	0.0154	0.0906	0.2604	*	0.0419	0.1783	0.0012	0.0838
Ev 2	65.35	*	0.3494	2.1224	0.5033	0.4892	4.4176	0.1537	0.0013	0.0032	0.1069	0.3934	*	0.0493	0.0733	0.0005	0.0679
Ev 3	33.39	*	0.1135	0.8005	0.2394	0.2346	1.0471	0.0544	0.0009	0.0037	0.0209	0.0206	*	0.0524	*	0.0009	0.0463
Ev 4	113.47	*	0.0490	0.6750	0.3868	0.6238	1.1415	0.0711	0.0018	0.0077	0.1062	*	0.0125	0.0876	0.0587	0.0004	0.0711
Ev 5	29.09	*	0.0707	1.0905	0.4898	0.2085	0.8712	0.0435	0.0013	0.0082	0.0742	0.0857	0.0070	0.0280	0.1677	0.0019	0.0736
Ev 6	29.41	*	0.0742	0.5620	0.6901	0.1742	0.8343	0.0572	0.0015	0.0113	0.1216	0.2230	*	0.0535	0.3012	0.0046	0.1283
Ev 7	58.67	*	0.1522	0.9114	0.5102	0.3872	1.4494	0.0798	0.0022	0.0057	0.0560	0.1436	*	0.0430	0.0109	0.0007	0.0382
Ev 8	46.77	*	0.3564	1.6895	0.6691	0.2913	1.7645	0.1384	0.0017	0.0048	0.0241	0.2404	*	0.0301	*	0.0002	0.0575
Ev 9	32.97	*	0.1074	0.7263	0.5129	0.2146	1.2428	0.0594	0.0017	0.0081	0.0099	0.0622	0.0025	0.0229	*	0.0021	0.0270
Ev 10	63.99	0.0183	0.1342	0.8526	0.4660	0.4229	1.2745	0.0781	0.0017	0.0047	0.0255	0.0843	0.0028	0.0382	*	0.0005	0.0377
Ev 11	43.59	0.0274	0.2202	1.2607	0.7420	0.2978	2.3405	0.0887	0.0018	0.0068	0.0573	0.2448	*	0.0371	0.0153	0.0011	0.0675
Ev 12	22.84	*	0.0962	0.7046	0.4033	0.2548	1.0764	0.0629	0.0006	0.0056	0.0238	0.0697	*	0.0367	*	0.0002	0.0554
Ev 13	63.69	*	0.1021	0.7254	0.2969	0.4829	1.1796	0.0665	0.0010	0.0043	0.0233	0.0527	0.0028	0.0296	*	*	0.0260
Ev 14	25.44	*	0.1271	0.7684	0.4642	0.2217	0.9002	0.0693	0.0011	0.0031	0.0046	0.0236	0.0026	0.0345	*	0.0002	0.0599
Ev 15	26.23	0.0132	0.0393	0.4730	0.5929	0.2675	1.2170	0.0488	0.0047	0.0091	*	*	0.0231	0.0432	*	0.0024	0.0209

*:Belirlenemedi

Tablo 4.6: Yaz Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Okul 1	86.63	*	0.4444	2.7336	1.3050	0.5140	8.5918	0.2621	0.0044	0.0124	0.1202	0.9121	*	0.1033	0.0781	0.0041	0.0715
Okul 2	83.10	*	0.7419	5.1289	0.4640	0.7291	7.1447	0.3804	0.0043	0.0071	0.1654	1.0398	*	0.0448	*	0.0006	0.0495
Okul 3	27.59	*	0.2931	1.7875	0.4563	0.2029	1.6831	0.0936	0.0008	0.0031	0.0404	0.2030	*	0.0185	*	0.0005	0.0597
Ofis 1	64.28	*	0.6082	4.0202	0.6897	0.7124	8.3283	0.4139	0.0032	0.0125	0.2379	1.5975	0.0027	0.0483	0.0469	0.0008	0.0480
Ofis 2	155.97	*	1.3590	7.5428	0.6732	1.1648	14.4755	0.8168	0.0080	0.0154	0.4366	3.4439	*	0.0452	0.4406	0.0063	0.2093
Ofis 3	138.47	*	0.3930	3.0926	0.9679	0.9843	8.7147	0.6389	0.0091	0.0290	0.7820	3.6388	*	0.0999	1.7856	0.0161	0.4812
Ofis 4	134.81	*	0.7805	5.2496	0.6176	0.8180	11.9533	0.5733	0.0058	0.0204	0.2555	2.1713	*	0.0426	0.0604	0.0009	0.0831
Ofis 5	67.74	*	0.6608	4.3645	0.5182	0.6565	9.9295	0.4052	0.0031	0.0134	0.2016	1.4774	*	0.0362	0.0850	0.0019	0.0751
Ofis 6	100.63	0.0332	1.1553	7.2407	0.2269	0.9531	12.0478	0.4827	0.0041	0.0138	0.2484	1.7608	0.0029	0.0373	*	0.0013	0.0128
Ofis 7	27.24	*	0.0801	0.7393	0.3442	0.1928	1.5079	0.0694	0.0014	0.0126	0.0883	0.1858	*	0.0364	0.0513	0.0010	0.0323
Ofis 8	66.56	0.0122	0.2329	1.7058	1.1667	0.4565	4.8759	0.2455	0.0021	0.0084	0.0975	0.8668	*	0.0224	*	0.0014	0.0332
Ofis 9	61.71	*	0.4087	2.4315	0.8104	0.4012	4.7698	0.2132	*	0.0061	0.0664	0.4073	*	0.0370	*	*	0.0147
Ofis 10	68.42	*	0.1942	2.1857	1.1145	0.4885	4.7770	0.2393	0.0021	0.0074	0.0889	0.8075	*	0.0223	*	0.0015	0.0308
Ev 1	58.93	*	0.3466	2.2229	0.4942	0.4634	4.1978	0.1542	0.0026	0.0254	0.1910	0.9499	*	0.0351	0.3714	0.0016	0.1783
Ev 2	67.74	*	0.5644	3.6362	0.4373	0.5196	8.2628	0.2541	0.0029	0.0070	0.1553	0.8484	*	0.0310	0.1115	0.0009	0.0697
Ev 3	33.82	*	0.3742	2.5563	0.3948	0.3715	3.8583	0.1961	0.0022	0.0125	0.0976	0.6282	*	0.0451	*	0.0015	0.0414
Ev 4	77.49	*	0.7948	4.7143	0.6930	0.6346	6.2606	0.3356	0.0037	0.0131	0.1922	1.4247	0.0022	0.0847	0.1711	0.0009	0.0945
Ev 5	42.47	*	0.0879	1.3536	0.4147	0.2156	2.0037	0.0798	0.0021	0.0085	0.1808	0.4041	0.0028	0.0526	0.2583	0.0030	0.1152
Ev 6	61.63	*	0.3906	2.4486	0.9039	0.4319	3.7023	0.2038	0.0020	0.0172	0.3427	1.3074	*	0.0507	0.6618	0.0060	0.2474
Ev 7	73.78	0.0147	0.4450	2.7129	0.8856	0.5924	5.0218	0.2469	0.0050	0.0114	0.1378	0.9459	*	0.0506	0.0560	0.0019	0.0806
Ev 8	93.71	*	0.4190	2.3620	0.6573	0.3385	3.6898	0.2043	0.0044	0.0049	0.0668	0.4734	*	0.0602	0.0124	0.0005	0.0271
Ev 9	47.75	*	0.3226	2.0106	0.7346	0.3220	3.5592	0.1462	0.0022	0.0048	0.0633	0.4728	*	0.0293	0.0072	0.0004	0.0504
Ev 10	61.26	*	0.5236	2.8830	0.8556	0.4753	4.3079	0.2098	0.0018	0.0078	0.0806	0.6747	*	0.0398	0.0254	0.0010	0.0723
Ev 11	88.69	*	0.3795	2.2822	0.6720	0.3979	4.4545	0.1948	0.0032	0.0092	0.1007	0.6472	*	0.0445	0.0258	0.0015	0.0424
Ev 12	53.50	*	0.2492	1.7772	0.6255	0.4046	2.7909	0.1414	0.0025	0.0081	0.0504	0.3914	0.0028	0.0434	0.0202	0.0005	0.0216
Ev 13	59.24	0.0324	0.3556	2.3888	0.5004	0.3887	3.7195	0.1769	0.0024	0.0073	0.0874	0.4944	0.0027	0.0928	0.0420	0.0005	0.0488
Ev 14	45.83	*	0.4151	2.3291	0.8589	0.4489	2.7727	0.1423	0.0014	0.0039	0.0552	0.4267	*	0.0282	*	0.0003	0.0083
Ev 15	32.92	*	0.3171	1.8031	0.3267	0.2621	3.0241	0.0814	0.0016	0.0086	0.0106	0.1994	*	0.0611	*	*	0.0368

*: Belirlenemedi

Tablo 4.7’de yaz mevsiminde okul, ofis ve evlerin iç ortamlarında ölçülen PM10 fraksiyonundaki partikül madde (PM10 kütlesi ve partiküldeki ağır metaller ve eser elementlerin konsantrasyonları) konsantrasyonları ortalama, maksimum ve minimum değerler şeklinde verilmektedir. Bu sayede PM10 kütleleri tespit edilen major ve eser elementlerin ortalama, maksimum ve minimum konsantrasyonları okullar, ofisler, evler ve tüm veri için ayrı ayrı incelenebilmiştir. Tablo 4.8’de yaz mevsimi için dış ortamlarda ölçülen PM10 fraksiyonundaki partikül madde konsantrasyonları ortalama, maksimum ve minimum değerler şeklinde verilmektedir. Tablo 4.9’da ise örneklenen partikül madde (PM10) konsantrasyonları için İç ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları görülmektedir.

İç Ortam Partikül Madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 4.7’de görüldüğü gibi $0.0011 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $2.6980 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. Tüm veri setinde major elementler, Si (1.3713), S (0.4904), K (0.3393), Fe (0.2630), Al (0.2130) sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir. Veri setinde eser elementler, Pb (0.0628), Zn (0.0610), Cu (0.0441) en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir.

Tablo 4.7 incelendiğinde toprak kaynaklı, Al elementinin ortalama iç ortam konsantrasyonu okullarda; 0.4571, ofislerde; 0.2443, evlerde; 0.1434, Si elementinin ortalama iç ortam konsantrasyonu okullarda; 3.0740, ofislerde; 1.4766, evlerde; 0.9605, Ca elementinin ortalama iç ortam konsantrasyonu okullarda; 10.387, ofislerde; 2.2261, evlerde; 1.4747, Ti elementinin ortalama iç ortam konsantrasyonu okullarda; 0.3594, ofislerde; 0.1157, evlerde; 0.0760, Fe elementinin ortalama iç ortam konsantrasyonu okullarda; 0.8699, ofislerde; 0.2850, evlerde; 0.1270 olarak belirlenmiştir. İnsan kaynaklı (antropojenik), As elementinin ortalama iç ortam konsantrasyonu okullarda; 0.0005, ofislerde; 0.0014, evlerde; 0.0011, Mg elementinin ortalama iç ortam konsantrasyonu okullarda; 0.0010, ofislerde; 0.0032, evlerde; 0.0047, Ni elementinin ortalama iç ortam konsantrasyonu okullarda; 0.0005, ofislerde; 0.0015, evlerde; 0.0038, Zn elementinin ortalama iç ortam konsantrasyonu okullarda; 0.0191, ofislerde; 0.0836, evlerde; 0.0542, Pb elementinin ortalama iç ortam konsantrasyonu okullarda; 0.0463, ofislerde; 0.0759, evlerde; 0.0574 olarak belirlenmiştir. PM10 iç ortam sonuçları dikkate alındığında toprak kaynaklı element

konsantrasyonlarının ofis ve evlere nazaran okullarda, insan kaynaklı element konsantrasyonlarının ise okullara nazaran ofis ve evlerde daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Okulların ölçüm yapılan iç ortamlarında (sınıflar) önemli insan kaynaklı kirletici kaynakları bulunmamaktadır. Ayrıca, okulların evler ve ofislere göre daha fazla pencere ve kapısının olması ve yaz mevsimi nedeniyle pencere ve giriş kapılarının genellikle açık olması nedeniyle okullar için toprak kaynaklı elementlerin dış ortamlardan iç ortamlara taşınımı daha kolay olmakta ve iç ortamlarda bu elementler birikebilmektedir. Ofis ve evlerin iç ortamlarında ise çeşitli antropojenik kirletici kaynakları bulunmaktadır. Bu nedenle ofis ve evlerde bulunan antropojenik kirleticilerin konsantrasyonları okullara göre daha yüksektir. Bununla birlikte, okullara nazaran dış ortama açık olan yüzey alanlarının daha az olması nedeniyle toprak kaynaklı element konsantrasyonları düşüktür.

Tablo 4.8'de dış ortam partikül madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonlarının $0.0010 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ni) ile $5.7295 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değiştiği görülmektedir. Tüm veri setinde major elementler, Si (3.0608), Fe (1.0286), S (0.6717), K (0.5193), Al (0.4763) sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir. Veri setinde eser elementler, Zn (0.1543), Pb (0.0834), Cu (0.0480) en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir.

Tablo 4.8 incelendiğinde ise İnsan kaynaklı Mg, Ni, Zn, As, Pb elementlerinin dış ortam konsantrasyonlarında iç ortam konsantrasyonlarında olduğu gibi ofis ve evlerde okullara nazaran daha yüksek bulunmuştur. Dış ortam konsantrasyonları toprak kaynaklı elementler açısından değerlendirildiğinde ise Al, Si, Ca, Ti, Fe elementleri için iç ortam konsantrasyonlarından farklı olarak okulların dış ortamlarında elde edilen konsantrasyonlar ev ve ofislere göre daha düşük bulunmuştur. Bu durumun daha iyi anlaşılabilmesi için Tablo 4.9'da verilen İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyonlarına bakıldığında PM10 kütlesi ve Al, Si, Ca, Ti, Fe gibi toprak kaynaklı elementlerin İç ortam/Dış Ortam oranlarının okullarda, ofis ve evlere göre daha yüksek ve özellikle Ca (2.53), Ti (1.92), Fe (1.48) elementleri için bu oranın 1'in üzerinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu elementler için okulların iç ortamlarında da kirletici kaynaklarının bulunduğu ve dış ortamdan iç ortama kapı ve pencereler vasıtasıyla taşınımın fazla olması nedeniyle iç ortamlarda birikim

olabileceği düşünülmektedir. Sınıflarda özellikle ders aralarında öğrenci hareketliliğinin çok fazla olması ile iç ortamda biriken elementler sirkülasyon ile yeniden havaya karışmaktadır. Okullarda kalsiyum elementinin iç ortam konsantrasyonunun dış ortama oranla bu kadar yüksek olması örnekleme yapılan okullarda kullanılan tebeşir ile ilişkilidir.

PM10 sonuçları incelendiğinde dış ortamda yüksek konsantrasyonlarda bulunan major elementlerin iç ortam konsantrasyon değerlerinin de yüksek olması yaz mevsimi nedeniyle örneklenen çevrelerde pencerelerin uzun süre açık kalması ile ilişkili olduğunu ve bu sayede incelenen elementlerin iç ortamlara taşınımının yüksek olduğunu göstermektedir. PM10 partikül fraksiyonunda tespit edilen elementlerin hangilerinin iç ortamlarda hangilerinin dış ortamlarda daha baskın olduğunu belirlemek için örneklenen okul, ofis ve evlerde ayrı ayrı İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları hesaplanmıştır (Tablo 4.9). Tüm veri seti ortalama konsantrasyonları göz önüne alındığında Ni, Pb, Cu dışındaki tüm elementler ve PM10 kütlesinin İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1'den küçük olduğu bulunmuştur. İç Ortam/Dış Ortam oranları PM10 kütlesi için 0.79, Ni için 1.92, Pb için 1,42, Cu için 1,09 ve diğer elementler için ise 0.37 (Fe) ile 0.92 (Mg) aralığında tespit edilmiştir. Bu durum PM10 partikül fraksiyonunda incelenen Ni, Pb ve Cu dışındaki tüm elementler için dış ortam kirletici kaynaklarının iç ortam kirletici kaynaklarına baskın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.7: Yaz Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	İÇ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	49.95 ± 28.70	142.82	22.84	101.91 ± 40.35	142.82	62.15	41.11 ± 12.77	65.3478	28.0019	45.46 ± 24.39	113.4671	22.8424
Mg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0038 ± 0.0073	0.0274	0.0010	0.0010 ± 0.0000	0.0010	0.0010	0.0032 ± 0.0071	0.0234	0.0010	0.0047 ± 0.0082	0.0274	0.0010
Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.2130 ± 0.1534	0.5350	0.0393	0.4571 ± 0.0582	0.5243	0.4216	0.2443 ± 0.1623	0.5350	0.0520	0.1434 ± 0.0965	0.3564	0.0393
Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.3713 ± 0.9018	3.6224	0.4019	3.0740 ± 0.5691	3.6224	2.4861	1.4766 ± 0.8971	3.1532	0.4019	0.9605 ± 0.4413	2.1224	0.4730
S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.4904 ± 0.1458	0.7512	0.2394	0.5313 ± 0.2283	0.6781	0.2683	0.4797 ± 0.1428	0.7512	0.2726	0.4894 ± 0.1415	0.7420	0.2394
K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.3393 ± 0.1684	0.9647	0.1611	0.5558 ± 0.3592	0.9647	0.2914	0.2965 ± 0.1117	0.4686	0.1611	0.3245 ± 0.1290	0.6238	0.1742
Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2.6980 ± 3.3595	17.4614	0.6613	10.387 ± 6.1567	17.4614	6.2421	2.2261 ± 1.3156	4.2834	0.6613	1.4747 ± 0.8989	4.4176	0.8343
Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1205 ± 0.1053	0.5368	0.0435	0.3594 ± 0.1656	0.5368	0.2088	0.1157 ± 0.0578	0.1887	0.0458	0.0760 ± 0.0309	0.1537	0.0435
V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0017 ± 0.0010	0.0047	0.0003	0.0025 ± 0.0013	0.0039	0.0014	0.0014 ± 0.0010	0.0033	0.0003	0.0017 ± 0.0010	0.0047	0.0006
Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0069 ± 0.0041	0.0193	0.0021	0.0068 ± 0.0028	0.0099	0.0044	0.0070 ± 0.0056	0.0193	0.0021	0.0068 ± 0.0034	0.0154	0.0031
Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0622 ± 0.0569	0.2237	0.0005	0.1414 ± 0.0470	0.1917	0.0984	0.0573 ± 0.0650	0.2237	0.0083	0.0497 ± 0.0409	0.1216	0.0005
Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.2630 ± 0.3229	1.4625	0.0005	0.8699 ± 0.5248	1.4625	0.4636	0.2850 ± 0.2752	0.8621	0.0420	0.1270 ± 0.1182	0.3934	0.0005
Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0026 ± 0.0048	0.0231	0.0005	0.0005 ± 0.0000	0.0005	0.0005	0.0015 ± 0.0011	0.0028	0.0005	0.0038 ± 0.0063	0.0231	0.0005
Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0441 ± 0.0154	0.0876	0.0207	0.0519 ± 0.0166	0.0675	0.0345	0.0451 ± 0.0157	0.0666	0.0207	0.0419 ± 0.0155	0.0876	0.0229
Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0610 ± 0.1473	0.7241	0.0010	0.0191 ± 0.0189	0.0392	0.0017	0.0836 ± 0.2257	0.7241	0.0010	0.0542 ± 0.0909	0.3012	0.0010
As ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0011 ± 0.0016	0.0074	0.0001	0.0005 ± 0.0004	0.0009	0.0001	0.0014 ± 0.0022	0.0074	0.0001	0.0011 ± 0.0012	0.0046	0.0001
Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0628 ± 0.0396	0.2284	0.0167	0.0463 ± 0.0271	0.0698	0.0167	0.0759 ± 0.0551	0.2284	0.0373	0.0574 ± 0.0274	0.1283	0.0209

Tablo 4.8: Yaz Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	DIŞ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70.78 ± 31.95	155.97	27.24	65.78 ± 33.12	86.63	27.59	88.58 ± 41.78	155.97	27.24	59.92 ± 18.2047	93.71	32.92
Mg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0042 ± 0.0087	0.0332	0.0010	0.0010 ± 0.0000	0.0010	0.0010	0.0053 ± 0.0104	0.0332	0.0010	0.0040 ± 0.0086	0.0324	0.0010
Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.4763 ± 0.2871	1.3590	0.0801	0.4931 ± 0.2283	0.7419	0.2931	0.5873 ± 0.4174	1.3590	0.0801	0.3990 ± 0.1558	0.7948	0.0879
Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.0608 ± 1.6470	7.5428	0.7393	3.2167 ± 1.7223	5.1289	1.7875	3.8573 ± 2.2856	7.5428	0.7393	2.4987 ± 0.8079	4.7143	1.3536
S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.6717 ± 0.2669	1.3050	0.2269	0.7417 ± 0.4878	1.3050	0.4563	0.7129 ± 0.3097	1.1667	0.2269	0.6303 ± 0.1940	0.9039	0.3267
K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.5193 ± 0.2411	1.1648	0.1928	0.4820 ± 0.2646	0.7291	0.2029	0.6828 ± 0.3027	1.1648	0.1928	0.4178 ± 0.1129	0.6346	0.2156
Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5.7295 ± 3.3758	14.4755	1.5079	5.8065 ± 3.6435	8.5918	1.6831	8.1380 ± 4.0937	14.4755	1.5079	4.1084 ± 1.5324	8.2628	2.0037
Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.2715 ± 0.1795	0.8168	0.0694	0.2454 ± 0.1441	0.3804	0.0936	0.4098 ± 0.2263	0.8168	0.0694	0.1845 ± 0.0660	0.3356	0.0798
V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0032 ± 0.0020	0.0091	0.0003	0.0032 ± 0.0021	0.0044	0.0008	0.0039 ± 0.0029	0.0091	0.0003	0.0027 ± 0.0010	0.0050	0.0014
Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0111 ± 0.0061	0.0290	0.0031	0.0075 ± 0.0047	0.0124	0.0031	0.0139 ± 0.0067	0.0290	0.0061	0.0100 ± 0.0055	0.0254	0.0039
Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1658 ± 0.1545	0.7820	0.0106	0.1087 ± 0.0633	0.1654	0.0404	0.2503 ± 0.2184	0.7820	0.0664	0.1208 ± 0.0826	0.3427	0.0106
Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.0286 ± 0.8679	3.6388	0.1858	0.7183 ± 0.4508	1.0398	0.2030	1.6357 ± 1.1785	3.6388	0.1858	0.6859 ± 0.3482	1.4247	0.1994
Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0010 ± 0.0009	0.0029	0.0005	0.0005 ± 0.0000	0.0005	0.0005	0.0010 ± 0.0010	0.0029	0.0005	0.0011 ± 0.0010	0.0028	0.0005
Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0480 ± 0.0224	0.1033	0.0185	0.0555 ± 0.0434	0.1033	0.0185	0.0428 ± 0.0218	0.0999	0.0223	0.0500 ± 0.0188	0.0928	0.0282
Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1543 ± 0.3564	1.7856	0.0010	0.0267 ± 0.0445	0.0781	0.0010	0.2474 ± 0.5564	1.7856	0.0010	0.1177 ± 0.1858	0.6618	0.0010
As ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0020 ± 0.0032	0.0161	0.0001	0.0017 ± 0.0021	0.0041	0.0005	0.0031 ± 0.0049	0.0161	0.0001	0.0014 ± 0.0015	0.0060	0.0001
Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0834 ± 0.0968	0.4812	0.0083	0.0602 ± 0.0110	0.0715	0.0495	0.1021 ± 0.1451	0.4812	0.0128	0.0757 ± 0.0638	0.2474	0.0083

Tablo 4.9: Yaz Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

	İÇ ORTAM / DIŞ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM10 Kütlesi	0.79 ± 0.46	2.25	0.26	1.71 ± 0.54	2.25	1.16	0.55 ± 0.27	1.10	0.26	0.76 ± 0.30	1.46	0.43
Mg	0.92 ± 0.38	1.91	0.03	1.00 ± 0.00	1.00	1.00	0.99 ± 0.44	1.91	0.03	0.84 ± 0.37	1.00	0.03
Al	0.49 ± 0.33	1.44	0.06	1.06 ± 0.44	1.44	0.57	0.48 ± 0.26	0.94	0.22	0.39 ± 0.23	0.85	0.06
Si	0.48 ± 0.29	1.39	0.14	1.08 ± 0.35	1.39	0.71	0.41 ± 0.21	0.80	0.18	0.41 ± 0.18	0.81	0.14
S	0.80 ± 0.32	1.81	0.49	0.85 ± 0.53	1.46	0.50	0.74 ± 0.20	1.20	0.49	0.84 ± 0.36	1.81	0.54
K	0.73 ± 0.33	1.44	0.26	1.19 ± 0.34	1.44	0.80	0.52 ± 0.32	1.20	0.26	0.78 ± 0.23	1.24	0.40
Ca	0.57 ± 0.87	4.43	0.14	2.53 ± 1.85	4.43	0.73	0.32 ± 0.22	0.87	0.14	0.36 ± 0.10	0.53	0.18
Ti	0.56 ± 0.64	3.55	0.16	1.92 ± 1.45	3.55	0.80	0.35 ± 0.23	0.86	0.16	0.43 ± 0.13	0.68	0.21
V	0.55 ± 0.32	1.78	0.17	1.06 ± 0.66	1.78	0.48	0.36 ± 0.10	0.46	0.17	0.57 ± 0.20	0.98	0.23
Cr	0.71 ± 0.37	1.68	0.14	1.03 ± 0.37	1.45	0.79	0.56 ± 0.38	1.15	0.14	0.75 ± 0.33	1.68	0.30
Mn	0.49 ± 0.63	3.32	0.03	1.77 ± 1.36	3.32	0.82	0.30 ± 0.37	1.28	0.03	0.36 ± 0.18	0.69	0.05
Fe	0.37 ± 0.51	2.28	0.03	1.48 ± 0.77	2.28	0.75	0.25 ± 0.33	1.14	0.04	0.21 ± 0.15	0.51	0.03
Ni	1.92 ± 1.71	5.79	0.92	1.00 ± 0.00	1.00	1.00	1.79 ± 1.60	4.77	0.92	2.24 ± 1.98	5.79	1.00
Cu	1.09 ± 0.65	2.97	0.32	1.44 ± 1.26	2.90	0.65	1.26 ± 0.78	2.97	0.53	0.91 ± 0.32	1.59	0.32
Zn	0.50 ± 0.44	1.71	0.02	1.10 ± 0.85	1.71	0.50	0.46 ± 0.43	1.00	0.02	0.45 ± 0.36	1.00	0.02
As	0.66 ± 0.91	5.04	0.19	0.35 ± 0.23	0.62	0.22	0.45 ± 0.12	0.67	0.29	0.87 ± 1.21	5.04	0.19
Pb	1.42 ± 1.53	7.18	0.28	0.81 ± 0.57	1.41	0.28	1.67 ± 1.45	4.80	0.39	1.37 ± 1.73	7.18	0.47

4.1.4. Partikül madde (PM2.5) ölçüm sonuçları

Ölçümü yapılan okul, ofis ve evlerin belirlenen iç ve dış ortamlarında ve kişilerde yaz mevsiminde yapılan Partikül Madde (PM2.5) örnekleme sonuçları sırasıyla Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12’de verilmektedir.

Tablo 4.10’da görüldüğü gibi örneklenen okul, ofis ve evlerin iç ortamlarına ilişkin elde edilen Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin konsantrasyonları $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $2.7655 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. PM2.5 kütlesi iç ortam veri setinde $12.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $94.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

Dış ortam Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin konsantrasyonları Tablo 4.11’de görüldüğü gibi $0.0004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $1.7845 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. PM2.5 kütlesi dış ortam veri setinde $4.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $50.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

Örnekleme yapılan tüm mikroçevrelerden belirlenen birer kişi ile yapılan kişisel örnekleme sonucu elde edilen Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin konsantrasyonları Tablo 4.12’de görüldüğü gibi $0.0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $2.7496 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. PM2.5 kütlesi kişisel örnekleme veri setinde $9.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $194.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

Tablo 4.10: Yaz Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Okul 1	22.26	*	0.1198	0.7134	0.5382	0.1345	1.6846	0.0378	0.0022	0.0047	0.0231	0.0529	*	0.0233	0.0337	0.0007	0.0307
Okul 2	25.00	*	0.1472	1.0360	0.2602	0.1588	2.7655	0.0797	0.0034	0.0022	0.0175	0.1327	*	0.0147	*	*	0.0462
Okul 3	17.59	*	0.0771	0.5452	0.1908	0.0956	1.9168	0.0490	0.0026	0.0010	0.0408	0.0337	*	0.0387	0.0163	*	0.0096
Ofis 1	15.48	*	0.0732	0.4780	0.4293	0.0891	0.3581	0.0348	0.0022	0.0059	*	*	0.0028	0.0121	*	0.0004	0.0166
Ofis 2	23.37	*	0.1608	0.8479	0.2878	0.1866	0.6247	0.0552	0.0034	0.0013	0.0213	0.1158	0.0024	0.0312	*	0.0006	0.0348
Ofis 3	16.85	*	0.0827	0.4306	0.3562	0.0792	0.2758	0.0367	0.0046	0.0074	0.0290	0.0571	*	0.0277	0.0540	0.0011	0.0400
Ofis 4	19.01	*	0.0609	0.4731	0.3708	0.0894	0.6430	0.0300	0.0028	0.0023	*	0.0475	*	0.0176	*	*	0.0397
Ofis 5	33.22	*	0.0901	0.5820	0.3885	0.1708	0.9578	0.0361	0.0024	0.0024	0.0218	0.0420	*	0.0153	0.0289	0.0007	0.0431
Ofis 6	23.71	*	0.1501	0.8922	0.1953	0.1616	1.1624	0.0482	0.0016	0.0043	0.0058	0.1163	0.0027	0.0320	*	0.0007	0.0348
Ofis 7	21.89	*	0.0108	0.1897	0.2766	0.1690	0.2581	0.0203	*	0.0016	0.0285	*	0.0026	0.0146	0.0068	0.0005	0.0319
Ofis 8	22.32	0.0234	0.0393	0.2612	0.6923	0.1055	0.2923	0.0155	*	0.0029	*	*	*	0.0222	*	0.0005	0.0368
Ofis 9	18.94	*	0.0884	0.5414	0.3836	0.1449	0.6232	0.0360	*	0.0035	0.0185	0.0549	0.0022	0.0217	0.0153	*	0.0323
Ofis 10	21.15	*	0.0347	0.2044	0.4356	0.0777	0.2762	0.0193	*	0.0032	*	*	*	0.0234	*	0.0004	0.0363
Ev 1	13.67	*	0.0703	0.4968	0.3288	0.1733	0.5625	0.0287	0.0060	0.0094	0.0637	0.1427	*	0.0124	0.1783	0.0008	0.0599
Ev 2	33.22	*	0.1214	0.7074	0.4192	0.2554	1.2952	0.0433	*	0.0025	0.0436	0.0839	*	0.0136	0.0578	*	0.0479
Ev 3	15.71	*	0.0060	0.1428	0.1746	0.0904	0.2175	0.0088	*	0.0020	0.0066	*	*	0.0315	*	*	0.0227
Ev 4	94.14	*	0.0101	0.3159	0.3268	0.5227	0.4129	0.0320	0.0041	0.0033	0.0904	*	0.0048	0.0188	0.0587	0.0004	0.0139
Ev 5	16.42	*	0.0301	0.7126	0.4193	0.1112	0.3556	0.0204	0.0036	0.0035	0.0571	0.0857	0.0027	0.0182	0.1677	0.0015	0.0534
Ev 6	20.13	*	0.0550	0.3331	0.6554	0.1103	0.3190	0.0377	0.0033	0.0073	0.0965	0.1995	*	0.0365	0.2716	0.0038	0.1036
Ev 7	40.60	*	0.0612	0.3217	0.4623	0.2614	0.3644	0.0313	0.0059	0.0032	0.0341	0.0140	*	0.0347	0.0109	0.0005	0.0126
Ev 8	32.67	*	0.1378	0.6796	0.6105	0.1898	0.6295	0.0657	0.0031	0.0013	0.0131	0.0846	*	0.0120	*	0.0002	0.0322
Ev 9	19.82	*	0.0449	0.2835	0.4596	0.1301	0.3523	0.0167	0.0017	0.0049	*	*	0.0025	0.0121	*	0.0002	0.0177
Ev 10	43.63	0.0183	0.0362	0.2803	0.4219	0.3302	0.3961	0.0290	0.0018	0.0013	0.0152	0.0108	0.0028	0.0225	*	0.0005	0.0142
Ev 11	25.03	0.0274	0.0544	0.3432	0.6117	0.1599	0.5430	0.0237	0.0030	0.0031	0.0279	0.0346	*	0.0290	0.0153	0.0009	0.0532
Ev 12	14.35	*	0.0236	0.2212	0.3616	0.1557	0.2672	0.0210	*	0.0015	0.0092	*	*	0.0179	*	0.0002	0.0321
Ev 13	49.75	*	0.0347	0.2632	0.2563	0.3921	0.3637	0.0233	0.0019	0.0009	0.0131	*	0.0028	0.0145	*	*	0.0029
Ev 14	15.26	*	0.0703	0.3796	0.4445	0.1469	0.2845	0.0310	0.0019	0.0006	*	0.0056	0.0026	0.0209	*	0.0002	0.0261
Ev 15	12.15	0.0132	0.0393	0.3207	0.5777	0.1888	0.4185	0.0288	0.0143	0.0045	*	*	0.0231	0.0257	*	0.0016	0.0179

*: Belirlenemedi

Tablo 4.11: Yaz Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi (µg/m ³)	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
		(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
Okul 1	22.85	*	0.1798	1.0082	0.5074	0.1497	0.9908	0.0613	0.0120	0.0043	0.0457	0.1881	*	0.0210	0.0519	0.0072	0.0337
Okul 2	23.95	*	0.1511	1.0790	0.3491	0.1819	1.5416	0.0999	0.0070	0.0032	0.0511	0.2033	*	0.0224	*	0.0007	0.0029
Okul 3	11.23	*	0.0596	0.3746	0.4146	0.0525	0.3065	0.0081	0.0034	0.0008	0.0126	*	*	0.0009	*	0.0009	0.0435
Ofis 1	23.50	*	0.0918	0.6408	0.3994	0.1426	0.8249	0.0630	0.0055	0.0023	0.0190	0.1188	0.0060	0.0175	*	0.0009	0.0180
Ofis 2	20.15	*	0.2110	1.1118	0.2355	0.1415	0.9513	0.0849	0.0038	0.0019	0.0269	0.2360	*	0.0050	*	0.0006	0.0168
Ofis 3	19.13	*	0.1245	0.6617	0.4300	0.0921	0.4291	0.0611	0.0110	0.0048	0.0296	0.1378	*	0.0494	0.0385	0.0020	0.0255
Ofis 4	18.55	*	0.1516	0.8907	0.4556	0.1111	1.0628	0.0620	0.0062	0.0047	0.0386	0.1333	*	0.0193	0.0238	0.0004	0.0370
Ofis 5	20.96	*	0.1247	0.7522	0.3785	0.1314	1.4078	0.0599	0.0076	0.0038	0.0390	0.1488	*	0.0162	0.0571	0.0026	0.0408
Ofis 6	16.92	0.0332	0.1355	0.8416	0.0809	0.1233	1.4144	0.0578	0.0047	0.0020	0.0380	0.1052	0.0063	0.0232	*	0.0022	*
Ofis 7	14.30	*	0.0035	0.1744	0.2773	0.0920	0.2617	0.0189	0.0042	0.0059	0.0540	0.0485	*	0.0234	0.0449	0.0020	0.0163
Ofis 8	25.56	*	0.1122	0.6025	0.9001	0.1370	0.6639	0.0390	0.0028	0.0033	0.0152	0.0828	*	0.0162	*	0.0016	0.0044
Ofis 9	20.50	*	0.1899	0.9370	0.6932	0.2211	0.9605	0.0766	0.0043	0.0017	0.0243	0.1765	*	0.0256	*	*	0.0112
Ofis 10	25.01	*	0.1260	0.7466	0.8601	0.1396	0.7506	0.0490	0.0033	0.0026	0.0170	0.0877	*	0.0204	*	0.0019	0.0066
Ev 1	21.65	*	0.1317	0.8365	0.4369	0.1735	1.0807	0.0603	0.0068	0.0134	0.1110	0.4172	*	0.0134	0.2736	0.0006	0.1145
Ev 2	20.96	*	0.1023	0.6402	0.3150	0.1551	1.7845	0.0597	0.0041	0.0030	0.0406	0.1682	*	0.0137	0.0912	*	0.0457
Ev 3	15.91	*	0.0371	0.3419	0.2966	0.1178	0.4990	0.0324	0.0045	0.0030	0.0281	0.0861	*	0.0034	*	0.0005	0.0246
Ev 4	50.47	*	0.0716	0.6436	0.3590	0.1439	0.9904	0.0474	0.0052	0.0063	0.0727	0.2246	0.0047	0.0130	0.1496	0.0009	0.0709
Ev 5	23.37	*	*	0.6480	0.3369	0.1090	0.4436	0.0298	0.0088	0.0043	0.0972	0.1769	0.0061	0.0194	0.1971	0.0049	0.0845
Ev 6	29.81	*	0.0665	0.4970	0.7405	0.1789	0.6207	0.0532	0.0085	0.0080	0.1844	0.5081	*	0.0208	0.4937	0.0121	0.1641
Ev 7	28.16	0.0147	0.1256	0.7477	0.7551	0.2090	0.8197	0.0610	0.0131	0.0044	0.0480	0.2034	*	0.0201	0.0462	0.0027	0.0565
Ev 8	30.95	*	0.2101	0.9859	0.5616	0.1712	1.1599	0.0988	0.0047	0.0014	0.0261	0.2124	*	0.0311	*	0.0007	0.0165
Ev 9	19.43	*	0.0610	0.3862	0.5899	0.1219	0.5888	0.0278	0.0037	0.0011	0.0170	0.0319	*	0.0085	*	0.0005	0.0255
Ev 10	22.54	*	0.1109	0.6266	0.7090	0.1951	0.6719	0.0452	0.0049	0.0017	0.0168	0.1032	*	0.0252	0.0254	0.0015	0.0558
Ev 11	20.80	*	0.0639	0.4228	0.5374	0.1231	1.0121	0.0457	0.0030	0.0039	0.0371	0.0886	*	0.0234	0.0203	0.0011	0.0214
Ev 12	20.36	*	0.0138	0.2532	0.5259	0.2185	0.5045	0.0354	0.0036	0.0044	0.0043	0.0768	0.0060	0.0013	*	0.0006	0.0059
Ev 13	20.90	0.0324	0.1364	0.7777	0.3898	0.1987	1.1178	0.0564	0.0045	0.0017	0.0272	0.1519	0.0059	0.0169	*	0.0005	0.0205
Ev 14	23.10	*	0.1453	0.7741	0.7627	0.2523	0.6245	0.0425	0.0038	0.0019	0.0195	0.1156	*	0.0165	*	0.0006	0.0040
Ev 15	4.67	*	0.0236	0.1324	0.2076	0.0330	0.1282	*	0.0059	0.0007	*	*	*	0.0306	*	*	*

*: Belirlenemedi

Tablo 4.12: Yaz Mevsiminde Kişisel Örneklemede Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Okul 1	58.25	0.1932	0.8929	1.5385	0.2377	1.2307	0.0366	0.0128	0.0139	0.0227	0.0835	0.0029	0.1250	0.0343	0.0027	0.0277
Okul 2	10.69	0.1095	0.7515	1.6505	0.3813	1.3125	0.0133	0.0108	0.0149	0.0242	*	0.0026	0.1119	0.0983	0.0022	0.0574
Okul 3	37.28	*	0.3136	0.2514	0.2654	2.1719	0.0506	0.0081	0.0158	0.0212	0.0932	0.0030	0.1323	0.0267	0.0009	0.0186
Ofis 1	48.57	*	0.4127	0.8942	0.0872	0.2419	0.0245	0.0075	0.0078	0.0083	*	0.0013	0.0407	0.0052	0.0008	0.0330
Ofis 2	72.86	0.4328	1.7254	1.1083	0.4332	1.8342	0.0853	0.0116	0.0248	0.0546	0.3869	0.0044	0.2119	0.0464	0.0009	0.0669
Ofis 3	45.31	0.3865	1.3453	1.8020	0.2561	0.5773	0.0585	0.0251	0.0167	0.1044	0.7515	0.0038	0.1222	0.2525	0.0235	0.1465
Ofis 4	28.96	0.0218	0.2948	0.9960	0.0658	0.2610	0.0336	0.0044	0.0041	0.0188	*	0.0010	0.0394	0.0013	0.0009	0.0367
Ofis 5	194.96	0.2351	1.3404	1.1389	0.4123	2.7496	0.0383	0.0052	0.0152	0.0150	*	0.0049	0.2223	0.0199	0.0063	0.0752
Ofis 6	25.15	0.1099	0.7788	0.6610	0.1700	0.8999	0.0570	0.0025	0.0104	0.0127	0.0130	0.0033	0.0926	0.0139	0.0009	0.0720
Ofis 7	106.73	*	0.1428	0.5361	0.1123	0.1985	0.0250	0.0028	0.0024	0.0334	*	0.0009	0.0284	0.0097	0.0012	0.0411
Ofis 8	39.21	0.0730	0.5985	2.0835	0.1768	0.9935	0.0331	0.0099	0.0101	0.0087	*	0.0024	0.0907	0.0048	0.0011	0.0218
Ofis 9	84.32	*	0.3535	0.9389	0.1785	0.6994	0.0294	0.0056	0.0088	0.0119	*	0.0013	0.0722	0.0086	0.0011	0.0317
Ofis 10	71.51	*	0.4149	1.2281	0.1099	0.5490	0.0302	0.0122	0.0075	0.0119	*	0.0018	0.0649	0.0050	0.0013	0.0308
Ev 1	148.77	*	0.3284	0.9744	0.0748	0.1960	0.0140	0.0048	0.0078	0.0157	*	0.0011	0.0394	0.0344	0.0012	0.0611
Ev 2	38.58	*	0.3693	0.6530	0.1344	0.4909	0.0340	0.0030	0.0063	0.0776	0.5769	0.0022	0.0801	0.0898	0.0083	0.0824
Ev 3	9.80	*	0.2443	0.8228	0.0670	0.2744	0.0958	0.0021	0.0067	0.0122	*	0.0011	0.0414	0.0110	0.0015	0.0418
Ev 4	95.53	*	0.1896	0.5586	0.0989	0.3223	0.0255	0.0096	0.0040	0.0221	*	0.0013	0.0293	0.0388	0.0017	0.0534
Ev 5	24.99	*	0.7595	0.9221	0.1121	0.2821	0.0271	0.0119	0.0094	0.0131	*	0.0021	0.0548	0.0296	0.0037	0.0423
Ev 6	51.92	0.0334	0.7277	1.6216	0.1677	0.9269	0.0437	0.0024	0.0137	0.0665	0.5436	0.0019	0.0937	0.0861	0.0086	0.0861
Ev 7	50.96	*	0.3139	1.1737	0.1086	0.4344	0.0411	0.0128	0.0086	0.0174	*	0.0016	0.0595	0.0396	0.0019	0.0415
Ev 8	68.18	*	0.4217	1.0663	0.1408	0.5453	0.0465	0.0031	0.0091	0.0075	*	0.0018	0.0567	0.0163	0.0016	0.0173
Ev 9	19.19	*	0.1262	0.5691	0.0265	0.1160	0.0144	0.0026	0.0043	0.0103	*	0.0008	0.0211	0.0104	0.0003	0.0488
Ev 10	61.05	*	0.1113	0.8665	0.0756	0.1912	0.0157	0.0044	0.0042	0.0132	*	0.0008	0.0394	0.0050	0.0012	0.0294
Ev 11	43.85	*	0.3419	1.5484	0.1021	0.4927	0.0317	0.0117	0.0073	0.0112	*	0.0015	0.0566	0.0215	0.0024	0.0565
Ev 12	12.48	*	0.0974	0.8341	0.0334	0.0604	0.0229	0.0044	0.0037	0.0122	*	0.0005	0.0192	0.0110	0.0006	0.0187
Ev 13	77.73	*	0.1620	0.7315	0.0457	0.0570	0.0182	0.0036	0.0030	0.0080	*	0.0007	0.0192	0.0111	0.0005	0.0150
Ev 14	61.81	0.1033	0.8603	1.1015	0.2132	1.1114	0.0627	0.0090	0.0131	0.0224	0.0882	0.0026	0.1026	0.0109	0.0009	0.0402
Ev 15	47.47	*	0.0009	1.5603	0.0730	0.2650	0.0350	0.0112	0.0048	0.0145	*	0.0012	0.0495	0.0124	0.0023	0.0170

*: Belirlenemedi

Tablo 4.13’de yaz mevsiminde iç ortamlarda ölçülen PM2.5 fraksiyonundaki partikül madde (PM2.5 kütlesi ve partiküldeki ağır metaller ve eser elementlerin konsantrasyonları) konsantrasyonları ortalama, maksimum ve minimum değerler şeklinde verilmektedir. Tablo 4.14’de Yaz mevsiminde dış ortamlarda ölçülen PM2.5 fraksiyonundaki partikül madde konsantrasyonları ortalama, maksimum ve minimum değerler olarak verilmektedir. 4.15’de ise Yaz mevsiminde yapılan kişisel örnekleme ile elde edilen PM2.5 fraksiyonundaki partikül madde ölçüm sonuçları ortalama, maksimum ve minimum konsantrasyonlar şeklinde verilmektedir. Tablo 4.16’da yaz mevsiminde örneklenen partikül madde (PM2.5) konsantrasyonları için İç ortam/Dış Ortam, Tablo 4.17’de Kişisel/İç Ortam ve Tablo 4.18’de Kişisel/Dış Ortam oranları görülmektedir.

İç ortam partikül madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 4.13’de görüldüğü gibi $0.0006 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $0.6650 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. Tüm veri setinde major elementler, Si (0.4642), S (0.4048), K (0.1743), Al (0.0690), Fe (0.0471) sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir. Veri setinde eser elementler, Pb (0.0337), Zn (0.0332), Cu (0.0220) en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir.

Tablo 4.14’de dış ortam partikül madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları $0.0016 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ni) ile $0.8433 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. Tüm veri setinde major elementler, Si (0.6620), S (0.4823), Fe (0.1512), K (0.1470), Al (0.1058) sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir. Veri setinde eser elementler, Zn (0.0546), Pb (0.0346), Cu (0.0185) Tablo 4.14’de gösterildiği gibi en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir.

Kişisel Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 4.15’de görüldüğü gibi $0.0020 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ni) ile $1.0654 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (S) arasında değişmektedir. Tüm veri setinde major elementler, Ca (0.6959), Si (0.5150), K (0.1557), Fe (0.0910), Al (0.0613) sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir. Veri setinde eser elementler, Cu (0.0756), Pb (0.0468), Zn (0.0341) en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir.

PM10 ve PM2.5 iç ve dış ortam örnekleme sonuçları arasında bazı benzerlik ve farklılıklar bulunmaktadır. PM10 partikül fraksiyonunda olduğu gibi toprak kaynaklı element konsantrasyonlarının ofis ve evlere nazaran okullarda, insan kaynaklı (antropojenik) element konsantrasyonlarının ise okullara nazaran ofis ve evlerde daha yüksek olduğu gözlenmiştir. PM10 örnekleme sonuçları ile benzer şekilde, PM2.5 fraksiyonundaki toprak kaynaklı major elementlerin hem dış ortamlarda, hem de önemli kirlenici kaynakları bulunmamasına rağmen iç ortamlarda yüksek düzeylerde bulunması yaz mevsimi nedeniyle örneklenen çevrelerde pencerelerin uzun süre açık kalması ile ilişkilidir. Ayrıca, sonuçlar değerlendirildiğinde özellikle toprak kaynaklı elementlerin PM2.5 partikül fraksiyonuna nazaran PM10 partikül fraksiyonunda tutunma eğilimi gösterdiği görülmektedir. PM2.5 partikülleri PM10 partiküllerinin bir alt sınıfı olup çalışma sonucunda özellikle Al, Si ve Ca gibi elementlerin toplam kütle içerisindeki büyük bir kısmının PM10 boyutunda bulunduğu, bunun yanında S, Cu, Zn, Pb gibi insan kaynaklı elementlerin toplam kütle içerisinde tutunma eğiliminin PM2.5 partiküllerinde ağırlık kazandığı söylenebilir.

PM10 örneklemesinden farklı olarak PM2.5 örneklemesinde ayrıca kişisel örnekleme yoluyla örnekleme yapılan her mikroçevreden belirlenen bir kişinin PM2.5 partiküllerine maruziyet düzeylerini de belirleme şansı bulunmuştur. Hem kişilerde hem de iç ortamlarda elde edilen PM2.5 maruziyet düzeylerinde iç ortamlar mı yoksa dış ortamlar mı daha baskın sorusuna cevap bulabilmek amacıyla okullar, evler ve ofisler için ayrı ayrı Kişisel/İç Ortam, Kişisel/Dış Ortam ve İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları hesaplanmıştır. Tablo 4.17'de görüldüğü gibi Kişisel/İç Ortam oranlarının toprak kaynaklı elementlerde 1 dolaylarında, insan kaynaklı elementlerde ise 2-3 dolaylarında olduğu görülmektedir. Özellikle S, V, Cr, Cu ve As gibi yanma kaynaklı elementlerin PM2.5 kişisel maruziyet düzeylerinin iç ortam maruziyet düzeylerinden oldukça yüksek olması gözlenen yüksek kişisel maruziyet düzeylerinde dış ortamların etkisini akla getirmektedir. Kişisel maruziyete dış ortamın etkisini daha net görebilmek için hesaplanan Kişisel/Dış Ortam oranlarını incelediğimizde ise bu oranların Kişisel/İç Ortam oranlarına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle kişisel maruziyete dış ortamın etkisinin iç ortamdaki daha fazla olduğu düşünülebilir. Ancak, S, V, Cr, Cu, As ve Pb gibi insan kaynaklı

elementlerin hem Kişisel/İç Ortam hem de Kişisel/Dış Ortam oranlarının 1'in üzerinde olduğu belirlenmiştir. İnsanlar vakitlerinin yaklaşık %80'lik bir kısmını iç ortamlarda geçirmektedirler. Bu nedenle iç ortamlarda bulunan çok sayıda kirletici kaynağın etkisinde kalmaktadırlar. Maruz kalınan bu iç ortam kirlilik düzeylerinin yanısıra dış ortamlardan da taşınım şeklinde iç ortamlara kirleticiler ulaşmakta ve maruziyet düzeylerini daha da artırmaktadırlar. Bu nedenle günlük faaliyetleri sırasında farklı iç ve dış ortamlarda bulunan kişilerin maruz kaldıkları kirlilik seviyeleri birçok element için iç ortam ve dış ortam kirlilik düzeylerinden daha fazla bulunmuştur. Bununla birlikte, elde edilen sonuçlar bazı kirleticiler için iç ortam ve dış ortam kaynaklarının dışında sigara içilmesi, yemek pişirilmesi gibi kişisel aktivitelerin de önemli kirletici kaynakları olarak sayılması gerektiğini göstermektedir.

PM2.5 partikül fraksiyonundaki elementler için tüm veri İç Ortam/Dış Ortam oranlarını hesapladığımızda 0.39 ile 1.35 aralığında değiştiği ve K (1.35), Cr (1.07), Cu (1.04), Pb (1,07) dışında 1'in altında olduğu görülmüştür. Bu durumda iç ortam PM2.5 kirlilik düzeylerine dış ortamın büyük bir katkısının olduğu söylenebilir. Elde edilen düşük PM2.5 kirlilik düzeylerine bakarak iç ortamdaki olası kirletici kaynaklarının hiç etkisinin olmadığı, iç ortam kirliliğinin sadece dış ortamlardan kirleticilerin iç ortama taşınımı şeklinde gerçekleştiği de düşünülmemelidir. İç ortamlarda da birçok partikül madde kaynağı bulunmaktadır. Bu durumu destekler şekilde toplam PM2.5 kütlesi için İç Ortam/Dış Ortam oranlarını hesapladığımızda 1'in üzerinde olduğu görülmektedir.

Kişisel Partikül Madde (PM2.5) sonuçları ile iç ve dış ortam partikül madde (PM2.5) sonuçları bazı elementler için farklılıklar göstermektedir. İç ve dış ortam PM2.5 sonuçları incelendiğinde en yüksek konsantrasyonlara sahip elementler sırasıyla Ca, Si ve S (Tablo 4.13 ve Tablo 4.14) iken Kişisel PM2.5 sonuçlarında (Tablo 4.15) ise sıralama değişerek S, Ca, Si şeklinde elde edilmiştir. Burada dikkati çeken nokta yanma kaynaklı S elementinin kişisel PM2.5 sonuçlarında en yüksek konsantrasyona sahip olmasıdır. Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi Türkiye'nin en küçük illerinden biri olan Kocaeli'nin, endüstri şehri olması sonucu aldığı göç ve artan nüfus yoğunluğu nedeniyle şehir atmosferi özellikle sanayi ve trafikten kaynaklanan

kirlilikten yoğun şekilde etkilenmektedir. Özellikle dizel yakıt kullanan şehir içi minibüs ve otobüslerin etkisiyle gün içerisinde farklı iç ve dış ortamlarda bulunan kişilerde elde edilen kişisel maruziyet sonuçları iç ve dış ortam sonuçları ile karşılaştırıldığında, kişisel örnekleme sonucunda yanma kaynaklı S elementinin toprak kaynaklı Ca ve Si elementlerine baskın çıkması durumu söz konusu olmuştur.

Tablo 4.13: Yaz Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	İÇ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM 2.5 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25.98 ± 16.32	94.14	12.15	21.61 ± 3.75	25.00	17.59	21.59 ± 4.91	33.2174	15.4784	29.77 ± 21.52	94.1441	12.1481
Mg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0038 ± 0.0073	0.0274	0.0010	0.0010 ± 0.0000	0.0010	0.0010	0.0032 ± 0.0071	0.0234	0.0010	0.0047 ± 0.0082	0.0274	0.0010
Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0690 ± 0.0443	0.1608	0.0060	0.1147 ± 0.0353	0.1472	0.0771	0.0791 ± 0.0478	0.1608	0.0108	0.0530 ± 0.0367	0.1378	0.0060
Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.4642 ± 0.2334	1.0360	0.1428	0.7649 ± 0.2494	1.0360	0.5452	0.4900 ± 0.2425	0.8922	0.1897	0.3868 ± 0.1792	0.7126	0.1428
S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.4048 ± 0.1391	0.6923	0.1746	0.3297 ± 0.1838	0.5382	0.1908	0.3816 ± 0.1321	0.6923	0.1953	0.4353 ± 0.1366	0.6554	0.1746
K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1743 ± 0.1005	0.5227	0.0777	0.1296 ± 0.0319	0.1588	0.0956	0.1274 ± 0.0432	0.1866	0.0777	0.2146 ± 0.1201	0.5227	0.0904
Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.6650 ± 0.5986	2.7655	0.2175	2.1223 ± 0.5690	2.7655	1.6846	0.5472 ± 0.3161	1.1624	0.2581	0.4521 ± 0.2589	1.2952	0.2175
Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0336 ± 0.0155	0.0797	0.0088	0.0555 ± 0.0217	0.0797	0.0378	0.0332 ± 0.0126	0.0552	0.0155	0.0294 ± 0.0131	0.0657	0.0088
V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0028 ± 0.0028	0.0143	0.0003	0.0028 ± 0.0006	0.0034	0.0022	0.0018 ± 0.0015	0.0046	0.0003	0.0034 ± 0.0035	0.0143	0.0003
Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0033 ± 0.0022	0.0094	0.0006	0.0026 ± 0.0019	0.0047	0.0010	0.0035 ± 0.0019	0.0074	0.0013	0.0033 ± 0.0024	0.0094	0.0006
Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0243 ± 0.0260	0.0965	0.0005	0.0272 ± 0.0121	0.0408	0.0175	0.0127 ± 0.0122	0.0290	0.0005	0.0315 ± 0.0322	0.0965	0.0005
Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0471 ± 0.0544	0.1995	0.0005	0.0731 ± 0.0525	0.1327	0.0337	0.0436 ± 0.0450	0.1163	0.0005	0.0443 ± 0.0620	0.1995	0.0005
Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0022 ± 0.0043	0.0231	0.0005	0.0005 ± 0.0000	0.0005	0.0005	0.0015 ± 0.0011	0.0028	0.0005	0.0030 ± 0.0057	0.0231	0.0005
Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0220 ± 0.0081	0.0387	0.0120	0.0256 ± 0.0121	0.0387	0.0147	0.0218 ± 0.0070	0.0320	0.0121	0.0213 ± 0.0084	0.0365	0.0120
Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0332 ± 0.0654	0.2716	0.0010	0.0170 ± 0.0164	0.0337	0.0010	0.0111 ± 0.0177	0.0540	0.0010	0.0512 ± 0.0851	0.2716	0.0010
As ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0006 ± 0.0007	0.0038	0.0001	0.0003 ± 0.0004	0.0007	0.0001	0.0005 ± 0.0003	0.0011	0.0001	0.0007 ± 0.0010	0.0038	0.0001
Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0337 ± 0.0198	0.1036	0.0029	0.0288 ± 0.0184	0.0462	0.0096	0.0346 ± 0.0072	0.0431	0.0166	0.0340 ± 0.0259	0.1036	0.0029

Tablo 4.14: Yaz Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	DIŞ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM 2.5 Kütleli ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21.99 ± 7.70	50.47	4.67	19.34 ± 7.05	23.95	11.23	20.46 ± 3.53	25.5640	14.2957	23.54 ± 9.67	50.4690	4.6656
Mg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0038 ± 0.0086	0.0332	0.0010	0.0010 ± 0.0000	0.0010	0.0010	0.0042 ± 0.0102	0.0332	0.0010	0.0040 ± 0.0086	0.0324	0.0010
Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1058 ± 0.0591	0.2110	0.0010	0.1301 ± 0.0628	0.1798	0.0596	0.1271 ± 0.0562	0.2110	0.0035	0.0867 ± 0.0576	0.2101	0.0010
Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.6620 ± 0.2637	1.1118	0.1324	0.8206 ± 0.3879	1.0790	0.3746	0.7359 ± 0.2505	1.1118	0.1744	0.5809 ± 0.2365	0.9859	0.1324
S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.4823 ± 0.2063	0.9001	0.0809	0.4237 ± 0.0796	0.5074	0.3491	0.4711 ± 0.2678	0.9001	0.0809	0.5016 ± 0.1839	0.7627	0.2076
K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1470 ± 0.0501	0.2523	0.0330	0.1280 ± 0.0674	0.1819	0.0525	0.1332 ± 0.0364	0.2211	0.0920	0.1601 ± 0.0543	0.2523	0.0330
Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.8433 ± 0.4005	1.7845	0.1282	0.9463 ± 0.6188	1.5416	0.3065	0.8727 ± 0.3743	1.4144	0.2617	0.8031 ± 0.4000	1.7845	0.1282
Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0514 ± 0.0233	0.0999	0.0010	0.0564 ± 0.0461	0.0999	0.0081	0.0572 ± 0.0185	0.0849	0.0189	0.0464 ± 0.0215	0.0988	0.0010
V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0057 ± 0.0027	0.0131	0.0028	0.0075 ± 0.0043	0.0120	0.0034	0.0053 ± 0.0024	0.0110	0.0028	0.0057 ± 0.0027	0.0131	0.0030
Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0036 ± 0.0026	0.0134	0.0007	0.0028 ± 0.0018	0.0043	0.0008	0.0033 ± 0.0014	0.0059	0.0017	0.0039 ± 0.0033	0.0134	0.0007
Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0408 ± 0.0377	0.1844	0.0005	0.0365 ± 0.0208	0.0511	0.0126	0.0302 ± 0.0122	0.0540	0.0152	0.0487 ± 0.0493	0.1844	0.0005
Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1512 ± 0.1093	0.5081	0.0005	0.1306 ± 0.1129	0.2033	0.0005	0.1275 ± 0.0529	0.2360	0.0485	0.1710 ± 0.1361	0.5081	0.0005
Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0016 ± 0.0022	0.0063	0.0005	0.0005 ± 0.0000	0.0005	0.0005	0.0016 ± 0.0024	0.0063	0.0005	0.0019 ± 0.0024	0.0061	0.0005
Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0185 ± 0.0100	0.0494	0.0009	0.0148 ± 0.0120	0.0224	0.0009	0.0216 ± 0.0113	0.0494	0.0050	0.0171 ± 0.0087	0.0311	0.0013
Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0546 ± 0.1085	0.4937	0.0010	0.0180 ± 0.0294	0.0519	0.0010	0.0170 ± 0.0222	0.0571	0.0010	0.0869 ± 0.1409	0.4937	0.0010
As ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0018 ± 0.0025	0.0121	0.0001	0.0029 ± 0.0037	0.0072	0.0007	0.0014 ± 0.0009	0.0026	0.0001	0.0018 ± 0.0031	0.0121	0.0001
Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0346 ± 0.0372	0.1641	0.0010	0.0267 ± 0.0212	0.0435	0.0029	0.0178 ± 0.0133	0.0408	0.0010	0.0474 ± 0.0458	0.1641	0.0010

Tablo 4.15: Yaz Mevsiminde Kişisel Örneklemede Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	KİŞİSEL											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM 2.5 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	58.43 ± 40.98	194.96	9.80	35.41 ± 23.83	58.25	10.70	71.76 ± 50.40	194.96	25.15	54.15 ± 35.57	148.77	9.80
Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0613 ± 0.1164	0.4328	0.0010	0.1012 ± 0.0964	0.1932	0.0010	0.1263 ± 0.1668	0.4328	0.0010	0.0100 ± 0.0271	0.1033	0.0010
Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.5150 ± 0.4217	1.7254	0.0009	0.6527 ± 0.3021	0.8929	0.3136	0.7407 ± 0.5412	1.7254	0.1428	0.3370 ± 0.2592	0.8603	0.0009
S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.0654 ± 0.4347	2.0835	0.2514	1.1468 ± 0.7775	1.6505	0.2514	1.1387 ± 0.4776	2.0835	0.5361	1.0003 ± 0.3487	1.6216	0.5586
K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1557 ± 0.1099	0.4332	0.0265	0.2948 ± 0.0762	0.3813	0.2377	0.2002 ± 0.1295	0.4332	0.0658	0.0983 ± 0.0509	0.2132	0.0265
Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.6959 ± 0.6637	2.7496	0.0570	1.5717 ± 0.5214	2.1719	1.2307	0.9004 ± 0.8099	2.7496	0.1985	0.3844 ± 0.3014	1.1114	0.0570
Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0373 ± 0.0201	0.0958	0.0133	0.0335 ± 0.0188	0.0506	0.0133	0.0415 ± 0.0195	0.0853	0.0245	0.0352 ± 0.0216	0.0958	0.0140
V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0077 ± 0.0051	0.0251	0.0021	0.0105 ± 0.0023	0.0128	0.0081	0.0087 ± 0.0067	0.0251	0.0025	0.0064 ± 0.0040	0.0128	0.0021
Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0092 ± 0.0052	0.0248	0.0024	0.0149 ± 0.0010	0.0158	0.0139	0.0108 ± 0.0066	0.0248	0.0024	0.0071 ± 0.0033	0.0137	0.0030
Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0240 ± 0.0234	0.1044	0.0075	0.0227 ± 0.0015	0.0242	0.0212	0.028 ± 0.0304	0.1044	0.0083	0.0216 ± 0.0210	0.0776	0.0075
Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0910 ± 0.2050	0.7515	0.0005	0.0591 ± 0.0509	0.0932	0.0005	0.1155 ± 0.2541	0.7515	0.0005	0.0810 ± 0.1960	0.5769	0.0005
Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0020 ± 0.0011	0.0049	0.0005	0.0028 ± 0.0002	0.0030	0.0026	0.0025 ± 0.0015	0.0049	0.0009	0.0014 ± 0.0006	0.0026	0.0005
Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0756 ± 0.0520	0.2223	0.0192	0.1231 ± 0.0103	0.1323	0.1119	0.0985 ± 0.0686	0.2223	0.0284	0.0508 ± 0.0257	0.1026	0.0192
Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0341 ± 0.0501	0.2525	0.0013	0.0531 ± 0.0393	0.0983	0.0267	0.0367 ± 0.0769	0.2525	0.0013	0.0285 ± 0.0266	0.0898	0.0050
As ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0029 ± 0.0046	0.0235	0.0003	0.0019 ± 0.0009	0.0027	0.0009	0.0038 ± 0.0071	0.0235	0.0008	0.0024 ± 0.0026	0.0086	0.0003
Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0468 ± 0.0283	0.1465	0.0150	0.0346 ± 0.0203	0.0574	0.0186	0.0556 ± 0.0372	0.1465	0.0218	0.0434 ± 0.0223	0.0861	0.0150

Tablo 4.16: Yaz Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

	İÇ ORTAM / DIŞ ORTAM											
	Tüm Data			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM2.5 Kütleli	1.21 ± 0.52	2.60	0.63	1.19 ± 0.32	1.57	0.97	1.09 ± 0.32	1.59	0.66	1.30 ± 0.65	2.60	0.63
Mg	0.88 ± 0.32	1.00	0.03	1.00 ± 0.00	1.00	1.00	0.89 ± 0.32	1.00	0.03	0.84 ± 0.37	1.00	0.03
Al	0.80 ± 0.61	3.03	0.14	0.82 ± 0.22	0.97	0.67	0.86 ± 0.80	3.03	0.28	0.72 ± 0.50	1.71	0.14
Si	0.77 ± 0.42	2.42	0.27	1.04 ± 0.38	1.46	0.71	0.69 ± 0.26	1.09	0.27	0.77 ± 0.51	2.42	0.34
S	0.97 ± 0.52	2.78	0.46	0.76 ± 0.30	1.06	0.46	1.02 ± 0.54	2.41	0.51	0.98 ± 0.56	2.78	0.58
K	1.35 ± 1.07	5.73	0.56	1.20 ± 0.54	1.82	0.87	1.00 ± 0.42	1.84	0.56	1.61 ± 1.37	5.73	0.58
Ca	0.95 ± 1.20	6.25	0.33	3.25 ± 2.60	6.25	1.70	0.63 ± 0.19	0.99	0.37	0.71 ± 0.72	3.26	0.33
Ti	0.81 ± 1.06	6.06	0.27	2.49 ± 3.09	6.06	0.62	0.61 ± 0.21	1.07	0.39	0.59 ± 0.13	0.73	0.27
V	0.49 ± 0.47	2.44	0.07	0.48 ± 0.29	0.77	0.19	0.31 ± 0.25	0.88	0.07	0.60 ± 0.58	2.44	0.07
Cr	1.07 ± 0.87	4.38	0.27	1.00 ± 0.27	1.21	0.70	1.25 ± 0.79	2.58	0.27	0.95 ± 1.01	4.38	0.32
Mn	0.84 ± 0.67	3.23	0.15	1.36 ± 1.62	3.23	0.34	0.63 ± 0.29	0.98	0.15	0.83 ± 0.48	2.14	0.23
Fe	0.39 ± 0.24	1.10	0.05	0.47 ± 0.26	0.65	0.28	0.49 ± 0.31	1.10	0.28	0.30 ± 0.18	0.50	0.05
Ni	0.89 ± 0.22	1.01	0.42	1.00 ± 0.00	1.00	1.00	0.84 ± 0.27	1.00	0.42	0.89 ± 0.23	1.01	0.45
Cu	1.04 ± 0.36	1.76	0.39	0.88 ± 0.32	1.11	0.66	0.94 ± 0.30	1.38	0.56	1.13 ± 0.39	1.76	0.39
Zn	0.79 ± 0.33	1.40	0.04	0.82 ± 0.25	1.00	0.65	0.79 ± 0.45	1.40	0.04	0.79 ± 0.26	1.00	0.24
As	0.44 ± 0.33	1.39	0.10	0.12 ± 0.02	0.15	0.10	0.47 ± 0.31	1.07	0.22	0.48 ± 0.35	1.39	0.20
Pb	1.07 ± 0.80	2.89	0.14	0.57 ± 0.49	0.91	0.22	1.65 ± 0.71	2.89	0.92	0.81 ± 0.73	2.48	0.14

Tablo 4.17: Yaz Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin Kişisel/İç Ortam Konsantrasyon Oranları

	KİŞİSEL / İÇ ORTAM											
	Tüm Data			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM2.5 Kütlesi	2.29 ± 1.41	5.87	0.43	1.72 ± 1.15	2.62	0.43	3.19 ± 1.54	5.87	1.06	1.77 ± 1.06	4.05	0.62
Al	0.82 ± 0.93	2.69	0.03	1.18 ± 0.61	1.61	0.74	1.39 ± 1.15	2.69	0.09	0.31 ± 0.51	1.47	0.03
Si	1.17 ± 0.76	3.12	0.40	0.85 ± 0.36	1.25	0.58	1.55 ± 0.90	3.12	0.62	0.96 ± 0.64	2.27	0.40
S	2.74 ± 1.12	6.34	1.24	3.51 ± 2.57	6.34	1.32	3.02 ± 0.91	5.06	1.94	2.40 ± 0.81	4.71	1.24
K	1.12 ± 0.86	3.23	0.12	2.31 ± 0.51	2.78	1.77	1.57 ± 0.84	3.23	0.66	0.59 ± 0.44	1.52	0.12
Ca	1.23 ± 1.05	3.91	0.16	0.78 ± 0.33	1.13	0.47	1.70 ± 1.10	3.40	0.41	1.01 ± 1.04	3.91	0.16
Ti	1.09 ± 0.44	2.14	0.17	0.72 ± 0.48	1.03	0.17	1.30 ± 0.42	2.14	0.70	1.03 ± 0.41	2.02	0.49
V	2.94 ± 2.03	9.33	0.73	3.98 ± 1.50	5.72	3.07	3.85 ± 2.78	9.33	1.53	2.14 ± 1.31	4.72	0.73
Cr	3.32 ± 3.00	15.42	1.08	8.36 ± 6.39	15.42	2.96	2.20 ± 0.66	3.44	1.33	2.81 ± 1.47	6.83	1.08
Mn	1.23 ± 0.89	3.59	0.40	0.75 ± 0.33	0.98	0.52	1.81 ± 1.18	3.59	0.64	0.96 ± 0.40	1.86	0.40
Fe	1.37 ± 0.87	3.34	0.11	2.17 ± 0.84	2.77	1.58	1.24 ± 1.09	3.34	0.11	1.25 ± 0.65	2.73	1.00
Ni	2.07 ± 2.03	6.00	0.27	5.69 ± 0.38	6.00	5.27	1.03 ± 0.64	1.85	0.47	1.32 ± 1.20	3.80	0.27
Cu	3.08 ± 1.62	7.60	1.07	5.46 ± 2.10	7.60	3.42	3.13 ± 0.85	4.41	1.94	2.58 ± 1.49	5.88	1.07
Zn	1.38 ± 1.29	4.68	0.18	1.33 ± 0.44	1.64	1.02	1.74 ± 1.69	4.68	0.56	1.13 ± 1.23	3.62	0.18
As	3.55 ± 2.47	9.03	1.21	6.29 ± 3.83	9.00	3.59	3.74 ± 3.18	9.03	1.21	2.97 ± 1.45	6.43	1.40
Pb	1.72 ± 1.14	5.24	0.54	1.36 ± 0.53	1.94	0.90	1.60 ± 0.90	3.67	0.59	1.87 ± 1.37	5.24	0.54

Tablo 4.18: Yaz Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin Kişisel/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

	KİŞİSEL / DIŞ ORTAM											
	Tüm Data			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM2.5 Kütlesi	2.56 ± 1.98	9.30	0.45	2.11 ± 1.49	3.32	0.45	3.64 ± 2.69	9.30	1.49	1.85 ± 0.89	3.72	0.61
Al	0.63 ± 0.87	3.11	0.01	0.61 ± 0.54	1.07	0.02	0.99 ± 1.10	3.11	0.01	0.17 ± 0.37	1.00	0.01
Si	0.75 ± 0.50	2.03	0.01	0.81 ± 0.10	0.89	0.70	1.00 ± 0.59	2.03	0.33	0.57 ± 0.41	1.46	0.01
S	2.66 ± 1.78	8.17	0.61	2.79 ± 2.07	4.73	0.61	3.15 ± 2.08	8.17	1.35	2.30 ± 1.55	7.52	0.96
K	1.26 ± 1.11	5.05	0.15	2.91 ± 1.87	5.05	1.59	1.57 ± 1.02	3.14	0.59	0.72 ± 0.50	2.21	0.15
Ca	1.03 ± 1.34	7.09	0.05	3.06 ± 3.49	7.09	0.85	1.01 ± 0.63	1.95	0.25	0.63 ± 0.63	2.07	0.05
Ti	0.96 ± 1.19	6.25	0.13	2.33 ± 3.40	6.25	0.13	0.77 ± 0.31	1.33	0.38	0.80 ± 0.69	2.96	0.23
V	1.49 ± 1.05	3.94	0.28	1.65 ± 0.66	2.36	1.06	1.79 ± 1.27	3.75	0.53	1.26 ± 0.94	3.94	0.28
Cr	3.02 ± 2.00	7.44	0.41	8.85 ± 8.52	18.65	3.22	3.05 ± 1.72	5.14	0.41	2.87 ± 2.27	7.44	0.58
Mn	0.82 ± 0.85	3.53	0.13	0.88 ± 0.69	1.68	0.47	0.96 ± 1.03	3.53	0.33	0.71 ± 0.77	2.82	0.13
Fe	0.67 ± 1.37	5.45	0.00	0.22 ± 0.31	0.44	0.00	0.73 ± 1.74	5.45	0.00	0.70 ± 1.12	3.43	0.00
Ni	1.99 ± 2.23	6.00	0.08	5.69 ± 0.38	6.00	5.27	0.85 ± 0.84	1.80	0.22	0.89 ± 0.88	2.20	0.08
Cu	3.04 ± 1.48	5.95	1.13	5.47 ± 0.68	5.95	4.99	2.96 ± 1.35	5.62	1.21	2.70 ± 1.33	5.85	1.13
Zn	0.46 ± 0.34	1.06	0.06	0.66 ± 0.00	0.66	0.66	0.21 ± 0.15	0.35	0.06	0.48 ± 0.41	1.06	0.13
As	2.14 ± 2.84	11.97	0.37	1.53 ± 1.52	3.26	0.37	3.22 ± 4.35	11.97	0.40	1.46 ± 0.82	3.09	0.65
Pb	1.96 ± 1.56	5.74	0.43	0.62 ± 0.28	0.82	0.43	3.26 ± 1.63	5.74	0.99	1.27 ± 0.89	3.15	0.50

4.1.5. İnorganik gaz kirleticilerin pasif örnekleme sonuçları

Çalışma kapsamında yaz mevsiminde okul, ofis ve evlerde günlük olarak yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ pasif örneklemesine ait iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet örnekleme sonuçları günlük ortalama konsantrasyonlar (µg/m³) şeklinde sırasıyla Tablo 4.19, Tablo 4.20 ve Tablo 4.21’de verilmektedir. Pasif örnekleme çalışması okullarda 4 noktada (kişi, sınıf, idareci odası ve dış ortam), ofislerde 3 noktada (kişi, iç ortam ve dış ortam), evlerde ise 5 noktada (kişi, mutfak, oturma odası, yatak odası ve dış ortam) gerçekleştirilmiştir. Ayrıca belirlenen 5 evde; ev hanımları ve aynı evde yaşayan ancak çalışan kişiler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.19: Okullarda Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Okul 1	Kişi	53.02	14.25	7.5
	Sınıf	36.68	11.61	6.79
	İdareci Odası	50.8	4.95	4.29
	Dış Ortam	58.36	45.61	38.65
Okul 2	Kişi	33.8	6.65	12.19
	Sınıf	26.49	6.55	17.85
	İdareci Odası	22.71	2.57	7.22
	Dış Ortam	16.04	62.3	57.72
Okul 3	Kişi	14.01	1.07	17.28
	Sınıf	3.5	1.34	11.45
	İdareci Odası	6.35	0.71	9.48
	Dış Ortam	2.5	2.17	71.84

Tablo 4.20: Ofislerde Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Ofis 1	Kişi	38.78	3.28	5.21
	İç Ortam	28.97	2.41	3.75
	Dış Ortam	30	6.26	34.94
Ofis 2	Kişi	42.39	2.54	4.99
	İç Ortam	51.27	3.62	3.85
	Dış Ortam	74.37	107.94	10.52
Ofis 3	Kişi	60.44	9.93	4.69
	İç Ortam	96.99	13.15	3.41
	Dış Ortam	64.92	48.76	24.53
Ofis 4	Kişi	32.28	1.07	16.45
	İç Ortam	23.07	1.89	13.32
	Dış Ortam	24.76	3.28	65.22
Ofis 5	Kişi	34.89	2.52	5.85
	İç Ortam	33.69	4.48	3.49
	Dış Ortam	30.78	13.49	22.2
Ofis 6	Kişi	36.45	3.64	5.22
	İç Ortam	30.64	2.75	3.63
	Dış Ortam	40.98	10.85	29.64
Ofis 7	Kişi	31.85	3.98	3.12
	İç Ortam	36.32	3.46	2.29
	Dış Ortam	12.61	8.67	36.18
Ofis 8	Kişi	44.95	2.15	7.85
	İç Ortam	55.16	3.69	5.61
	Dış Ortam	43.6	5.53	54.09
Ofis 9	Kişi	20.85	3.28	6.37
	İç Ortam	12.5	3.09	3.84
	Dış Ortam	17.43	3.48	72.03
Ofis 10	Kişi	42.53	3.77	6.26
	İç Ortam	65.33	3.3	2.07
	Dış Ortam	41.64	5.11	52.51

Tablo 4.21: Evlerde Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Ev 1	Kişi (Çalışan)	35.95	7.91	10.15
	Kişi (Ev Hanımı)	44.22	6.16	8.95
	Mutfak	60.39	7.36	5.12
	Oturma Odası	38.56	3.62	5.38
	Yatak Odası	29.78	4.77	2.16
	Dış Ortam	33.24	13.81	55.41
Ev 2	Kişi (Ev Hanımı)	44.84	1.18	6.69
	Mutfak	56.21	0.86	2.82
	Oturma Odası	25.12	2.38	3.89
	Yatak Odası	24.2	0.68	7.92
	Dış Ortam	28.59	4.22	47.24
Ev 3	Kişi (Ev Hanımı)	40.48	1.7	5.11
	Mutfak	75.88	1.18	2.03
	Oturma Odası	34.93	2.17	3.19
	Yatak Odası	21.13	1.1	2.27
	Dış Ortam	25.85	5.11	47.88
Ev 4	Kişi (Ev Hanımı)	41.85	2.04	4.52
	Mutfak	73.51	0.66	3.57
	Oturma Odası	36.17	2.67	3.32
	Yatak Odası	34.05	4.06	2.25
	Dış Ortam	19.85	5.55	15.34
Ev 5	Kişi (Çalışan)	24.72	4.32	11.95
	Kişi (Ev Hanımı)	31.6	3.28	4.27
	Mutfak	43.52	3.25	3.61
	Oturma Odası	26.83	2.41	3.93
	Yatak Odası	28.43	1.55	3.25
	Dış Ortam	20.59	4.19	32.45
Ev 6	Kişi (Ev Hanımı)	40.95	2.59	5.42
	Mutfak	36.89	3.04	2.38
	Oturma Odası	38.99	1.75	3.55
	Yatak Odası	22.92	1.73	1.55
	Dış Ortam	24.83	13.41	32.17
Ev 7	Kişi (Çalışan)	31.1	7.47	7.69
	Kişi (Ev Hanımı)	41.72	4.95	3.74
	Mutfak	37.45	4.32	2.15
	Oturma Odası	45.46	4.14	1.56
	Yatak Odası	32.54	3.09	1.42
	Dış Ortam	29.22	28.82	22.48
Ev 8	Kişi (Çalışan)	27.02	6.31	8.59
	Kişi (Ev Hanımı)	50.67	4.04	5.03
	Mutfak	65.54	2.72	2.28
	Oturma Odası	45.35	4.32	3.32
	Yatak Odası	40.21	2.93	2.46
	Dış Ortam	43.84	6.31	31.62

Tablo 4.21: (Devamı) Evlerde Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Ev 9	Kişi (Ev Hanımı)	41.91	1.94	7.94
	Mutfak	60.35	1.47	5.87
	Oturma Odası	47.49	2.67	6.85
	Yatak Odası	40.27	1.81	6.01
	Dış Ortam	22.11	3.46	36.52
Ev 10	Kişi (Ev Hanımı)	50.57	1.18	17.56
	Mutfak	38.82	2.36	10.32
	Oturma Odası	38.45	1.97	15.57
	Yatak Odası	39.95	1.1	12.42
	Dış Ortam	25.93	2.38	36.53
Ev 11	Kişi (Ev Hanımı)	39.76	5.16	4.65
	Mutfak	57.75	2.33	2.64
	Oturma Odası	48.28	4.74	2.87
	Yatak Odası	54.48	2.52	3.13
	Dış Ortam	46.23	16.38	26.12
Ev 12	Kişi (Ev Hanımı)	34.25	2.93	4.86
	Mutfak	30.91	1.49	3.58
	Oturma Odası	28.43	2.23	3.81
	Yatak Odası	24.59	1.21	2.64
	Dış Ortam	18.2	3.64	45.94
Ev 13	Kişi (Ev Hanımı)	48.28	2.2	5.88
	Mutfak	57.25	1.1	4.08
	Oturma Odası	44.52	2.15	4.75
	Yatak Odası	39.2	1.41	3.78
	Dış Ortam	16.71	3.2	35.23
Ev 14	Kişi (Ev Hanımı)	23.03	2.49	13.26
	Mutfak	32.2	1.81	7.41
	Oturma Odası	24.5	2.96	13.12
	Yatak Odası	13.39	2.31	9.87
	Dış Ortam	15.06	4.38	68.55
Ev 15	Kişi (Çalışan)	33.63	5.53	8.18
	Kişi (Ev Hanımı)	42.98	4.01	6.12
	Mutfak	54.58	3.35	2.86
	Oturma Odası	36.75	4.69	5.24
	Yatak Odası	28.63	3.01	3.83
	Dış Ortam	51.36	97.49	19.52

Okul, ofis ve evlerde yaz mevsiminde pasif örnekleme yöntemi ile ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet sonuçları ortalama, maksimum ve minimum konsantrasyonlar şeklinde Tablo 4.22’de verilmektedir.

Tablo 4.22 incelendiğinde okullarda sınıf ve idareci odasında birbirine yakın ve düşük NO₂ konsantrasyonları (22.22-26.62 µg/m³ aralığında) gözlenirken en yüksek NO₂ kirlilik düzeyi kişisel örneklemede (33.61µg/m³) elde edilmiştir. Ofislerde ise okullara nazaran daha yüksek iç ortam, dış ortam ve kişisel NO₂ konsantrasyonları gözlenmiştir. Azotdioksit konsantrasyonları evlerde en yüksek değerlere ulaşırken bunu ofisler ve okullar takip etmektedir. Evlerde mutfak, oturma odası ve yatak odasına konulan pasif örnekleme cihazları göz önüne alındığında en yüksek NO₂ konsantrasyonlarının mutfaklarda elde edilmesi (52.08 µg/m³) mutfakta kullanılan pişirme ocaklarında çoğunlukla doğalgaz kullanılmasına ve bunun sonucunda da NO₂ konsantrasyonlarının yüksek olmasına işaret etmektedir. Okul, ofis ve evlerin dış ortam SO₂ konsantrasyonları (14.16-36.69 µg/m³) aralığında gözlenirken iç ortamlarda SO₂ kaynağı olabilecek önemli bir kaynağın bulunmaması nedeniyle sadece dış ortam kirliliğinin (endüstri ve dizel araç emisyonları gibi) iç ortamlara taşınması nedeniyle konsantrasyon düzeyleri birbirine yakın ve düşük (2.22-6.50 µg/m³) bulunmuştur. Kişisel SO₂ örnekleme sonuçları da iç ortam sonuçları gibi düşük konsantrasyon (3.06-7.32 µg/m³) aralığında bulunmuştur. Ozon örnekleme sonuçlarına bakıldığında dış ortam O₃ konsantrasyonları, iç ortam ve kişisel örnekleme O₃ konsantrasyonlarına göre oldukça yüksektir. Ancak, iç ortam ile kişisel örnekleme O₃ konsantrasyonları birbirleri ile karşılaştırıldığında önemli bir farklılık bulunmadığı görülmüştür. İnorganik kirlenmelerin aktif örnekleme bölümünde bahsedildiği gibi fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında O₃ konsantrasyonları (4.05-12.03 µg/m³) dış ortam konsantrasyonları (36.87-56.07 µg/m³) ile karşılaştırıldığında çok düşük seviyelerde seyretmektedir. Bu durum vaktinin büyük bir bölümünü iç ortamlarda geçiren kişilerde yapılan örnekleme sonuçlarında elde edilen O₃ maruziyet düzeylerinde de (6.60-12.32 µg/m³) görülmektedir. Belirlenen 5 evde seçilen ev hanımı ve aynı evde yaşayan fakat çalışan kişilerin inorganik gaz kirlenmelere olan maruziyetleri arasındaki farklılıkları belirleyebilmek amacıyla yapılan yaz mevsimi ölçüm sonuçlarında ortalama NO₂ konsantrasyonu çalışan kişilerde (30.48 µg/m³),

çalışmayan kişilerde ($41.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$); SO_2 konsantrasyonu çalışan kişilerde ($6.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$), çalışmayan kişilerde ($3.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$); O_3 konsantrasyonu çalışan kişilerde ($9.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$), çalışmayan kişilerde ($6.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi iç ortamlarda dış ortamlara göre daha yüksek konsantrasyonlarda bulunan ve en yüksek konsantrasyonlarını evlerde ölçtüğümüz NO_2 konsantrasyonu zamanının büyük bir çoğunluğunu evlerde geçiren ev hanımlarında çalışanlara göre yüksek, dış ortam konsantrasyonları iç ortamlardan oldukça yüksek olan SO_2 ve O_3 konsantrasyonları ise ev hanımlarına göre dış ortamlarda daha fazla vakit geçiren çalışan kişilerde daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.23’de örneklenen okul, ofis ve evlerin, iç ortamında birden fazla noktada yapılan pasif örnekleme sonuçları birlikte ele alınmak suretiyle Kişisel/İç Ortam, Kişisel/Dış Ortam, İç Ortam/Dış Ortam ve Çalışan/Ev Hanımı oranları belirlenmiştir. Tablo 4.23 incelendiğinde, her üç kirletici içinde Kişisel/İç Ortam oranları genellikle 1’in üzerinde ($0.92-1.81$ aralığında) bulunmuştur. Bu durum kişisel maruziyet konsantrasyonlarına yalnızca iç ortamların etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu nedenle daha ayrıntılı değerlendirebilmek amacıyla Kişisel/Dış Ortam ve İç Ortam/Dış Ortam oranlarına bakıldığında, Kişisel/Dış Ortam oranlarının, tüm veri setinde NO_2 için $1.19-1.61$, SO_2 için $0.30-0.45$ ve O_3 için $0.19-0.22$ aralığında; İç Ortam/Dış Ortam oranlarının ise tüm veri setinde NO_2 için $1.24-1.57$, SO_2 için $0.24-0.45$ ve O_3 için $0.13-0.17$ aralığında olduğu görülmüştür. Görüldüğü gibi NO_2 için elde edilen oranlar her iki durum içinde 1’den yüksek, SO_2 ve O_3 için elde edilen oranlar ise 1’in oldukça altında bulunmuştur. Bu durum, kişisel ve iç ortam NO_2 maruziyet düzeylerine hem iç hem dış ortamların, SO_2 ve O_3 maruziyet düzeylerine ise dış ortamların katkısını işaret etmektedir.

Tablo 4.22: Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için Ortalama, Maksimum ve Minimum Konsantrasyonlar($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MİKROÇEVRE	Örneklenen Ortam	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
Okul (N=3)	Kişi	33.61 ± 19.51	53.02	14.01	7.32 ± 6.62	14.25	1.07	12.32 ± 4.89	17.28	7.5
	Sınıf	22.22 ± 17.00	36.68	3.5	6.50 ± 5.14	11.61	1.34	12.03 ± 5.55	17.85	6.79
	İdareci Odası	26.62 ± 22.48	50.8	6.35	2.74 ± 2.13	4.95	0.71	7.00 ± 2.60	9.48	4.29
	Dış Ortam	25.63 ± 29.14	58.36	2.5	36.69 ± 31.04	62.3	2.17	56.07 ± 16.66	71.84	38.65
Ofis (N=10)	Kişi	38.54 ± 10.36	60.44	20.85	3.62 ± 2.39	9.93	1.07	6.60 ± 3.67	16.45	3.12
	İç Ortam	43.39 ± 24.58	96.99	12.5	4.18 ± 3.23	13.15	1.89	4.53 ± 3.24	13.32	2.07
	Dış Ortam	38.11 ± 19.61	74.37	12.61	21.34 ± 33.28	107.94	3.28	40.19 ± 19.97	72.03	10.52
Ev (N=15)	Çalışan	30.48 ± 4.62	35.95	24.72	6.31 ± 1.46	7.91	4.32	9.31 ± 1.74	11.95	7.69
	Ev Hanımı	41.14 ± 7.21	50.67	23.03	3.06 ± 1.51	6.16	1.18	6.93 ± 3.80	17.56	3.74
	Mutfak	52.08 ± 14.55	75.88	30.91	2.49 ± 1.71	7.36	0.66	4.05 ± 2.30	10.32	2.03
	Oturma Odası	37.32 ± 8.11	48.28	24.5	2.99 ± 1.03	4.74	1.75	5.36 ± 3.88	15.57	1.56
	Yatak Odası	31.58 ± 10.18	54.48	13.39	2.22 ± 1.17	4.77	0.68	4.33 ± 3.28	12.42	1.42
	Dış Ortam	28.11 ± 11.10	51.36	15.06	14.16 ± 24.14	97.49	2.38	36.87 ± 14.19	68.55	15.34
Tüm Veri (N=28)	Kişi	39.41 ± 9.83	60.44	14.01	3.71 ± 2.83	14.25	1.07	7.39 ± 4.10	17.56	3.12
	İç Ortam	39.72 ± 17.31	96.99	4.925	3.36 ± 2.42	13.15	1.03	5.09 ± 3.42	13.32	1.71
	Dış Ortam	31.41 ± 16.47	74.37	2.5	19.14 ± 27.74	107.94	2.17	40.11 ± 17.34	72.03	10.52

Tablo 4.23: Yaz Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için Konsantrasyon Oranları

ORAN	Örneklenen Ortam	NO ₂			SO ₂			O ₃		
		Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
KİŞİSEL/ İÇ ORTAM	Tüm Veri	1.12 ± 0.42	2.84	0.62	1.11 ± 0.34	1.78	0.56	1.58 ± 0.42	3.02	0.97
	Okul	1.81 ± 0.90	2.84	1.21	1.41 ± 0.34	1.72	1.04	1.33 ± 0.34	1.65	0.97
	Ofis	1.04 ± 0.35	1.67	0.62	0.92 ± 0.32	1.36	0.56	1.59 ± 0.52	3.02	1.23
	Ev	1.04 ± 0.16	1.29	0.74	1.18 ± 0.29	1.78	0.65	1.63 ± 0.35	2.19	1.19
KİŞİSEL/ DIŞ ORTAM	Tüm Veri	1.45 ± 0.55	2.89	0.57	0.42 ± 0.24	0.94	0.02	0.20 ± 0.10	0.48	0.09
	Okul	1.51 ± 0.85	2.11	0.91	0.30 ± 0.19	0.49	0.11	0.22 ± 0.02	0.24	0.19
	Ofis	1.19 ± 0.52	2.53	0.57	0.41 ± 0.27	0.94	0.02	0.19 ± 0.12	0.47	0.09
	Ev	1.61 ± 0.51	2.89	0.84	0.45 ± 0.23	0.80	0.04	0.20 ± 0.10	0.48	0.11
İÇ ORTAM / DIŞ ORTAM	Tüm Veri	1.44 ± 0.59	2.88	0.69	0.39 ± 0.22	0.89	0.03	0.14 ± 0.08	0.37	0.04
	Okul	1.42 ± 0.62	1.97	0.75	0.24 ± 0.21	0.47	0.07	0.17 ± 0.04	0.22	0.14
	Ofis	1.24 ± 0.66	2.88	0.69	0.45 ± 0.25	0.89	0.03	0.14 ± 0.10	0.37	0.04
	Ev	1.57 ± 0.54	2.81	0.78	0.39 ± 0.20	0.76	0.04	0.13 ± 0.08	0.35	0.05
ÇALIŞAN / EV HANIMI	Ev	0.73 ± 0.11	0.81	0.53	1.41 ± 0.12	1.56	1.28	1.81 ± 0.66	2.80	1.13

Endüstri ve trafiğin gözlenen maruziyet düzeylerine olan katkısını belirlemek için çalışmada örneklenen mikroçevreler üç farklı bölgeden (Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Bölge) seçilmiştir. Kentsel, endüstriyel, endüstri ve trafikten uzak bölgelerdeki NO₂, SO₂ ve O₃ kirleticilerinin ortalama, maksimum ve minimum konsantrasyonları Tablo 4.24’de verilmektedir. Elde edilen sonuçlarda NO₂ konsantrasyonlarının trafiğin yoğun olduğu kentsel alanların dış ortamlarında (40.50 µg/m³), endüstri bölgesi dış ortamlarında (23.59 µg/m³) ve endüstri ve trafikten uzak bölgelerin dış ortamlarında (14.96 µg/m³) ölçülen NO₂ konsantrasyonlarından yüksek olması trafik emisyonlarının bölgede ölçülen NO₂ konsantrasyonlarını belirleyen en önemli kaynak olduğunu göstermektedir. Azotdioksit için bahsedilen bu durum SO₂ için de gözlenmiştir. Yaz mevsiminde S içeren fosil yakıtlar ısınma amaçlı yakılmadığından özellikle kentsel alanlarda dış ortam SO₂ konsantrasyonlarının (26.12 µg/m³) diğer bölgelere (Endüstriyel Alanlarda 13.40 µg/m³, Endüstri ve Trafikten Uzak Bölgede ise 5.86 µg/m³) göre daha yüksek olması dizel yakıt kullanan motorlu kara taşıtlarına işaret etmektedir. Sonuçlar O₃ konsantrasyonlarının yerleşim ve endüstri bölgelerinde düşük, kaynaklara uzak noktalarda (Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda) ise yüksek olduğunu göstermiştir. Bu NO’nun O₃ ile reaksiyona girerek NO₂ oluşturması ve bu sırada O₃’un tüketilmesine uyan bir dağılımdır. Azotmonoksit ve NO₂ nin yüksek olduğu bölgelerde aşağıda verilen reaksiyonlar (4.1-4.3) sonucunda O₃ parçalandığından NO kaynaklarının yakınında O₃ konsantrasyonları genellikle düşük olmaktadır.



Kentlerin merkezinde O₃ konsantrasyonlarının düşük, kırsal bölgelerde ise yüksek olması çevre çalışmalarında genellikle gözlenen bir özelliktir. Çalışma alanında gözlenen O₃ sonuçları da bu mekanizma ile uyumludur. Tablo 4.24’de görülebileceği gibi NO₂’nin yüksek olduğu yerlerde O₃ düşük (Kentsel Alanda NO₂ :40.50 µg/m³, O₃: 33.26 µg/m³), NO₂ nin düşük olduğu yerlerde O₃ yüksek (Endüstri ve Trafikten Uzak Alanda NO₂ :14.96 µg/m³, O₃: 61.15 µg/m³) bulunmuştur.

Tablo 4.24: Yaz Mevsiminde Kentsel, Endüstriyel ve Endüstri ve Trafikten Uzak Bölgelerde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³)

Çalışma Bölgesi	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)			SO ₂ (µg/m ³)			O ₃ (µg/m ³)		
		Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
Kentsel Alan	Kişisel	44.58 ± 6.90	60.44	34.25	4.40 ± 3.41	14.25	1.18	6.50 ± 3.30	17.56	3.74
	İç Ortam	47.86 ± 17.15	96.99	27.98	3.88 ± 3.03	13.15	1.55	4.38 ± 2.64	12.77	1.71
	Dış Ortam	40.50 ± 17.09	74.37	16.71	26.12 ± 34.62	107.94	2.38	33.26 ± 11.91	54.09	10.52
Endüstriyel Alan	Kişisel	37.31 ± 5.49	44.84	31.60	3.18 ± 2.06	6.65	1.07	7.46 ± 4.36	16.45	3.12
	İç Ortam	35.62 ± 8.40	47.91	23.07	3.03 ± 1.45	5.25	1.31	5.54 ± 4.27	13.32	2.29
	Dış Ortam	23.59 ± 6.86	33.24	12.61	13.40 ± 18.76	62.30	3.28	42.18 ± 16.79	65.22	15.34
Endüstri ve Trafikten Uzak alan	Kişisel	24.71 ± 11.49	40.95	14.01	2.36 ± 0.93	3.28	1.07	10.58 ± 5.67	17.28	5.42
	İç Ortam	18.43 ± 12.28	32.93	4.93	2.16 ± 0.85	3.09	1.03	6.73 ± 4.16	10.465	2.49
	Dış Ortam	14.96 ± 9.29	24.83	2.50	5.86 ± 5.11	13.41	2.17	61.15 ± 19.38	72.03	32.17

4.2. Kış Örnekleme

4.2.1. Meteorolojik şartlar

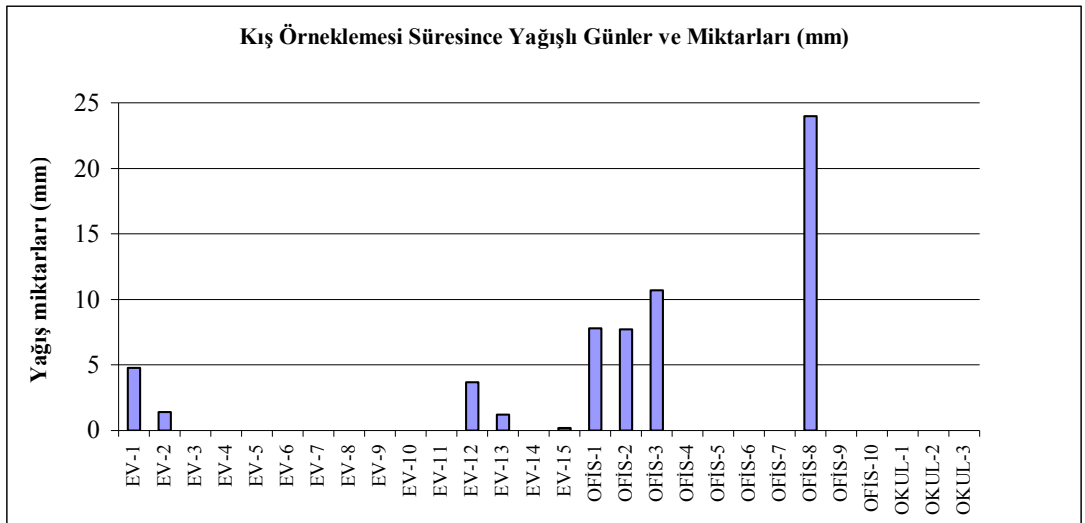
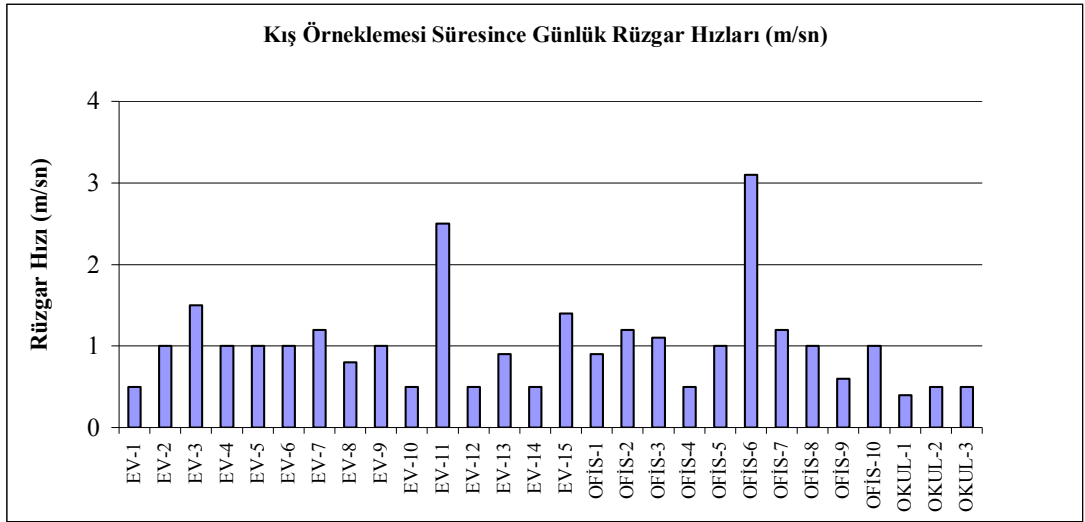
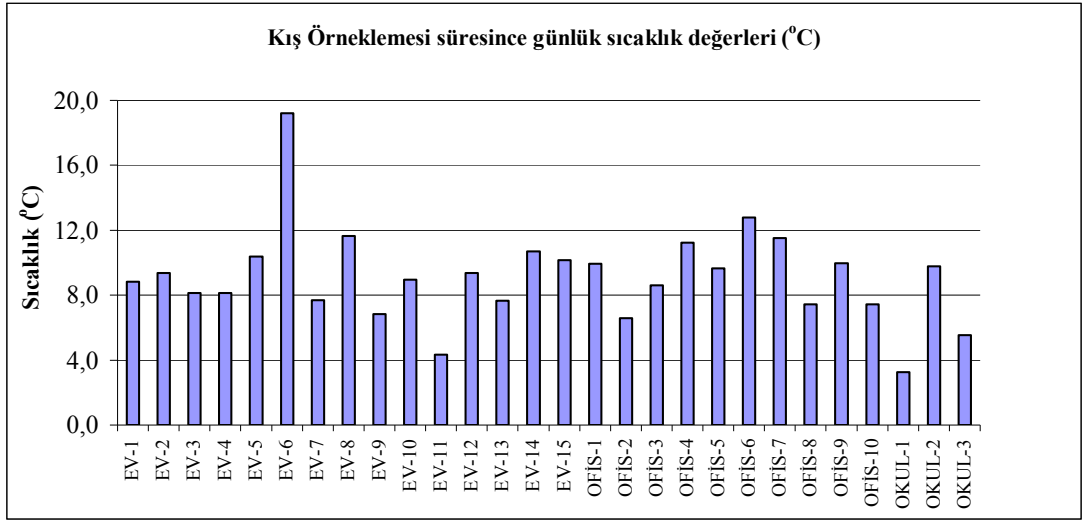
Kış örnekleme 16 Aralık 2006-20 Ocak 2007 tarihleri arasında yapılmıştır. Bu tarihlere ait meteorolojik veriler Kocaeli meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Yaz örneklemeinde belirtildiği gibi bu veriler tek bir istasyon tarafından alındığından değerlendirmeler bu noktadaki veriler üzerinden yapılmıştır.

Örnekleme süresince sıcaklık değerleri 3.3 °C-19.2 °C arasında değişmiştir. Rüzgar hızı en düşük 0.4 m/s, en yüksek ise 3.1 m/s olarak tespit edilmiştir.

28 noktada yapılan ölçümler süresince bölge 11 gün yağış almıştır bu yağışlar Ev-11 ve Okul-1 ölçümleri sırasında kar şeklinde görülmüş, diğer yağış günlerinde yağmur şeklinde olmuştur. Yağışlı günlerde tespit edilen yağış miktarı 0.2 mm-24 mm arasında değişmektedir.

Günlük ortalama nem miktarının %58.7 ile %96 arasında değişmekte olduğu saptanmıştır.

Ölçüm günlerindeki sıcaklık (°C), rüzgar hızı (m/s) ve yağış miktarı Şekil 4.11'de görülmektedir.



Şekil 4.11: Kış Örnekleme Süresince Örnekleme Noktalarındaki Sıcaklık (°C), Rüzgar Hızı (m/s) ve Yağış Miktarları (mm)

4.2.2. İnorganik gaz kirleticilerin aktif örnekleme sonuçları

Çalışma kapsamında kış mevsiminde örneklenen okul, ofis ve evlerin iç ve dış ortamlarında otomatik analizörler kullanılarak günlük olarak yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ aktif örnekleme sonuçları Tablo 4.25 ve Tablo 4.26'da verilmektedir.

İç ortam örnekleme sonuçlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında Tablo 4.25'de görüleceği gibi, NO₂ için minimum konsantrasyon 19.87 µg/m³, maksimum konsantrasyon ise 92.15 µg/m³ olarak ölçülmüştür. SO₂ için minimum konsantrasyon 1.77 µg/m³, maksimum konsantrasyon ise 29.78 µg/m³ olarak ölçülmüştür. O₃ konsantrasyonları incelendiğinde O₃ için minimum konsantrasyon 2.17 µg/m³ maksimum konsantrasyon ise 4.01 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Her bir kirletici için Gündüz ve Gece konsantrasyonları incelendiğinde NO₂ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0.74 ile 2.09 arasında, SO₂ için 0.53 ile 21.11 arasında, O₃ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0.61 ile 2.51 arasında değişmektedir.

Aynı değerlendirme dış ortam örnekleme sonuçlarına ait tüm veri seti göz önüne alınarak yapıldığında Tablo 4.26'da görüleceği gibi, NO₂ için minimum konsantrasyon 19.25 µg/m³, maksimum konsantrasyon 108.24 µg/m³; SO₂ için minimum konsantrasyon 2.75 µg/m³, maksimum konsantrasyon 80.86 µg/m³; O₃ konsantrasyonları incelendiğinde O₃ için minimum konsantrasyon 2.17 µg/m³ maksimum konsantrasyon 17.81 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Her bir kirletici için Gündüz ve Gece konsantrasyonları incelendiğinde NO₂ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0.96 ile 6.04 arasında, kükürtdioksit için 0.02 ile 32.50 arasında, ozon için ise 0.50 ile 3.24 arasında değişmektedir.

Tablo 4.25 ve 4.26'da görüldüğü gibi hem iç hem de dış ortamlarda yaz örnekleme sonuçlarında olduğu gibi kış örnekleme sonuçlarında da gündüz konsantrasyonları gece konsantrasyonlarından genelde daha yüksek değerlere sahiptir. Ancak, O₃'ün ikincil bir kirletici olması ve oluşabilmesi için güneş ışığına ihtiyaç duyması nedeniyle O₃ için elde edilen gündüz konsantrasyonları kış mevsiminde yaz mevsimine nazaran daha düşük bulunmuştur.

Tablo 4.25: Kış Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile İç Ortamlarda Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

Mikroçevre	İÇ ORTAM ÖRNEKLEMESİ											
	NO ₂				SO ₂				O ₃			
	Tüm Veri Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort. Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Veri Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Veri Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı
Okul 1	77.99	102.89	53.10	1.94	2.18	2.02	2.34	0.86	2.28	1.73	2.83	0.61
Okul 2	80.80	92.93	68.67	1.35	12.01	14.63	9.38	1.56	2.43	2.49	2.37	1.05
Okul 3	19.87	20.05	19.69	1.02	4.31	6.38	2.24	2.85	2.43	2.74	2.13	1.29
Ofis 1	51.76	67.61	35.90	1.88	5.75	8.18	3.33	2.46	3.25	3.33	3.17	1.05
Ofis 2	38.16	34.53	41.78	0.83	2.37	1.64	3.11	0.53	2.39	2.70	2.09	1.29
Ofis 3	56.39	66.38	46.40	1.43	2.94	3.93	1.96	2.00	3.05	3.07	3.03	1.01
Ofis 4	66.63	75.53	57.74	1.31	3.82	6.71	0.93	7.24	2.43	2.76	2.09	1.32
Ofis 5	51.41	56.09	46.72	1.20	4.39	5.56	3.22	1.73	2.25	2.54	1.96	1.29
Ofis 6	57.53	59.88	55.18	1.09	2.45	4.36	0.55	8.00	3.43	4.77	2.09	2.29
Ofis 7	55.64	57.93	53.35	1.09	29.78	39.70	19.85	2.00	2.41	2.86	1.96	1.46
Ofis 8	32.36	27.52	37.20	0.74	5.07	4.96	5.18	0.96	2.41	2.86	1.96	1.46
Ofis 9	36.75	49.72	23.77	2.09	2.51	3.71	1.31	2.83	2.80	2.66	2.94	0.90
Ev 1	79.20	95.45	62.95	1.52	3.96	5.20	2.73	1.91	2.37	2.77	1.96	1.41
Ev 2	54.53	58.99	50.07	1.18	2.78	5.56	0.00	*	2.59	3.22	1.97	1.63
Ev 3	53.73	49.03	58.43	0.84	2.51	2.13	2.89	0.74	2.21	2.45	1.96	1.25
Ev 4	74.98	73.93	76.04	0.97	3.62	6.91	0.33	21.11	2.32	2.60	2.04	1.27
Ev 5	91.76	107.60	75.92	1.42	1.77	2.73	0.82	3.33	2.17	2.39	1.96	1.22
Ev 6	20.02	22.56	17.48	1.29	8.26	14.18	2.34	6.05	2.41	2.86	1.96	1.46
Ev 7	48.01	59.35	36.68	1.62	9.24	11.89	6.60	1.80	2.17	2.39	1.96	1.22
Ev 8	44.38	50.63	38.12	1.33	3.74	5.07	2.40	2.11	4.01	5.74	2.29	2.51
Ev 9	92.15	112.20	72.09	1.56	3.16	3.54	2.78	1.27	2.49	3.03	1.96	1.54
Ev 10	76.07	90.66	61.49	1.47	6.01	6.34	5.67	1.12	3.29	3.35	3.23	1.04
Ev 11	42.98	48.68	37.28	1.31	3.18	3.60	2.75	1.31	2.88	3.03	2.74	1.10
Ev 12	52.53	55.71	49.35	1.13	2.70	2.71	2.68	1.01	2.17	2.37	1.96	1.21
Ev 13	30.72	39.04	22.40	1.74	26.97	32.67	21.27	1.54	2.68	3.39	1.96	1.73
Ev 14	52.84	69.30	36.38	1.91	12.37	20.49	4.25	4.82	3.02	4.08	1.96	2.08
Ev 15	39.68	48.99	30.36	1.61	25.52	24.70	26.34	0.94	2.21	2.37	2.04	1.16

*:Belirlenemedi

Tablo 4.26: Kış Mevsiminde Aktif Örneklem Yöntemi ile Dış Ortamlarda Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

Mikroçevre	DIŞ ORTAM ÖRNEKLEMESİ											
	NO ₂				SO ₂				O ₃			
	Tüm Veri Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort. Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm D ata Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm D ata Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı
Okul 1	106.72	113.56	99.88	1.14	37.60	38.55	36.65	1.05	3.24	3.28	3.19	1.03
Okul 2	108.24	113.48	102.99	1.10	40.76	51.22	30.29	1.69	3.27	4.49	2.04	2.19
Okul 3	42.99	42.47	43.52	0.98	31.08	54.59	7.58	7.20	14.50	14.79	14.21	1.04
Ofis 1	46.36	63.10	29.62	2.13	11.70	12.05	11.34	1.06	10.62	9.01	12.23	0.74
Ofis 2	50.64	86.89	14.40	6.04	18.35	20.50	16.20	1.27	5.52	3.68	7.36	0.50
Ofis 3	32.84	41.58	24.11	1.72	8.51	10.36	6.65	1.56	13.46	9.93	16.99	0.58
Ofis 4	79.22	85.01	73.43	1.16	28.66	44.39	12.92	3.43	3.48	4.34	2.62	1.66
Ofis 5	72.96	74.95	70.96	1.06	20.70	29.94	11.45	2.61	4.42	5.07	3.76	1.35
Ofis 6	67.38	73.36	61.40	1.19	32.97	49.21	16.74	2.94	14.76	15.66	13.87	1.13
Ofis 7	62.05	71.02	53.07	1.34	35.47	43.57	27.38	1.59	4.74	7.24	2.24	3.24
Ofis 8	19.25	21.27	17.23	1.23	10.44	15.54	5.34	2.91	3.25	4.25	2.25	1.89
Ofis 9	41.60	56.21	27.00	2.08	19.80	24.98	14.61	1.71	8.14	8.97	7.31	1.23
Ev 1	49.58	50.32	48.84	1.03	17.65	26.14	9.16	2.85	4.28	5.62	2.93	1.92
Ev 2	70.78	72.39	69.16	1.05	13.79	19.23	8.34	2.30	4.19	5.24	3.14	1.67
Ev 3	65.27	67.41	63.13	1.07	9.47	12.68	6.25	2.03	17.74	18.27	17.21	1.06
Ev 4	60.14	59.29	60.99	0.97	25.80	38.14	13.47	2.83	6.63	7.55	5.71	1.32
Ev 5	53.87	52.65	55.09	0.96	2.75	3.27	2.24	1.46	2.17	2.33	2.00	1.16
Ev 6	26.06	31.38	20.73	1.51	16.06	29.34	2.78	10.55	17.81	16.33	19.28	0.85
Ev 7	57.30	68.60	46.01	1.49	21.42	29.32	13.52	2.17	5.38	5.65	5.12	1.10
Ev 8	70.21	79.74	60.67	1.31	13.30	19.67	6.93	2.84	5.23	7.24	3.22	2.24
Ev 9	36.29	43.25	29.33	1.47	10.50	12.27	8.73	1.41	5.93	5.36	6.49	0.83
Ev 10	77.93	81.51	74.35	1.10	48.92	49.52	48.32	1.02	4.89	4.19	5.60	0.75
Ev 11	30.50	33.88	27.13	1.25	3.65	7.09	0.22	32.50	10.54	11.27	9.81	1.15
Ev 12	46.26	48.96	43.55	1.12	11.19	13.65	8.73	1.56	3.44	3.69	3.19	1.16
Ev 13	71.23	80.69	61.78	1.31	8.43	9.00	7.85	1.15	4.34	5.21	3.47	1.50
Ev 14	96.37	104.20	88.54	1.18	80.86	125.52	36.21	3.47	2.26	2.55	1.96	1.30
Ev 15	65.97	71.38	60.56	1.18	11.23	13.58	8.89	1.53	3.66	4.34	2.99	1.45

Tablo 4.27’de kış mevsiminde iç ve dış ortamlarda ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları, ortalama, maksimum ve minimum değerler şeklinde verilmektedir. Tablo 4.28’ de ise yaz mevsiminde iç ve dış ortamlarda ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları için İç Ortam/Dış Ortam oranları verilmektedir.

Tablo 4.27’de okul, ofis ve evler için iç ortam NO₂ konsantrasyonları incelendiğinde, NO₂’in tüm veri seti ortalama konsantrasyonlarının 49.62-59.55 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 55.02-71.96 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 44.23-48.33 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Dış ortam NO₂ konsantrasyonları incelendiğinde ise, NO₂’in tüm veri seti ortalama konsantrasyonlarının 52.48-85.98 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 63.04-89.83 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 41.25-82.13 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Azotdioksit için iç ve dış ortamlarda Gündüz/Gece konsantrasyon oranlarının yaz mevsiminde olduğu gibi kış mevsiminde de 1.5 dolayında olması gündüz periyodunda trafik ve pişirme faaliyetlerinin yoğun olması ile açıklanabilir. Tablo 4.28 incelendiğinde, NO₂ için İç Ortam/Dış Ortam oranlarının kış mevsiminde yaz mevsimine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Tüm veri ortalamalarına bakıldığında NO₂ için İç Ortam/Dış Ortam oranlarının okullarda 0.65, ofislerde 1.05 ve evlerde 1.07 olduğunu görmekteyiz. Yaz örneklemede bu oranların özellikle evlerde 1.5 dolayında olduğu düşünüldüğünde kış mevsiminde dış ortam NO₂ kaynaklarının yaz mevsimine göre daha yüksek düzeylerde olduğunu ve iç ortam konsantrasyonlarına nazaran daha baskın olduğunu söyleyebiliriz.

Tablo 4.27’de okul, ofis ve evler için iç ortam O₃ konsantrasyonları incelendiğinde, iç ortamlarda O₃’un tüm veri seti ortalama konsantrasyonlarının 2.38-2.71 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 2.32-3.07 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 2.13-2.44 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Dış ortam O₃ konsantrasyonları incelendiğinde ise, okul, ofis ve evlerin dış ortamlarında O₃’un tüm veri seti ortalama konsantrasyonlarının 6.57-7.60 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 6.99-7.57 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 6.14-7.62 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Güneş ışığı şiddeti ve süresinin yüksek seyrettiği yaz mevsiminde kış mevsimine oranla hem iç hem dış ortamlarda

daha yüksek O₃ seviyeleri elde edilmiştir. Tablo 4.28’de ozon için elde edilen İç ortam/Dış Ortam oranları, tüm veri ortalama konsantrasyonları için 0.44-0.57, gündüz ortalama konsantrasyonları için 0.42-0.60 ve gece ortalama konsantrasyonları için 0.48-0.73 aralıklarında olması yaz mevsimine benzer mekanizma (fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması) nedeniyle örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında O₃ konsantrasyonlarının dış ortamlarla karşılaştırıldığında daha düşük seviyelerde seyretmesini desteklemektedir.

Tablo 4.27’de okul, ofis ve evlerin iç ortam SO₂ konsantrasyonları incelendiğinde, iç ortamlarda SO₂’in tüm veri seti ortalama konsantrasyonlarının 6.17-7.72 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 7.68-9.85 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 4.38-5.59 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Dış ortam SO₂ konsantrasyonları incelendiğinde ise, tüm veri seti ortalama konsantrasyonlarının 19.67-36.48 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 27.23-48.12 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 12.11-24.84 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Yaz mevsimi sonuçlarına benzer şekilde kış mevsimi sonuçlarında da SO₂ konsantrasyonları iç ortamlarda dış ortamlara nazaran oldukça düşük seviyelerde tespit edilmiştir (Tablo 4.27). Kükürtdioksit için elde edilen İç Ortam/Dış Ortam oranları, tüm veri ortalama konsantrasyonları için 0.16-0.66, gündüz ortalama konsantrasyonları için 0.15-0.64 ve gece ortalama konsantrasyonları için 0.22-0.67 aralığında olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.28). Ölçüm yapılan örnekleme noktalarının büyük çoğunluğunda ısınma amaçlı olarak doğalgaz kullanılması nedeniyle kış mevsiminde dış ortam SO₂ kirlilik düzeyleri düşük bulunmuştur.

Tablo 4.27: Kış Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile İç ve Dış Ortamlarda Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için Ortalama, Maksimum ve Minimum Konsantrasyonlar($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

			NO ₂			SO ₂			O ₃		
			Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
İÇ ORTAM	Okullar	Tüm Veri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	59.55 ± 34.40	80.80	19.87	6.17 ± 5.17	12.01	2.18	2.38 ± 0.09	2.43	2.28
		Gündüz ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	71.96 ± 45.23	102.89	20.05	7.68 ± 6.41	14.63	2.02	2.32 ± 0.53	2.74	1.73
		Gece ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	47.15 ± 25.02	68.67	19.69	4.65 ± 4.09	9.38	2.24	2.44 ± 0.36	2.83	2.13
		Gündüz/Gece	1.44 ± 0.47	1.94	1.02	1.76 ± 1.01	2.85	0.86	0.98 ± 0.34	1.29	0.61
	Ofisler	Tüm Veri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	49.62 ± 11.39	66.63	32.36	6.56 ± 8.79	29.78	2.37	2.71 ± 0.43	3.43	2.25
		Gündüz ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	55.02 ± 15.60	75.53	27.52	8.75 ± 11.76	39.70	1.64	3.06 ± 0.68	4.77	2.54
		Gece ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	44.23 ± 10.84	57.74	23.77	4.38 ± 5.98	19.85	0.55	2.37 ± 0.52	3.17	1.96
		Gündüz/Gece	1.29 ± 0.45	2.09	0.74	3.08 ± 2.67	8.00	0.53	1.34 ± 0.41	2.29	0.90
	Evler	Tüm Veri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	56.9 ± 21.50	92.15	20.02	7.72 ± 8.08	26.97	1.77	2.6 ± 0.52	4.01	2.17
		Gündüz ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	65.47 ± 25.82	112.20	22.56	9.85 ± 9.26	32.67	2.13	3.07 ± 0.89	5.74	2.37
		Gece ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	48.33 ± 18.97	76.04	17.48	5.59 ± 7.66	26.34	0.00	2.13 ± 0.37	3.23	1.96
		Gündüz/Gece	1.39 ± 0.29	1.91	0.84	3.5 ± 5.30	21.11	0.74	1.45 ± 0.40	2.51	1.04
DIŞ ORTAM	Okullar	Tüm Veri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	85.98 ± 37.24	108.24	42.99	36.48 ± 4.93	40.76	31.08	7.00 ± 6.50	14.50	3.24
		Gündüz ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89.83 ± 41.02	113.56	42.47	48.12 ± 8.45	54.59	38.55	7.52 ± 6.33	14.79	3.28
		Gece ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	82.13 ± 33.48	102.99	43.52	24.84 ± 15.28	36.65	7.58	6.48 ± 6.72	14.21	2.04
		Gündüz/Gece	1.07 ± 0.08	1.14	0.98	3.31 ± 3.38	7.20	1.05	1.42 ± 0.67	2.19	1.03
	Ofisler	Tüm Veri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	52.48 ± 19.67	79.22	19.25	20.73 ± 9.83	35.47	8.51	7.60 ± 4.38	14.76	3.25
		Gündüz ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	63.71 ± 21.25	86.89	21.27	27.84 ± 14.79	49.21	10.36	7.57 ± 3.84	15.66	3.68
		Gece ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	41.25 ± 23.44	73.43	14.40	13.63 ± 6.46	27.38	5.34	7.62 ± 5.55	16.99	2.24
		Gündüz/Gece	1.99 ± 1.57	6.04	1.06	2.12 ± 0.86	3.43	1.06	1.37 ± 0.84	3.24	0.50
	Evler	Tüm Veri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	58.52 ± 18.80	96.37	26.06	19.67 ± 20.24	80.86	2.75	6.56 ± 4.97	17.81	2.17
		Gündüz ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	63.04 ± 19.93	104.20	31.38	27.23 ± 29.91	125.52	3.27	6.99 ± 4.73	18.27	2.33
		Gece ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	53.99 ± 18.43	88.54	20.73	12.11 ± 12.98	48.32	0.22	6.14 ± 5.34	19.28	1.96
		Gündüz/Gece	1.20 ± 0.19	1.51	0.96	4.64 ± 8.04	32.50	1.02	1.30 ± 0.41	2.24	0.75

Tablo 4.28: Kış Mevsiminde Aktif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

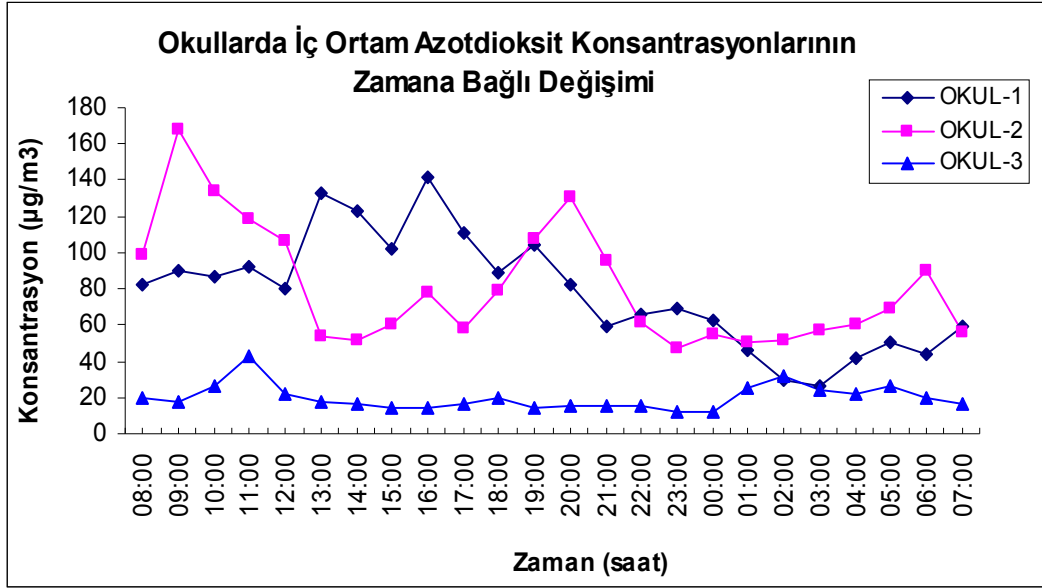
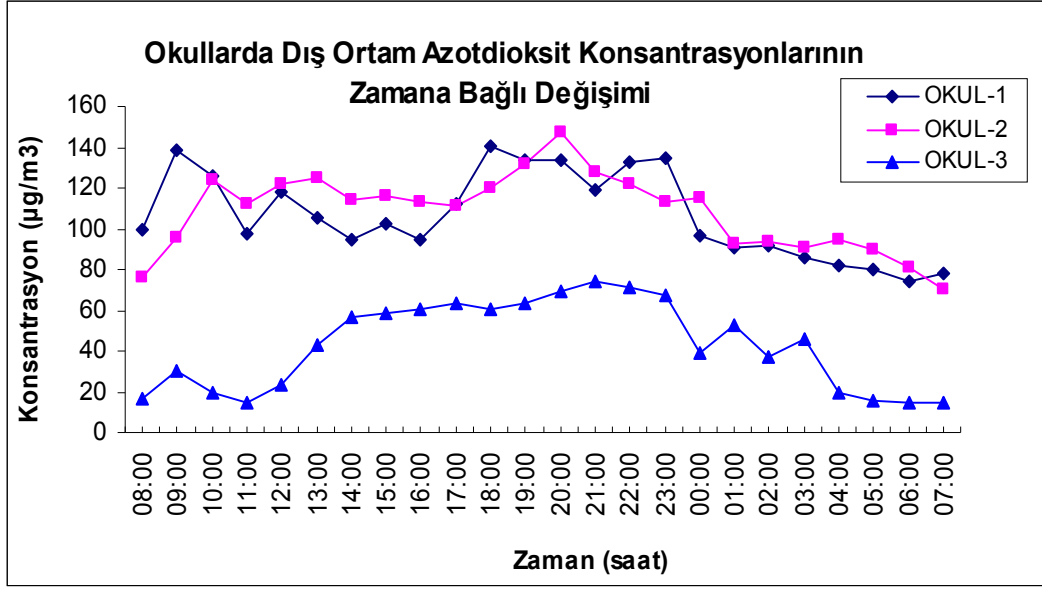
İÇ ORTAM/DIŞ ORTAM									
OKUL									
Kirlenici	Tüm Data			Gündüz			Gece		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
NO ₂	0.65±0.16	0.75	0.46	0.73±0.23	0.91	0.47	0.55±0.11	0.67	0.45
SO ₂	0.16±0.12	0.29	0.06	0.15±0.12	0.29	0.05	0.22±0.14	0.31	0.06
O ₃	0.54±0.32	0.75	0.17	0.42±0.21	0.56	0.19	0.73±0.52	1.16	0.15
OFİS									
NO ₂	1.05±0.39	1.72	0.70	0.95±0.34	1.60	0.40	1.38±0.77	2.90	0.66
SO ₂	0.32±0.25	0.84	0.07	0.33±0.29	0.91	0.08	0.33±0.32	0.97	0.03
O ₃	0.44±0.19	0.74	0.23	0.47±0.17	0.73	0.30	0.48±0.30	0.88	0.15
EV									
NO ₂	1.07±0.56	2.54	0.43	1.14±0.61	2.59	0.48	0.99±0.53	2.46	0.36
SO ₂	0.66±0.89	3.20	0.12	0.64±0.93	3.63	0.13	0.67±0.94	2.96	0.00
O ₃	0.57±0.32	1.34	0.12	0.60±0.37	1.60	0.13	0.53±0.27	1.00	0.10

4.2.2.1 İnorganik gaz kirlenici konsantrasyonlarının zamana bağılı değişimleri

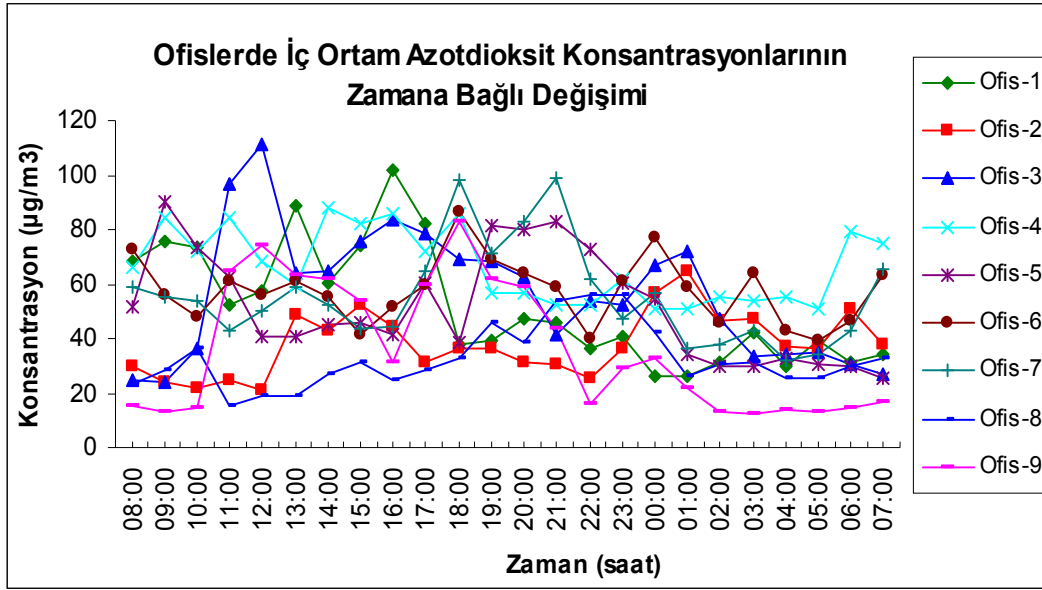
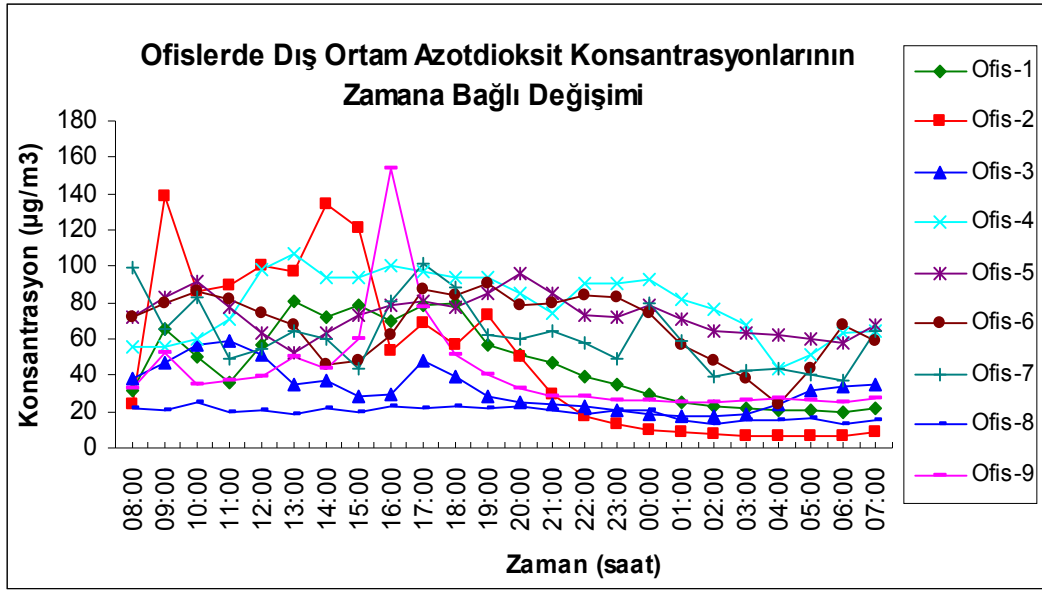
Kış mevsiminde örnekleme yapılan okul, ofis ve evlerin iç ve dış ortamlarında yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ aktif örnekleme sonuçları Şekil 4.12 – 4.20’de saatlik dilimler halinde verilmektedir. Bu sayede örneklenen mikroçevrelerde incelenen kirlenicilerin zamana bağılı değişimleri değerlendirilerek NO₂, SO₂ ve O₃’ün ölçüm yapılan gün içerisinde ani artış ve azalmalar gösterdiği saat aralıkları daha rahat görülebilmektedir.

Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de kış mevsiminde okul, ofis ve evlerin, iç ve dış ortamlarında yapılan NO₂ aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki saatlik değişimi verilmektedir. Yaz mevsimi örneklemede olduğu gibi tüm mikroçevrelerde yapılan kış mevsimi örneklemede de iç ve dış ortam NO₂ saatlik değişimleri arasında bir uyum olduğu görülmektedir. Her üç mikroçevrede de ani değişimler gündüz periyodunda görülmektedir. Trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yoğun saatlerde mikroçevrelerin dış ortamlarında yüksek NO₂ konsantrasyonları tespit edilmiştir.

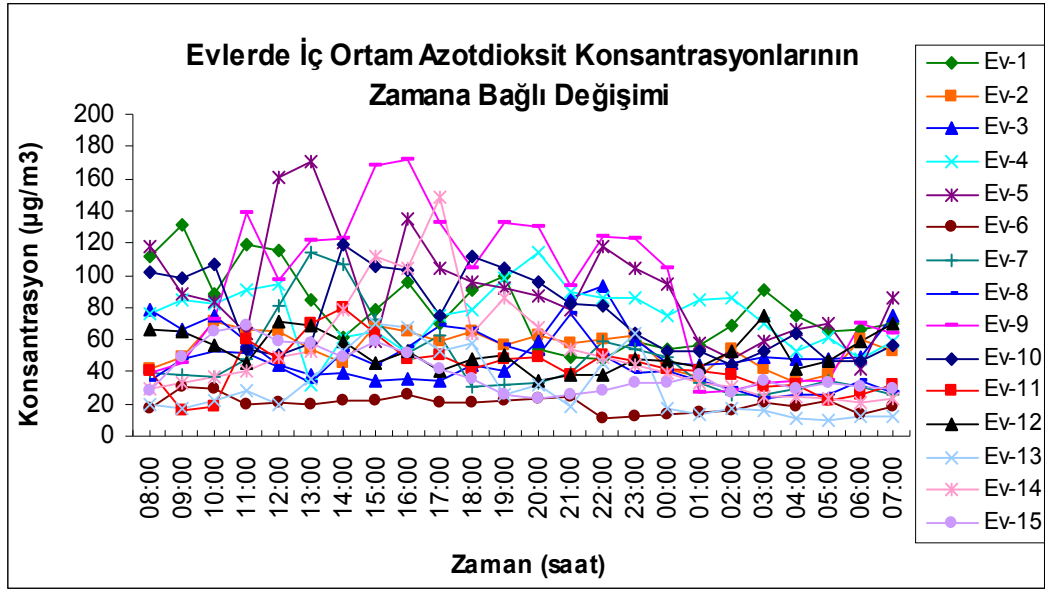
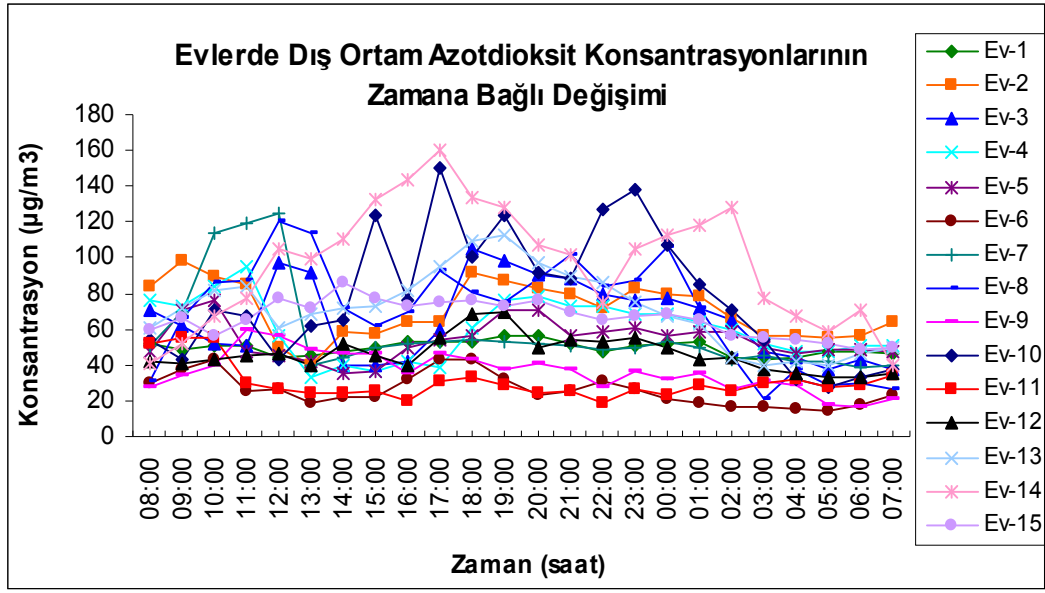
Şekil 4.12 ve Şekil 4.13 incelendiğinde okul ve ofislerin iç ortamlarında belirlenen NO₂ kirlilik düzeylerinin dış ortam kirlilik düzeylerine oranla düşük olduğu görülmektedir. Okul ve ofislerin iç ortamlarında NO₂ kirliliğine neden olabilecek önemli kaynakların bulunmaması, kirliliğin dış ortam kaynaklı olduğunu ve dış ortamlardan iç ortamlara taşınım şeklinde gerçekleştiğini düşündürmektedir. Şekil 4.14 incelendiğinde NO₂'in evlerin iç ve dış ortamlarındaki saatlik değişimin okul ve ofislere nazaran farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Yaz ve kış mevsimlerinde evlerde Gündüz/Gece oranları değişmezken İç Ortam/Dış Ortam oranlarında değişiklik göze çarpmaktadır. Söz konusu oran yaz mevsiminde 1.5 dolaylarında iken kış mevsiminde 1 dolaylarında hesaplanmıştır. Bu durum kış mevsiminde pencerelerin yaz mevsimine oranla daha az açık olması nedeniyle trafik kaynaklı kirliliğin iç ortamlara taşınımının kışın daha az olması ve bu mevsimde dış ortam kirliletiçi kaynaklarının artması ile açıklanabilir. Evlerin iç ortamlarında pişirme faaliyetleri, dış ortamlarında ise trafik yoğunluğuna bağılı olarak özellikle 08:00-24:00 saatleri arasında NO₂ konsantrasyonları ani değişimler gösterirken trafik akışı ve pişirme faaliyetlerinin düşüş gösterdiği 24:00-08:00 saatleri arasında ise NO₂ konsantrasyonlarının düşük seviyelerde ve durağan olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12: Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

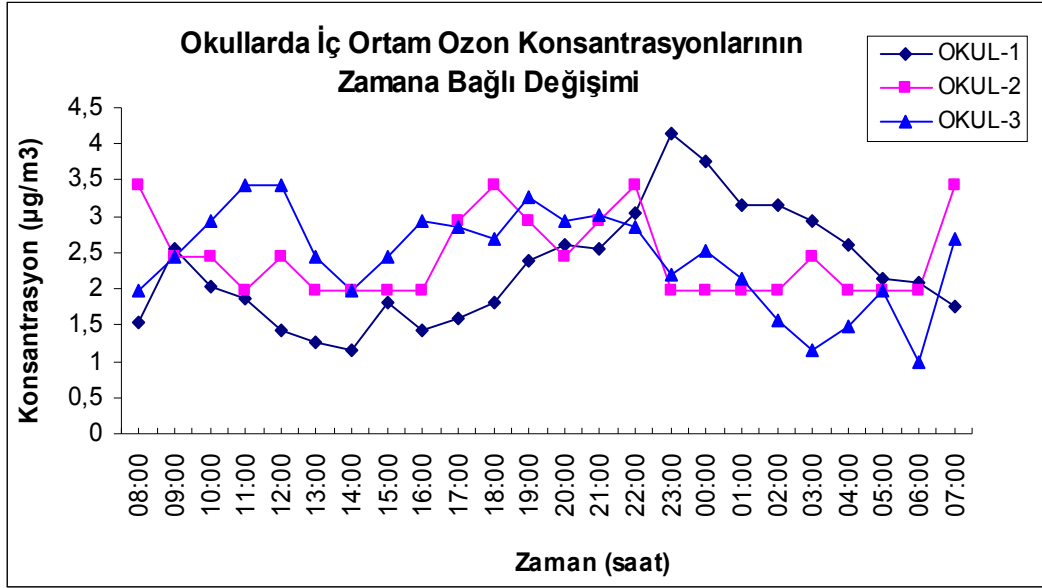
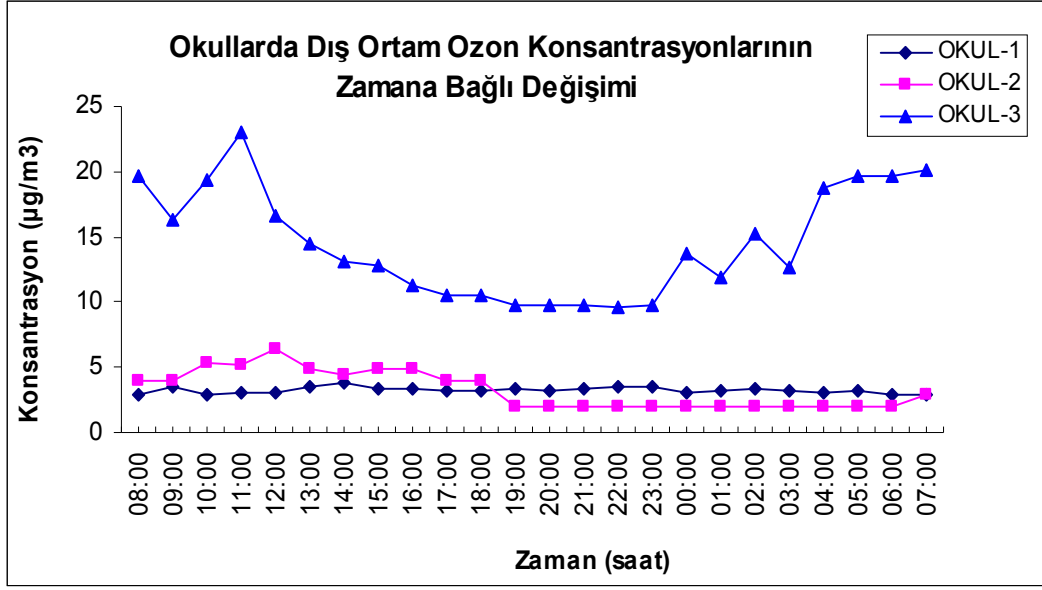


Şekil 4.13: Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının
Zamana Bağlı Değişimi

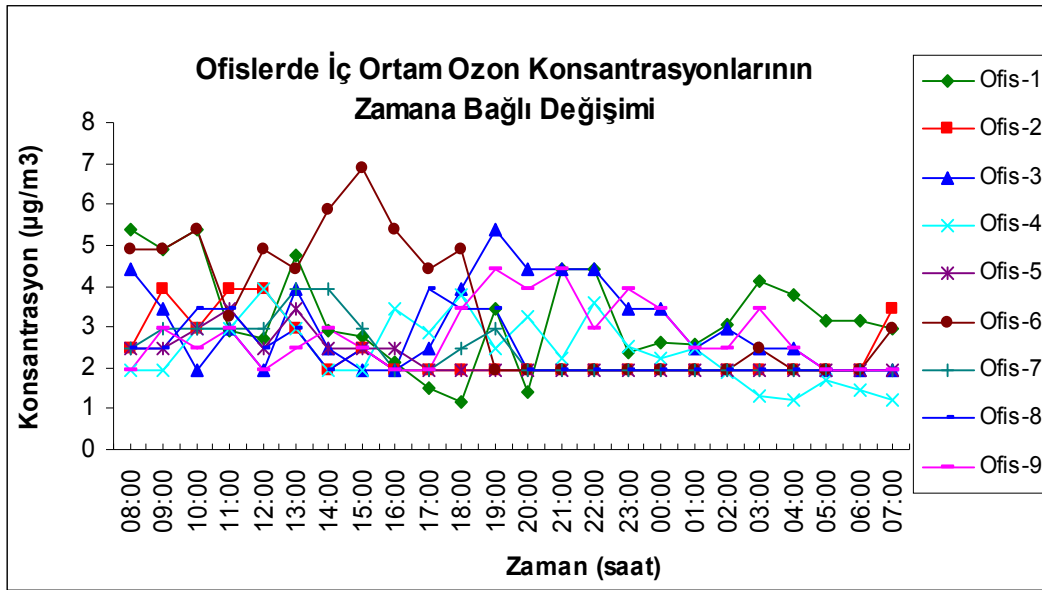
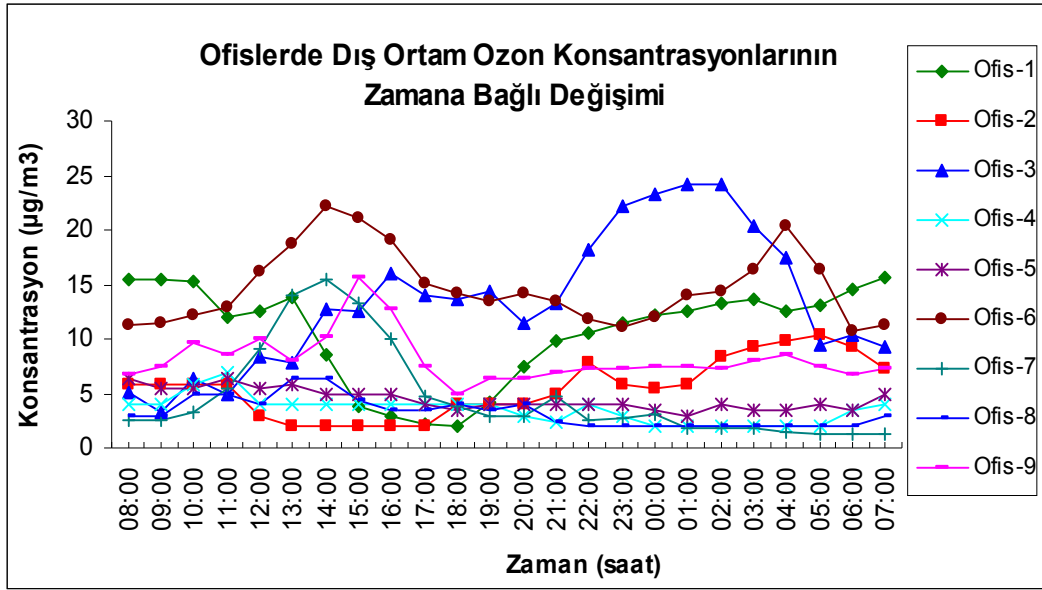


Şekil 4.14: Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

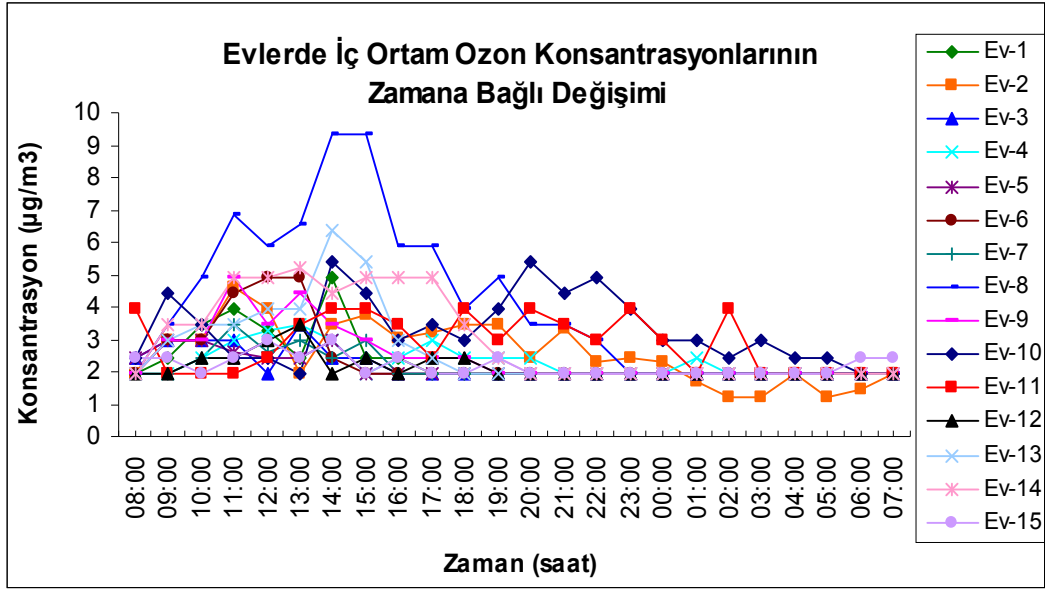
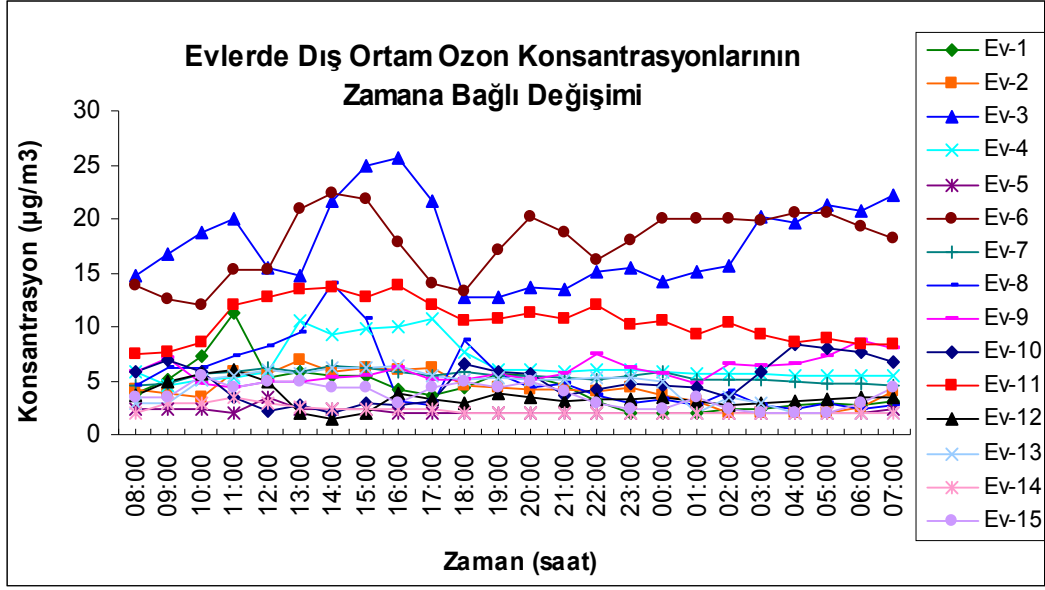
Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de kış mevsiminde okul, ofis ve evlerin, iç ve dış ortamlarında yapılan O₃ aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki saatlik değişimleri verilmektedir. Yaz mevsimine benzer şekilde trafikten uzak olan bölgelerde yüksek O₃ konsantrasyonları gözlenirken trafiğin yoğun olduğu kentsel alanlarda ise O₃ konsantrasyonları düşük bulunmuştur. Bu duruma trafik ve sanayiden uzak olan Okul 1 ile trafiğin yoğun olduğu kentsel bölgede bulunan Okul 3 örnekleme noktaları örnek olarak gösterilebilir. Yüksek dış ortam NO₂ konsantrasyonlarına (gündüz ortalama konsantrasyonu: 113.56 µg/m³) sahip Okul 1 noktasında NO’in NO₂’e yükseltgenmesi sırasında O₃’ün tüketilmesi nedeniyle düşük O₃ konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: 3.28 µg/m³) elde edilirken, düşük NO₂ konsantrasyonlarına (gündüz ortalama konsantrasyonu: 42.47 µg/m³) sahip Okul 3 örnekleme noktasında fotokimyasal reaksiyon süresinin tamamlanması nedeniyle yüksek O₃ konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: 14.79 µg/m³) gözlenmiştir. Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de, daha önceki bölümlerde de sıkça bahsedildiği gibi fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle iç ortamlarda O₃ konsantrasyonlarının dış ortamlarla karşılaştırıldığında çok düşük seviyelerde seyrettiği görülmektedir. Örneklenen tüm mikroçevrelerin iç ortamları göz önüne alındığında O₃ için yaz mevsiminde tüm veri seti ortalama konsantrasyonları 3.42–26.63 µg/m³ aralığında değişim gösterirken kış mevsiminde O₃ konsantrasyonları oldukça düşerek 2.17–4.01 µg/m³ aralığında değişim göstermektedir.



Şekil 4.15: Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

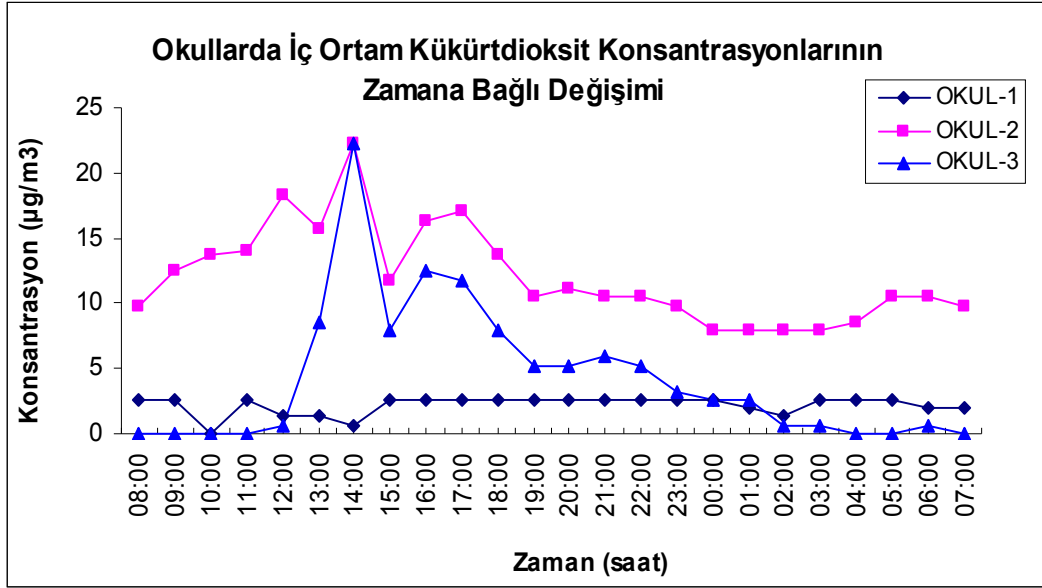
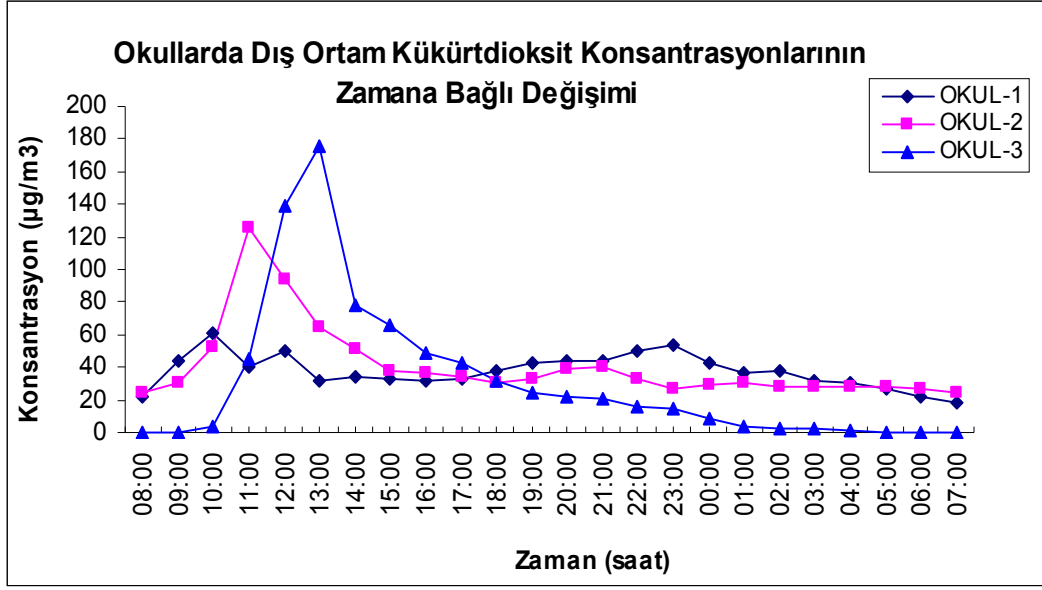


Şekil 4.16: Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

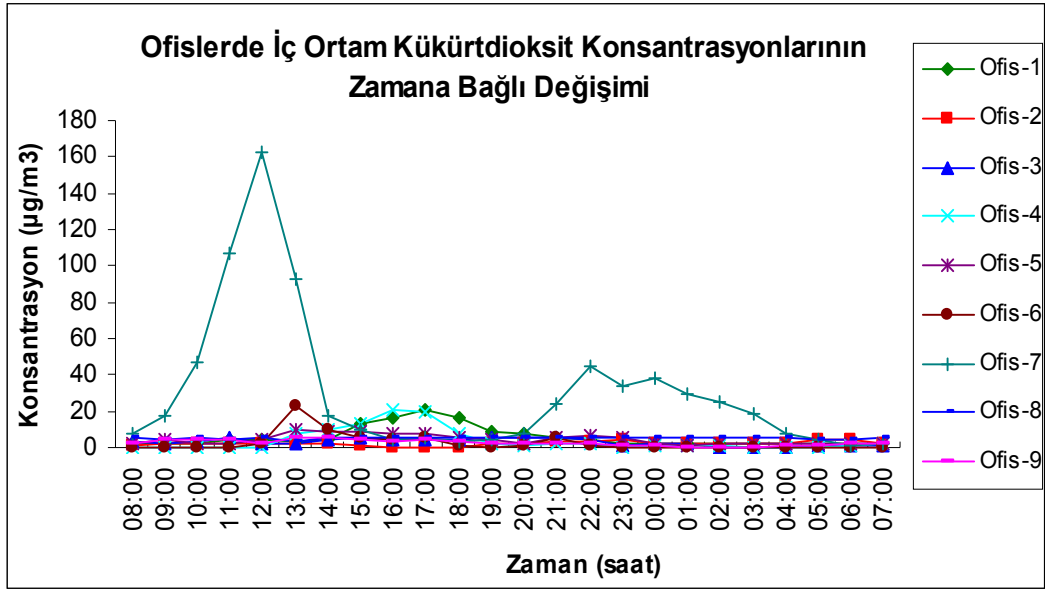
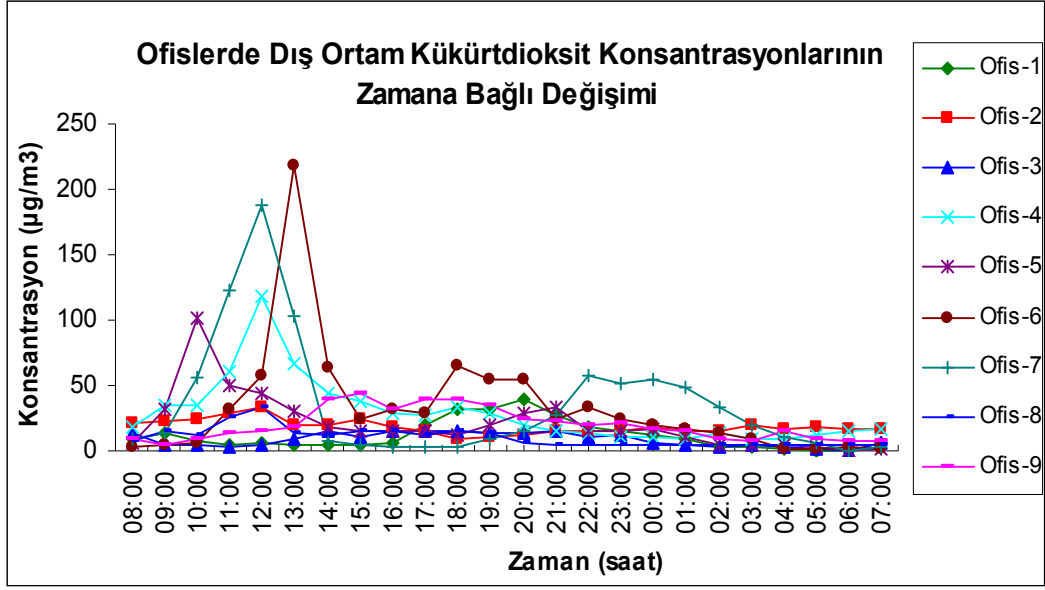


Şekil 4.17: Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

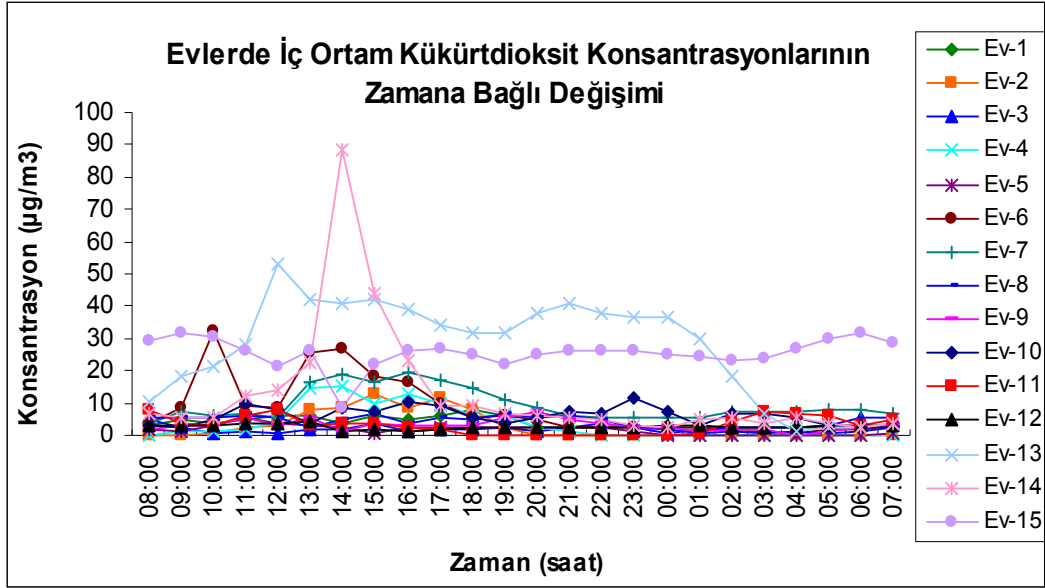
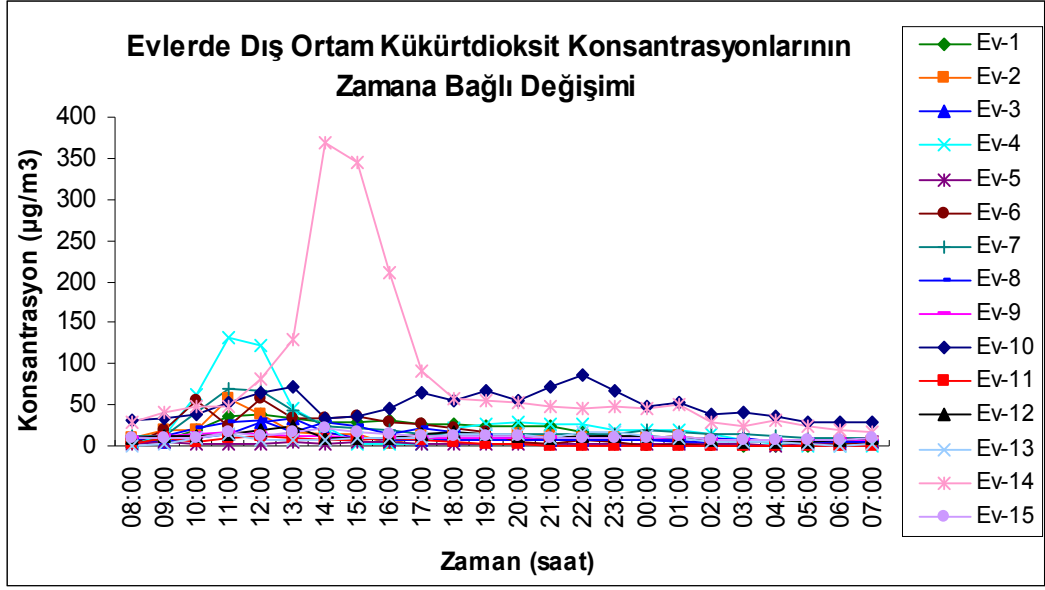
Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de kış mevsiminde ev, okul ve ofislerin iç ve dış ortamlarında yapılan SO₂ aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki saatlik değişimleri verilmektedir. Örneklenen mikroçevrelerin dış ortamlarında SO₂ konsantrasyonları yaz mevsiminden farklı olacak şekilde özellikle ısınma amaçlı fosil yakıtların yakıldığı bölgelerde ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yüksek bulunmuştur. Yaz mevsiminde kirliliğin genellikle en düşük olduğu Okul 3 örnekleme noktasında kış mevsiminde yüksek dış ortam SO₂ kirlilik düzeyleri tespit edilmiştir. Endüstri ve trafik etkisinden uzak bir bölgede bulunmasına rağmen Okul 3 örnekleme noktasında yüksek dış ortam SO₂ konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: 54.59 µg/m³; yaz mevsiminde aynı değer 1.69 µg/m³ olarak bulunmuştu) gözlenmiştir. Kış mevsimindeki bu artışın en büyük sebebi olarak örnekleme noktasının yakınında bulunan konut alanlarında ısınma amaçlı kömür ve fuel-oil’in yakılmasını gösterebiliriz. Benzer durum yine ısınma amaçlı fosil yakıt kullanılan bir konut alanında bulunan Ev 14’de de gözlenmiştir. Ev 14 için yaz mevsiminde gündüz ortalama SO₂ konsantrasyonu 6.55 µg/m³ iken kış mevsiminde bu değer 125.52 µg/m³ değerine ulaşmaktadır. Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de iç ortam SO₂ kirlilik düzeylerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Kükürtdioksitin dış ortam kaynaklı bir kirletici olması ve iç ortamlarda önemli bir kaynağının bulunmaması kirleticinin taşınım yoluyla dış ortamlardan iç ortamlara ulaştığını düşündürmektedir. Ancak bu taşınım çok etkili olmayıp yaz ve kış mevsimlerinde birbirine yakın ve düşük düzeylerde iç ortam SO₂ kirlilik düzeyleri elde edilmiştir.



Şekil 4.18: Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



Şekil 4.19: Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



Şekil 4.20: Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

4.2.3. Partikül madde (PM10) ölçüm sonuçları

Ölçümü yapılan okul, ofis ve evlerin iç ve dış ortamlarında kış mevsiminde yapılan Partikül Madde (PM10) örnekleme sonuçları Tablo 4.29 ve Tablo 4.30'da verilmektedir.

Tablo 4.29'da görüldüğü gibi örneklenen okul, ofis ve evlerin iç ortamlarına ilişkin elde edilen Partikül Madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin konsantrasyonları $0.0004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $26.2731 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. PM10 kütlesi iç ortam veri setinde $23.89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $397.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

Örneklenen mikroçevrelerin dış ortamlarına ilişkin olarak Tablo 4.30'dan da görüleceği gibi dış ortam Partikül Madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin konsantrasyonları $0.0010 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $13.6492 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. PM10 kütlesi dış ortam veri setinde $22.88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $196.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

Tablo 4.29: Kış Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Okul 1	183.54	*	0.1202	0.6667	3.9488	0.4418	13.1948	0.1304	0.0052	0.0271	0.0576	0.2733	0.0041	0.0677	0.0566	0.0012	0.0501
Okul 2	377.69	0.0804	1.1427	9.6138	5.2895	1.1477	18.7126	0.4626	0.0172	0.0367	0.2832	2.1690	0.0047	0.1631	1.3857	0.0242	0.5980
Okul 3	397.97	0.4651	1.7511	11.0815	0.7407	2.1730	26.2731	0.8503	0.0165	0.0207	0.2256	2.5095	0.0045	0.0693	0.1959	0.0032	0.1292
Ofis 1	81.50	*	0.1043	0.5756	0.7292	0.5201	0.6252	0.0627	0.0054	0.0119	0.0361	0.0303	0.0057	0.0723	0.0159	0.0007	0.0547
Ofis 2	28.03	*	0.1294	0.6061	0.3454	0.2070	0.9447	0.0555	0.0030	0.0131	0.0130	0.0196	0.0042	0.0662	*	0.0004	0.0340
Ofis 3	25.78	0.0285	0.1476	0.6602	0.4013	0.1838	0.6089	0.0220	0.0070	0.0106	0.0305	0.0146	0.0043	0.0691	*	0.0072	0.0525
Ofis 4	55.56	*	0.1479	1.5058	0.7904	0.2625	1.6791	0.0473	0.0029	0.0078	0.0421	0.1756	0.0045	0.0603	0.0175	0.0026	0.1061
Ofis 5	92.24	0.0134	0.3724	2.6827	1.0111	0.4379	2.7955	0.1555	0.0078	0.0204	0.0964	0.5468	0.0047	0.0736	0.0992	0.0024	0.1077
Ofis 6	87.18	*	0.1319	0.8022	0.7723	0.1924	0.8061	0.0465	0.0061	0.0200	0.0447	0.0833	0.0042	0.0604	0.0509	0.0013	0.1038
Ofis 7	77.08	*	0.2995	2.1497	1.0217	0.4061	2.1860	0.2286	0.0081	0.0202	0.0579	0.3508	0.0048	0.0683	0.0158	0.0010	0.0629
Ofis 8	23.89	0.0350	0.0432	0.1280	0.2032	0.1284	0.2823	0.0249	0.0024	0.0074	0.0256	*	0.0031	0.1066	*	0.0005	0.0396
Ofis 9	49.14	0.0138	0.1644	0.7884	0.6065	0.4041	0.7784	0.0880	0.0043	0.0124	0.0491	*	0.0050	0.0790	0.1010	0.0032	0.1296
Ofis 10	35.96	*	0.0598	0.2102	0.2775	0.1013	0.4576	0.0195	0.0026	0.0139	0.0340	*	0.0035	0.0934	*	0.0006	0.0452
Ev 1	43.49	0.0196	0.2427	1.1811	1.2545	0.3017	0.9951	0.0757	0.0048	0.0171	0.1405	0.4375	0.0044	0.0788	0.5292	0.0075	0.1999
Ev 2	57.00	0.0151	0.1642	0.8598	0.9680	0.3752	1.0577	0.1149	0.0089	0.0156	0.0805	0.3405	*	0.1208	0.3343	0.0043	0.1528
Ev 3	63.96	*	0.0711	0.5874	0.3413	0.2802	0.5504	0.0398	0.0029	0.0113	0.0468	*	0.0045	0.0602	*	0.0006	0.0679
Ev 4	59.55	0.0058	0.0678	0.8083	0.3954	0.2531	0.5673	0.0570	0.0030	0.0114	0.0538	0.0942	0.0045	0.0740	*	0.0008	0.0669
Ev 5	62.71	*	0.0587	1.1972	1.1256	0.2474	0.6406	0.0703	0.0131	0.0162	0.0759	0.1576	0.0049	0.1347	0.0486	0.0032	0.0825
Ev 6	44.67	*	0.0984	0.4764	0.4696	0.2861	0.3047	0.0266	0.0052	0.0148	0.0221	*	0.0044	0.0692	0.0514	0.0013	0.1165
Ev 7	41.57	*	0.1229	0.7087	0.6790	0.3193	0.8072	0.0590	0.0035	0.0139	0.0358	0.0653	0.0044	0.0651	0.0309	0.0018	0.1080
Ev 8	111.20	*	0.2390	1.3893	0.7302	0.5316	1.7926	0.1371	0.0047	0.0191	0.0539	0.2639	0.0061	0.1241	0.1435	0.0018	0.1543
Ev 9	45.38	*	0.1242	0.1750	0.1708	0.0953	0.3681	0.0536	0.0033	0.0134	0.0312	*	0.0036	0.0754	*	0.0005	0.0635
Ev 10	91.12	0.0284	0.3428	1.7411	0.9287	0.5484	2.0415	0.1694	0.0075	0.0197	0.0426	0.3261	0.0066	0.1961	0.0298	0.0015	0.1457
Ev 11	27.85	*	0.0514	0.1161	0.1247	0.2206	0.1665	0.0116	0.0022	0.0117	0.0104	*	0.0040	0.0659	*	0.0005	0.0561
Ev 12	24.94	0.0333	0.1083	0.4448	0.5180	0.1767	0.4614	0.0403	0.0040	0.0121	0.0165	0.0735	0.0045	0.0591	0.0445	0.0019	0.0438
Ev 13	33.78	*	0.0626	0.1502	0.1319	0.1781	0.2671	0.0191	0.0024	0.0112	0.0129	0.0268	0.0037	0.0563	0.0321	0.0008	0.0585
Ev 14	88.10	*	0.3245	1.9249	1.2273	0.5231	2.6312	0.2317	0.0153	0.0296	0.2312	1.0543	0.0049	0.0711	0.9665	0.0066	0.4255
Ev 15	58.33	0.0147	0.3125	1.5121	0.6960	0.2975	2.7471	0.1026	0.0061	0.0152	0.0688	0.3504	0.0045	0.0735	0.2011	0.0038	0.1299

*: Belirlenemedi

Tablo 4.30: Kış Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Okul 1	93.62	*	0.1198	0.4305	1.0057	0.6015	1.2822	0.1304	0.0080	0.0207	0.0700	0.5100	0.0053	0.0664	0.1046	0.0030	0.1322
Okul 2	138.38	*	0.5808	8.9209	3.2023	0.7407	7.1502	0.5677	0.0329	0.0370	0.5084	2.9186	0.0057	0.0813	1.8354	0.0387	0.3574
Okul 3	71.75	0.1026	0.5838	2.5404	0.4008	0.4361	7.3266	0.2575	0.0250	0.0286	0.2796	1.3690	0.0049	0.0703	0.2191	0.0094	0.1264
Ofis 1	33.35	*	0.1273	0.6164	0.4145	0.2244	1.2285	0.1127	0.0047	0.0078	0.0371	0.1816	0.0048	0.0585	0.1478	0.0010	0.0836
Ofis 2	53.21	*	0.1646	0.7389	0.6748	0.3079	2.3658	0.0948	0.0041	0.0147	0.0239	0.3386	0.0045	0.0698	0.0539	0.0010	0.0775
Ofis 3	22.88	*	0.1127	0.4942	0.2232	0.2276	1.0555	0.0547	0.0031	0.0095	0.0115	0.0786	0.0042	0.0571	0.0363	0.0012	0.0417
Ofis 4	92.50	0.1122	0.5033	3.6039	0.7448	0.5606	5.8855	0.4556	0.0109	0.0264	0.2170	1.5181	0.0041	0.0600	0.4150	0.0132	0.2790
Ofis 5	105.04	0.0984	0.6798	4.7044	1.2754	0.7067	6.0341	0.4572	0.0146	0.0261	0.2165	1.7163	0.0044	0.0535	0.1958	0.0052	0.1070
Ofis 6	120.15	*	1.1851	6.6172	0.8503	0.8065	10.6037	0.7134	0.0340	0.1229	0.2637	2.2038	0.0041	0.0581	0.2676	0.0099	0.0824
Ofis 7	113.07	*	0.9673	5.9516	1.1874	0.7785	8.1160	0.6828	0.0184	0.0373	0.5712	2.0462	0.0047	0.0624	0.1743	0.0029	0.0717
Ofis 8	42.32	0.0054	0.0983	0.2690	0.5634	0.3493	2.0896	0.1159	0.0051	0.0131	0.0143	0.0785	0.0045	0.0701	0.0684	0.0017	0.0718
Ofis 9	81.47	*	0.5659	2.8566	0.8896	0.7210	6.7534	0.3699	0.0088	0.0157	0.1609	0.7509	0.0044	0.0649	0.3192	0.0055	0.1928
Ofis 10	43.18	0.0117	0.1180	0.4337	0.5676	0.3551	2.9199	0.1342	0.0040	0.0153	0.0194	0.1210	0.0049	0.0703	0.0638	0.0015	0.0725
Ev 1	47.69	*	0.2107	1.0425	0.6947	0.2478	2.8108	0.1060	0.0052	0.0163	0.2103	0.8539	0.0039	0.0539	0.6338	0.0094	0.3771
Ev 2	79.09	0.0489	0.3280	2.3919	0.4107	0.4371	4.7026	0.3235	0.0077	0.0150	0.2252	1.0622	0.0041	0.1357	0.4438	0.0067	0.1134
Ev 3	63.31	*	0.1067	1.0935	0.8228	0.2692	1.0895	0.0525	0.0077	0.0136	0.0372	0.0545	0.0045	0.1808	0.0577	0.0023	0.0253
Ev 4	139.69	*	1.1260	7.8672	1.2325	1.0301	9.1219	0.6420	0.0061	0.0327	0.5393	2.3697	0.0043	0.1784	0.5784	0.0019	0.1444
Ev 5	118.28	*	0.2573	2.7332	2.0143	0.6510	5.7785	0.3387	0.0092	0.0421	0.2079	1.5658	0.0049	0.1611	0.2474	0.0060	0.1272
Ev 6	57.24	*	0.4931	2.8752	1.1881	0.3973	6.1097	0.2445	0.0107	0.0193	0.1175	0.7180	0.0047	0.0572	0.3759	0.0175	0.1519
Ev 7	137.84	0.0878	0.8833	4.4999	1.6606	1.0111	8.3271	0.4384	0.0146	0.0184	0.1248	1.1693	0.0052	0.0864	0.2041	0.0060	0.1134
Ev 8	162.24	*	1.7850	9.3135	1.2641	1.2246	10.8273	0.8968	0.0173	0.0249	0.2008	2.0564	0.0049	0.0755	0.4248	0.0071	0.1918
Ev 9	64.33	*	0.2263	0.9120	0.9898	0.4015	6.3276	0.2621	0.0073	0.0190	0.0685	0.7040	0.0048	0.0692	0.0372	0.0021	0.0641
Ev 10	68.31	*	0.6289	2.3381	1.0181	0.4851	5.0943	0.2915	0.0090	0.0181	0.0454	0.4697	0.0057	0.0834	0.0825	0.0020	0.0781
Ev 11	138.76	*	1.1694	6.8112	0.8643	1.3688	10.3782	0.7144	0.0126	0.0257	0.2267	2.2986	0.0042	0.0547	0.1897	0.0039	0.0974
Ev 12	49.27	*	0.4753	2.3001	1.1769	0.4287	5.5030	0.2989	0.0114	0.0145	0.0749	0.7997	0.0043	0.0606	0.2154	0.0045	0.1045
Ev 13	48.27	*	0.3359	1.7354	0.2505	0.3012	5.4680	0.1696	0.0112	0.0107	0.0401	0.5332	0.0043	0.0617	0.0762	0.0040	0.1086
Ev 14	196.82	0.0171	0.5123	2.6418	2.1244	1.1169	10.5076	0.8685	0.0387	0.0455	0.5023	3.3028	0.0046	0.2036	1.7059	0.0265	0.5269
Ev 15	163.92	0.1728	1.2921	6.5003	0.9660	0.8980	13.6492	0.6067	0.0181	0.0232	0.1952	1.9211	0.0043	0.0627	0.3862	0.0056	0.1591

*: Belirlenemedi

Tablo 4.31’de kış mevsiminde iç ortamlarda ölçülen PM10 fraksiyonundaki partikül madde (PM10 kütlesi ve partiküldeki ağır metaller ve eser elementlerin konsantrasyonları) konsantrasyonları ortalama, maksimum ve minimum değerler şeklinde verilmektedir. Tablo 4.32’de ise kış mevsimi için dış ortamlarda PM10 fraksiyonundaki partikül madde ölçüm sonuçları ortalama, maksimum ve minimum konsantrasyonlar şeklinde verilmektedir. Tablo 4.33’de ise kış mevsiminde örneklenen partikül madde (PM10) konsantrasyonları için belirlenen İç ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları görülmektedir.

İç Ortam Partikül Madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 4.31’de görüldüğü gibi $0.0031 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $3.0265 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. Tüm veri setinde major elementler, Si (1.5980), S (0.9249), K (0.4014), Fe (0.3345), Al (0.2502) sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir. Veri setinde eser elementler, Zn (0.1556), Pb (0.1209), Cu (0.0848) en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir.

Tablo 4.32’den anlaşılacağı üzere Dış Ortam Partikül Madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları $0.0046 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ni) ile $6.0181 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. Tüm veri setinde major elementler, Si (3.3298), Fe (1.2039), S (1.0242), K (0.6102), Al (0.5585) sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir. Veri setinde eser elementler, Zn (0.3414), Pb (0.1457), Cu (0.0846) sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir.

PM10 kış örnekleme için örneklenen iç ve dış ortamlar arasındaki ilişkiler yaz mevsimi sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Yaz mevsiminde olduğu gibi ağırlıklı olarak PM10 partikül fraksiyonunda tutunan toprak kaynaklı elementlerin hem dış ortam konsantrasyon değerlerinin hem de iç ortam konsantrasyon değerlerinin yüksek olması incelenen toprak kaynaklı elementlerin iç ortamlara taşınımının yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.33’de örneklenen okul, ofis ve evlerde ayrı ayrı İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları hesaplanarak PM10 partikül fraksiyonunda tespit edilen eser

elementlerin hangilerinin iç ortamlarda hangilerinin dış ortamlarda daha baskın olduğu belirlenmiştir. Tüm veri seti ortalama konsantrasyonları göz önüne alındığında Cu dışındaki tüm elementler için İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1'den küçük olduğu bulunmuştur. İç Ortam/Dış Ortam oranları PM 10 kütlesi için 1.03, ağır metaller için ise 0.27 (Fe) ile 1.06 (Cu) aralığında tespit edilmiştir. Bu durum PM10 partikül fraksiyonunda dış ortam kirletici kaynaklarının iç ortam kirletici kaynaklarına nazaran daha baskın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.31'e bakıldığında PM10 iç ortam sonuçları kış mevsiminde de dikkat çekmektedir. Okulların iç ortamlarında Ni dışındaki tüm ağır metallerin konsantrasyonları ofis ve evlere nazaran daha yüksek gözlenmiştir. Bu durum yaz mevsimi ölçümlerinde sadece toprak kaynaklı elementler için gözlemlenmişti. Ancak okulların iç ortamlarında yaz mevsimine oranla gözlenen yüksek kış mevsimi konsantrasyon düzeylerine rağmen İç Ortam/Dış Ortam oranlarının değişmemesi dış ortamın iç ortam için önemli bir kaynak olduğunu göstermektedir (Tablo 4.33).

Tablo 4.31: Kış Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	İÇ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	84.61 ± 92.02	397.98	23.89	319.73 ± 118.38	397.98	183.54	55.63 ± 26.99	92.2407	23.8891	56.91 ± 24.32	111.2022	24.9393
Mg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0275 ± 0.0875	0.4651	0.0010	0.1822 ± 0.2482	0.4651	0.0010	0.0097 ± 0.0128	0.0350	0.0010	0.0084 ± 0.0111	0.0333	0.0010
Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.2502 ± 0.3610	1.7511	0.0432	1.0047 ± 0.8242	1.7511	0.1202	0.1600 ± 0.1019	0.3724	0.0432	0.1594 ± 0.1049	0.3428	0.0514
Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.5980 ± 2.5620	11.0815	0.1161	7.1206 ± 5.6373	11.0815	0.6667	1.0109 ± 0.8384	2.6827	0.1280	0.8848 ± 0.5837	1.9249	0.1161
S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.9249 ± 1.1089	5.2895	0.1247	3.3263 ± 2.3374	5.2895	0.7407	0.6159 ± 0.2968	1.0217	0.2032	0.6507 ± 0.3870	1.2545	0.1247
K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.4014 ± 0.4040	2.1730	0.0953	1.2542 ± 0.8705	2.1730	0.4418	0.2843 ± 0.1458	0.5201	0.1013	0.3089 ± 0.1346	0.5484	0.0953
Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.0265 ± 6.0945	26.2731	0.1665	19.3935 ± 6.5657	26.2731	13.1948	1.1164 ± 0.8265	2.7955	0.2823	1.0266 ± 0.8610	2.7471	0.1665
Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1215 ± 0.1708	0.8503	0.0116	0.4811 ± 0.3603	0.8503	0.1304	0.0750 ± 0.0673	0.2286	0.0195	0.0806 ± 0.0611	0.2317	0.0116
V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0063 ± 0.0043	0.0172	0.0022	0.0130 ± 0.0068	0.0172	0.0052	0.0050 ± 0.0022	0.0081	0.0024	0.0058 ± 0.0039	0.0153	0.0022
Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0162 ± 0.0066	0.0367	0.0074	0.0282 ± 0.0080	0.0367	0.0207	0.0138 ± 0.0049	0.0204	0.0074	0.0155 ± 0.0048	0.0296	0.0112
Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0685 ± 0.0692	0.2832	0.0104	0.1888 ± 0.1172	0.2832	0.0576	0.0429 ± 0.0226	0.0964	0.0130	0.0615 ± 0.0576	0.2312	0.0104
Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.3345 ± 0.6136	2.5095	0.0005	1.6506 ± 1.2049	2.5095	0.2733	0.1222 ± 0.1862	0.5468	0.0005	0.2128 ± 0.2781	1.0543	0.0005
Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0044 ± 0.0011	0.0066	0.0005	0.0044 ± 0.0003	0.0047	0.0041	0.0044 ± 0.0007	0.0057	0.0031	0.0044 ± 0.0013	0.0066	0.0005
Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0848 ± 0.0338	0.1961	0.0563	0.1000 ± 0.0546	0.1631	0.0677	0.0749 ± 0.0147	0.1066	0.0603	0.0883 ± 0.0389	0.1961	0.0563
Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1556 ± 0.3164	1.3857	0.0010	0.5461 ± 0.7305	1.3857	0.0566	0.0304 ± 0.0397	0.1010	0.0010	0.1610 ± 0.2683	0.9665	0.0010
As ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0031 ± 0.0046	0.0242	0.0004	0.0096 ± 0.0128	0.0242	0.0012	0.0020 ± 0.0021	0.0072	0.0004	0.0025 ± 0.0022	0.0075	0.0005
Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1209 ± 0.1206	0.5980	0.0340	0.2591 ± 0.2961	0.5980	0.0501	0.0736 ± 0.0345	0.1296	0.0340	0.1248 ± 0.0950	0.4255	0.0438

Tablo 4.32: Kış Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	DIŞ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90.93 ± 45.62	196.82	22.88	101.25 ± 33.96	138.39	71.76	70.72 ± 35.84	120.15	22.88	102.34 ± 50.69	196.82	47.69
Mg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0241 ± 0.0459	0.1728	0.0010	0.0349 ± 0.0587	0.1026	0.0010	0.0234 ± 0.0434	0.1122	0.0010	0.0225 ± 0.0483	0.1728	0.0010
Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.5585 ± 0.4392	1.7850	0.0983	0.4281 ± 0.2671	0.5838	0.1198	0.4522 ± 0.3959	1.1851	0.0983	0.6554 ± 0.4891	1.7850	0.1067
Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.3298 ± 2.7389	9.3135	0.2690	3.9639 ± 4.4206	8.9209	0.4305	2.6286 ± 2.4681	6.6172	0.2690	3.6704 ± 2.6829	9.3135	0.9120
S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.0242 ± 0.6326	3.2023	0.2232	1.5363 ± 1.4742	3.2023	0.4008	0.7391 ± 0.3265	1.2754	0.2232	1.1119 ± 0.5200	2.1244	0.2505
K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.6102 ± 0.3220	1.3688	0.2244	0.5928 ± 0.1525	0.7407	0.4361	0.5038 ± 0.2351	0.8065	0.2244	0.6846 ± 0.3835	1.3688	0.2478
Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6.0181 ± 3.3925	13.6492	1.0555	5.2530 ± 3.4400	7.3266	1.2822	4.7052 ± 3.2436	10.6037	1.0555	7.0464 ± 3.3544	13.6492	1.0895
Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.3715 ± 0.2534	0.8968	0.0525	0.3185 ± 0.2249	0.5677	0.1304	0.3191 ± 0.2509	0.7134	0.0547	0.4169 ± 0.2671	0.8968	0.0525
V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0129 ± 0.0094	0.0387	0.0031	0.0220 ± 0.0127	0.0329	0.0080	0.0108 ± 0.0096	0.0340	0.0031	0.0125 ± 0.0082	0.0387	0.0052
Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0255 ± 0.0215	0.1229	0.0078	0.0288 ± 0.0082	0.0370	0.0207	0.0289 ± 0.0342	0.1229	0.0078	0.0226 ± 0.0102	0.0455	0.0107
Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1861 ± 0.1663	0.5712	0.0115	0.2860 ± 0.2193	0.5084	0.0700	0.1536 ± 0.1772	0.5712	0.0115	0.1877 ± 0.1529	0.5393	0.0372
Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.2039 ± 0.9161	3.3028	0.0545	1.5992 ± 1.2207	2.9186	0.5100	0.9034 ± 0.8738	2.2038	0.0785	1.3253 ± 0.8951	3.3028	0.0545
Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0046 ± 0.0005	0.0057	0.0039	0.0053 ± 0.0004	0.0057	0.0049	0.0045 ± 0.0003	0.0049	0.0041	0.0046 ± 0.0005	0.0057	0.0039
Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0846 ± 0.0434	0.2036	0.0535	0.0727 ± 0.0077	0.0813	0.0664	0.0625 ± 0.0060	0.0703	0.0535	0.1017 ± 0.0540	0.2036	0.0539
Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.3414 ± 0.4359	1.8354	0.0363	0.7197 ± 0.9679	1.8354	0.1046	0.1742 ± 0.1273	0.4150	0.0363	0.3773 ± 0.4125	1.7059	0.0372
As ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0071 ± 0.0083	0.0387	0.0010	0.0170 ± 0.0190	0.0387	0.0030	0.0043 ± 0.0042	0.0132	0.0010	0.0070 ± 0.0067	0.0265	0.0019
Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1457 ± 0.1124	0.5269	0.0253	0.2053 ± 0.1317	0.3574	0.1264	0.1080 ± 0.0722	0.2790	0.0417	0.1586 ± 0.1288	0.5269	0.0253

Tablo 4.33: Kış Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

	İÇ ORTAM / DIŞ ORTAM											
	Tüm Data			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM10 Kütlesi	1.03 ± 1.07	5.55	0.20	3.41 ± 1.89	5.55	1.96	0.90 ± 0.57	2.44	0.53	0.64 ± 0.30	1.33	0.20
Mg	0.86 ± 0.97	4.53	0.01	2.77 ± 2.50	4.53	1.00	0.60 ± 0.49	1.00	0.01	0.68 ± 0.45	1.00	0.01
Al	0.60 ± 0.64	3.00	0.04	1.99 ± 1.00	3.00	1.00	0.54 ± 0.35	1.31	0.11	0.37 ± 0.30	1.15	0.04
Si	0.64 ± 0.83	4.36	0.02	2.33 ± 1.78	4.36	1.08	0.58 ± 0.36	1.34	0.12	0.35 ± 0.31	1.13	0.02
S	0.96 ± 0.83	3.93	0.14	2.48 ± 1.26	3.93	1.65	0.92 ± 0.50	1.80	0.36	0.69 ± 0.61	2.36	0.14
K	0.81 ± 0.94	4.98	0.16	2.42 ± 2.25	4.98	0.73	0.69 ± 0.60	2.32	0.24	0.57 ± 0.34	1.22	0.16
Ca	0.44 ± 0.80	3.59	0.02	3.10 ± 0.69	3.59	2.62	0.30 ± 0.18	0.58	0.08	0.18 ± 0.15	0.51	0.02
Ti	0.43 ± 0.62	3.30	0.02	1.71 ± 1.39	3.30	0.81	0.30 ± 0.18	0.59	0.07	0.27 ± 0.23	0.76	0.02
V	0.55 ± 0.32	1.42	0.17	0.61 ± 0.08	0.66	0.52	0.55 ± 0.29	1.16	0.18	0.54 ± 0.37	1.42	0.17
Cr	0.79 ± 0.31	1.52	0.16	1.01 ± 0.29	1.31	0.73	0.76 ± 0.40	1.52	0.16	0.76 ± 0.24	1.09	0.35
Mn	0.62 ± 0.60	2.66	0.05	0.73 ± 0.15	0.82	0.56	0.89 ± 0.88	2.66	0.10	0.42 ± 0.32	1.26	0.05
Fe	0.27 ± 0.39	1.83	0.00	1.04 ± 0.70	1.83	0.54	0.15 ± 0.09	0.32	0.04	0.17 ± 0.21	0.69	0.00
Ni	0.95 ± 0.22	1.23	0.12	0.84 ± 0.08	0.93	0.78	0.99 ± 0.17	1.19	0.68	0.95 ± 0.26	1.23	0.12
Cu	1.06 ± 0.36	2.01	0.33	1.34 ± 0.58	2.01	0.99	1.20 ± 0.18	1.52	0.95	0.89 ± 0.35	1.46	0.33
Zn	0.40 ± 0.26	0.89	0.04	0.73 ± 0.18	0.89	0.54	0.21 ± 0.17	0.51	0.04	0.41 ± 0.24	0.83	0.14
As	0.40 ± 0.20	0.80	0.07	0.46 ± 0.15	0.63	0.35	0.38 ± 0.17	0.64	0.13	0.40 ± 0.23	0.80	0.07
Pb	0.83 ± 0.38	1.87	0.38	1.02 ± 0.65	1.67	0.38	0.77 ± 0.32	1.26	0.38	0.82 ± 0.39	1.87	0.42

4.2.4. Partikül madde (PM2.5) ölçüm sonuçları

Ölçümü yapılan okul, ofis ve evlerin belirlenen iç ve dış ortamlarında ve kişilerde kış mevsiminde yapılan Partikül Madde (PM2.5) örnekleme sonuçları sırasıyla Tablo 4.34, Tablo 4.35 ve Tablo 4.36'da verilmektedir.

Tablo 4.34'de görüldüğü gibi örneklenen okul, ofis ve evlerin iç ortamlarına ilişkin elde edilen Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin konsantrasyonları $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $4.3105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. PM2.5 kütlesi iç ortam veri setinde $6.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $41.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

Dış ortam Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin konsantrasyonları Tablo 4.35'de görüldüğü gibi $0.0007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $4.0722 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Si) arasında değişmektedir. PM2.5 kütlesi dış ortam veri setinde $4.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $57.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

Örnekleme yapılan tüm mikroçevrelerden belirlenen birer kişi ile yapılan kişisel örnekleme sonucu elde edilen Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin konsantrasyonları Tablo 4.36'da görüldüğü gibi $0.0010 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $4.7439 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Si) arasında değişmektedir. PM2.5 kütlesi kişisel örnekleme veri setinde $29.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $284.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

Tablo 4.34: Kış Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Okul 1	17.29	*	0.0284	0.1135	1.3418	0.0796	1.8690	0.0110	0.0024	0.0078	0.0197	*	0.0030	0.0475	0.0283	0.0002	0.0262
Okul 2	16.12	*	0.0765	1.1082	0.6085	0.0756	1.1308	0.0506	0.0052	0.0066	0.0203	0.2576	0.0035	0.0501	0.0880	0.0026	0.1058
Okul 3	29.72	0.0274	0.5234	3.0587	0.3426	0.3268	4.3105	0.2539	0.0066	0.0076	0.0445	0.3549	0.0033	0.0545	*	0.0004	0.0576
Ofis 1	40.60	*	0.0118	0.2482	0.5444	0.2390	0.1425	0.0404	0.0051	0.0068	0.0185	*	0.0043	0.0537	*	0.0004	0.0421
Ofis 2	9.28	*	0.0547	0.2634	0.2571	0.0964	0.3220	0.0243	0.0022	0.0097	0.0053	*	0.0031	0.0526	*	0.0002	0.0219
Ofis 3	19.11	0.0285	0.0625	0.3607	0.3300	0.1207	0.2935	0.0095	0.0024	0.0056	0.0102	*	0.0032	0.0563	*	0.0003	0.0332
Ofis 4	30.00	*	0.0481	0.9566	0.6409	0.1547	0.7232	0.0160	0.0020	0.0038	0.0275	0.0889	0.0034	0.0448	0.0153	0.0018	0.0774
Ofis 5	41.66	0.0134	0.0495	0.8141	0.6217	0.1765	0.4711	0.0544	0.0050	0.0080	0.0398	0.0816	0.0035	0.0575	0.0512	0.0014	0.0739
Ofis 6	40.95	*	0.0718	0.4705	0.7090	0.1385	0.4107	0.0236	0.0055	0.0101	0.0337	0.0582	0.0031	0.0472	0.0450	0.0010	0.0869
Ofis 7	34.31	*	0.0619	0.7265	0.6499	0.1846	0.5972	0.1128	0.0048	0.0069	0.0199	0.0769	0.0036	0.0504	*	0.0003	0.0316
Ofis 8	16.15	*	0.0342	0.0797	0.1640	0.0877	0.1217	0.0135	0.0020	0.0032	0.0130	*	0.0031	0.0433	*	0.0003	0.0211
Ofis 9	37.68	*	0.0651	0.4122	0.5502	0.3315	0.4023	0.0676	0.0037	0.0055	0.0404	*	0.0037	0.0615	0.0987	0.0028	0.1057
Ofis 10	20.33	*	0.0458	0.1502	0.2146	0.0502	0.2406	0.0127	0.0022	0.0084	0.0183	*	0.0035	0.0475	*	0.0003	0.0275
Ev 1	23.15	0.0196	0.1311	0.7300	1.0585	0.2008	0.4491	0.0485	0.0042	0.0085	0.0978	0.3060	0.0033	0.0629	0.3625	0.0051	0.1523
Ev 2	29.98	0.0151	0.0806	0.4016	0.8278	0.2446	0.3981	0.0740	0.0076	0.0079	0.0427	0.1709	*	0.0705	0.1993	0.0022	0.1130
Ev 3	36.62	*	0.0205	0.2564	0.2761	0.1755	0.1411	0.0135	0.0025	0.0044	0.0395	*	0.0034	0.0432	*	0.0004	0.0512
Ev 4	41.08	*	0.0095	0.5264	0.3179	0.1800	0.2526	0.0369	0.0026	0.0060	0.0255	0.0922	0.0033	0.0585	*	0.0003	0.0452
Ev 5	17.55	*	0.0496	0.9309	0.8245	0.1282	0.3184	0.0526	0.0087	0.0063	0.0548	0.0784	0.0036	0.0511	0.0349	0.0024	0.0543
Ev 6	34.56	*	0.0282	0.2981	0.4292	0.2454	0.1350	0.0124	0.0049	0.0080	0.0170	*	0.0033	0.0535	0.0514	0.0010	0.1045
Ev 7	13.29	*	0.0224	0.2223	0.4331	0.1366	0.1892	0.0273	0.0025	0.0080	0.0150	*	0.0033	0.0464	*	0.0007	0.0712
Ev 8	40.93	*	0.0421	0.5174	0.6112	0.2567	0.5131	0.0577	0.0027	0.0093	0.0150	*	0.0045	0.1035	0.1284	0.0008	0.1229
Ev 9	21.11	*	0.0787	0.1042	0.1350	0.0358	0.0753	0.0391	0.0024	0.0064	0.0131	*	0.0036	0.0601	*	0.0003	0.0552
Ev 10	24.10	0.0284	0.1608	0.8437	0.7481	0.2140	0.7405	0.0886	0.0050	0.0098	0.0106	0.0766	0.0049	0.0758	0.0218	0.0006	0.1083
Ev 11	23.08	*	0.0224	0.0774	0.1126	0.1957	0.1037	0.0060	0.0020	0.0071	0.0043	*	0.0029	0.0504	*	0.0004	0.0410
Ev 12	6.15	*	0.0571	0.1568	0.2827	0.0604	0.1040	0.0136	0.0028	0.0082	0.0055	*	0.0033	0.0467	0.0445	0.0006	0.0372
Ev 13	23.57	*	0.0434	0.0922	0.1115	0.1361	0.0669	0.0067	0.0018	0.0070	0.0053	*	0.0027	0.0397	0.0321	0.0004	0.0343
Ev 14	15.52	*	0.0339	0.2961	0.6800	0.0971	0.3348	0.0678	0.0150	0.0105	0.0492	0.0757	0.0036	0.0551	0.3154	0.0061	0.2164
Ev 15	14.86	0.0147	0.1229	0.5600	0.4919	0.0955	0.8194	0.0444	0.0041	0.0072	0.0288	0.0656	0.0033	0.0576	0.0509	0.0012	0.0701

*: Belirlenemedi

Tablo 4.35: Kış Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi (µg/m ³)	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
		(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
Okul 1	28.17	*	0.0685	0.1043	0.7147	0.2273	0.1053	0.0421	0.0061	0.0099	0.0226	0.0642	0.0039	0.0409	0.0707	0.0019	0.1060
Okul 2	48.88	*	0.0475	4.0722	2.7359	0.4061	1.0258	0.1291	0.0273	0.0142	0.2028	1.4767	0.0042	0.0482	1.1961	0.0263	0.1235
Okul 3	30.45	*	0.2569	0.6271	0.1442	0.2220	0.9944	0.0980	0.0222	0.0139	0.1362	0.6873	0.0036	0.0480	0.0457	0.0076	0.0686
Ofis 1	11.03	*	0.0508	0.1127	0.3085	0.0739	0.0577	0.0160	0.0036	0.0041	0.0129	*	0.0034	0.0377	0.0402	0.0007	0.0603
Ofis 2	15.77	*	0.0237	0.0719	0.4364	0.0748	0.0786	0.0196	0.0032	0.0056	0.0034	*	0.0033	0.0409	0.0431	0.0007	0.0647
Ofis 3	11.96	*	0.0199	0.0630	0.1147	0.1024	0.1723	0.0145	0.0028	0.0038	0.0027	*	0.0031	0.0403	0.0220	0.0010	0.0329
Ofis 4	25.62	0.1122	0.1133	0.8965	0.4647	0.1066	1.1828	0.1153	0.0076	0.0087	0.0374	0.2846	0.0030	0.0360	0.0649	0.0044	0.0974
Ofis 5	32.14	*	0.1307	1.1104	0.8642	0.1978	0.9589	0.1177	0.0110	0.0090	0.0651	0.4214	0.0032	0.0320	0.0389	0.0037	0.0583
Ofis 6	20.83	*	0.3404	1.0344	0.4679	0.1605	2.8337	0.2390	0.0283	0.0202	0.0213	0.4247	0.0029	0.0339	0.0177	0.0074	0.0266
Ofis 7	17.71	*	0.2686	1.2556	0.6869	0.1041	1.4424	0.1792	0.0120	0.0080	0.3667	0.2863	0.0033	0.0402	0.0214	0.0016	0.0321
Ofis 8	19.54	*	0.0634	0.1000	0.4940	0.2109	0.2042	0.0500	0.0045	0.0078	0.0058	*	0.0033	0.0391	0.0416	0.0015	0.0624
Ofis 9	13.42	*	0.1193	0.3010	0.5498	0.2091	0.4809	0.0752	0.0053	0.0060	0.0253	*	0.0032	0.0436	0.0751	0.0025	0.1126
Ofis 10	18.77	*	0.0763	0.1412	0.4610	0.1969	0.2443	0.0416	0.0032	0.0090	0.0079	*	0.0035	0.0420	0.0406	0.0013	0.0608
Ev 1	17.83	*	0.0472	0.0646	0.3908	0.0833	0.1039	0.0254	0.0044	0.0065	0.0366	0.1819	0.0028	0.0344	0.1792	0.0049	0.2687
Ev 2	20.72	*	0.0572	0.5808	0.1432	0.0329	0.0875	0.0417	0.0036	0.0033	0.0168	*	0.0030	0.0330	0.0177	0.0017	0.0266
Ev 3	19.88	*	0.0459	0.4159	0.4584	0.1012	0.4269	0.0227	0.0060	0.0050	0.0146	*	0.0032	0.1631	*	0.0018	*
Ev 4	22.06	*	0.1081	1.1879	0.5205	0.1564	0.9459	0.0781	0.0056	0.0050	0.0346	0.1117	0.0030	0.0370	*	0.0017	*
Ev 5	57.01	*	0.0810	1.3230	1.7511	0.3204	0.6774	0.1292	0.0050	0.0215	0.0967	0.6171	0.0037	0.0427	0.1369	0.0046	0.0914
Ev 6	22.39	*	0.0813	0.5081	0.9729	0.1523	0.5710	0.0770	0.0086	0.0095	0.0434	0.1974	0.0034	0.0383	0.2727	0.0161	0.0868
Ev 7	37.74	*	0.2457	0.6200	1.2083	0.2914	1.0687	0.1106	0.0108	0.0089	0.0083	0.0257	0.0038	0.0498	0.0404	0.0036	0.0606
Ev 8	15.39	*	0.2009	0.5200	0.5382	0.0902	0.9090	0.0996	0.0085	0.0077	0.0128	0.0121	0.0036	0.0490	0.0519	0.0026	0.0778
Ev 9	25.12	*	0.1358	0.3311	0.7778	0.1628	0.7769	0.0692	0.0054	0.0062	0.0131	0.0642	0.0035	0.0421	0.0212	0.0017	0.0318
Ev 10	26.50	*	0.4222	1.2086	0.6498	0.2083	2.2405	0.1785	0.0077	0.0096	0.0080	0.1986	0.0041	0.0480	0.0258	0.0014	0.0386
Ev 11	11.81	*	0.0353	0.1841	0.3084	0.0969	0.3746	0.0088	0.0046	0.0069	0.0032	*	0.0029	0.0320	0.0165	0.0008	0.0247
Ev 12	4.11	*	0.1575	0.4814	0.8690	0.1636	0.7348	0.1585	0.0092	0.0082	0.0490	0.3643	0.0031	0.0385	0.1918	0.0042	0.0821
Ev 13	5.17	*	0.0574	0.0479	0.1390	0.0726	0.0891	0.0080	0.0095	0.0049	0.0055	*	0.0031	0.0374	0.0603	0.0038	0.0905
Ev 14	20.60	0.0171	0.3145	0.7247	1.6035	0.1402	1.0982	0.1607	0.0288	0.0136	0.0394	0.3134	0.0035	0.0416	0.2583	0.0068	0.1334
Ev 15	20.08	*	0.3288	0.8216	0.5897	0.1297	2.2262	0.1465	0.0116	0.0120	0.0295	0.3860	0.0031	0.0406	0.0412	0.0014	0.0617

*: Belirlenemedi

Tablo 4.36: Kış Mevsiminde Kişisel Örneklemede Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Element Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi (µg/m ³)	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb
		(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
Okul 1	284.21	*	0.7219	2.4099	0.4655	1.1796	0.1585	0.0200	0.0174	0.0504	0.4845	0.0060	0.1994	0.0732	0.0022	0.1055
Okul 2	87.68	0.4686	4.7439	4.5589	1.1221	3.0986	0.1521	0.0301	0.0466	0.1376	1.1689	0.0204	0.5960	1.1294	0.0239	0.2706
Okul 3	67.79	0.5718	1.1181	0.4639	0.7445	3.6128	0.1393	0.0151	0.0357	0.0795	0.3936	0.0117	0.3376	0.2786	0.0103	0.0850
Ofis 1	182.27	*	0.3628	1.1876	0.2113	0.2312	0.0352	0.0112	0.0062	0.0462	*	0.0022	0.0470	0.0290	0.0042	0.0284
Ofis 2	34.33	*	0.1109	0.2832	0.0327	0.1740	0.0339	0.0125	0.0044	0.0251	*	0.0014	0.0486	0.0139	0.0098	0.0392
Ofis 3	102.27	*	0.2469	0.4615	0.1013	0.1058	0.0223	0.0048	0.0051	0.0348	*	0.0017	0.0422	0.0294	0.0014	0.0479
Ofis 4	126.78	*	0.1087	0.5296	0.0989	0.2997	0.0178	0.0055	0.0045	0.0689	*	0.0022	0.1886	0.1416	0.0010	0.1203
Ofis 5	211.95	0.4242	2.0677	2.3618	0.8994	2.9342	0.2586	0.0217	0.0369	0.1004	1.0486	0.0117	0.3634	0.1401	0.0053	0.0731
Ofis 6	42.34	0.2250	1.8352	1.3888	0.4112	0.7403	0.1264	0.0087	0.0209	0.0928	0.8043	0.0076	0.6244	0.4147	0.0039	0.1142
Ofis 7	94.03	0.2479	1.4218	1.8815	0.3443	1.0537	0.1751	0.0091	0.0195	0.0452	0.5512	0.0072	0.1910	0.0693	0.0121	0.0349
Ofis 8	42.59	0.0520	0.1318	0.4090	0.2115	0.0080	0.0110	0.0098	0.0191	0.0040	*	0.0034	0.0422	0.0365	0.0013	0.0577
Ofis 9	135.85	*	0.4309	1.9443	0.1121	0.2744	0.0542	0.0156	0.0082	0.0750	0.0189	0.0027	0.1310	0.2322	0.0095	0.1088
Ofis 10	117.98	0.0934	0.2852	1.0018	0.1393	0.2213	0.0692	0.0098	0.0068	0.0445	0.2373	0.0030	0.1688	0.1063	0.0054	0.0704
Ev 1	58.61	0.1867	0.8854	1.4809	0.2667	0.8722	0.0797	0.0063	0.0128	0.1325	0.8632	0.0053	0.3636	0.4156	0.0147	0.1802
Ev 2	211.55	*	0.4708	0.8549	0.3116	0.7072	0.0741	0.0200	0.0135	0.0379	0.0464	0.0048	0.1364	0.2143	0.0074	0.0996
Ev 3	182.22	*	0.5190	1.1061	0.2218	0.2227	0.0119	0.0071	0.0071	0.0761	*	0.0034	0.0604	0.0099	0.0011	0.0385
Ev 4	118.48	0.1318	0.9022	1.2683	0.2601	0.4113	0.0521	0.0101	0.0133	0.0859	0.3475	0.0044	0.1619	0.1891	0.0064	0.1009
Ev 5	68.88	*	0.9185	2.2172	0.1877	0.1803	0.0834	0.0374	0.0100	0.0950	0.4599	0.0045	0.1890	0.1227	0.0042	0.0229
Ev 6	81.96	*	0.2437	0.6070	0.0998	0.1000	0.0511	0.0074	0.0049	0.0511	0.2282	0.0020	0.1639	0.1515	0.0045	0.0642
Ev 7	53.92	*	0.1078	0.5954	0.0990	0.2696	0.0468	0.0045	0.0046	0.0207	*	0.0018	0.0670	0.0893	0.0024	0.0684
Ev 8	121.88	0.1864	0.8233	1.8688	0.3881	0.7513	0.1359	0.0267	0.0142	0.0544	0.3376	0.0045	0.1916	0.2401	0.0099	0.1481
Ev 9	47.24	*	0.3654	1.2402	0.1121	0.4069	0.0566	0.0053	0.0083	0.0198	*	0.0030	0.0430	0.0231	0.0011	0.0185
Ev 10	148.49	0.3511	1.2719	2.1481	0.6085	1.0368	0.1282	0.0346	0.0191	0.0595	0.6257	0.0073	0.1824	0.1191	0.0057	0.1018
Ev 11	45.60	*	0.0267	0.2481	0.0322	0.0716	0.0121	0.0039	0.0022	0.0057	*	0.0009	0.0442	0.0363	0.0022	0.0283
Ev 12	29.41	*	0.3325	1.3107	0.1090	0.2170	0.0614	0.0059	0.0064	0.0268	0.1505	0.0019	0.1108	0.0383	0.0017	0.0477
Ev 13	101.60	*	0.0637	0.2791	0.0776	0.1703	0.0295	0.0075	0.0039	0.0310	*	0.0019	0.0668	0.0064	0.0096	0.0164
Ev 14	136.61	0.3053	1.6542	3.0224	0.6113	1.6087	0.1508	0.0473	0.0275	0.1310	0.9739	0.0095	0.2024	0.7503	0.0346	0.2871
Ev 15	52.85	*	0.4808	2.1266	0.1769	0.4184	0.0959	*	0.0147	0.0669	0.2127	0.0038	0.0840	0.2678	0.0017	0.1625

*: Belirlenemedi

Tablo 4.37’de kış mevsimi için iç ortamlarda PM2.5 fraksiyonundaki partikül madde (PM2.5 kütlesi ve partiküldeki ağır metaller ve eser elementlerin konsantrasyonları) konsantrasyonları ortalama, maksimum ve minimum değerler şeklinde verilmektedir. Tablo 4.38’de kış mevsimi için dış ortamlarda PM2.5 fraksiyonundaki partikül madde ölçüm sonuçları ortalama, maksimum ve minimum konsantrasyonlar şeklinde verilmektedir. 4.39’da ise kış mevsimi için okul, ofis ve evlerde yapılan kişisel örnekleme ile elde edilen PM2.5 fraksiyonundaki partikül madde ölçüm sonuçları ortalama, maksimum ve minimum konsantrasyonlar şeklinde verilmektedir. Kış mevsiminde örneklenen partikül madde (PM2.5) konsantrasyonları için belirlenen İç ortam/Dış Ortam, Kişisel/İç Ortam ve Kişisel/Dış Ortam konsantrasyon oranları sırasıyla Tablo 4.40, Tablo 4.41 ve Tablo 4.42’de görülmektedir.

İç Ortam Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 4.37’de görüldüğü gibi $0.0012 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (As) ile $0.5599 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. Tüm veri setinde major elementler, Si (0.5277), S (0.5112), K (0.1594), Al (0.0727), Fe (0.0640) sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir. Veri setinde eser elementler, Pb (0.0710), Zn (0.0564), Cu (0.0551) en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir.

Dış Ortam Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları $0.0033 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ni) ile $0.7897 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. Tüm veri setinde major elementler, S (0.6916), Si (0.6753), Fe (0.2187), K (0.1605), Al (0.1392) sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir. Veri setinde eser elementler, Zn (0.1083), Pb (0.0708), Cu (0.0446) Tablo 4.38’de gösterildiği gibi en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir.

Kişisel Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 4.39’da görüldüğü gibi $0.0050 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ni) ile $1.4020 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (S) arasında değişmektedir. Tüm veri setinde major elementler, Si (0.8090), Ca (0.7635), Fe (0.3199), K (0.3020), Al (0.1164), sırasıyla en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir. Veri setinde eser elementler, Zn (0.1917), Cu (0.1803), Pb (0.0907) en yüksek ortalama konsantrasyonlara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sahiptir.

PM10 örnekleme sonuçları ile benzer şekilde, PM2.5 fraksiyonundaki toprak kaynaklı major elementlerin iç ve dış ortam konsantrasyonları yüksek düzeylerde bulunmuştur. Yaz mevsiminde olduğu gibi kış mevsiminde de özellikle Al, Si ve Ca gibi toprak kaynaklı elementler PM10 partikül fraksiyonuna tutunma eğilimi gösterirken S, Cu, Zn, Pb gibi insan kaynaklı elementlerin toplam kütle içerisinde tutunma eğiliminin PM2.5 partiküllerinde ağırlık kazandığı söylenebilir.

Tablo 4.41 incelendiğinde Kişisel/İç Ortam oranları tüm elementler için 1'in üzerinde olduğu görülmektedir. Bu oranın yaz örneklemeinde olduğu gibi özellikle S, V, Cr, Cu ve As gibi yanma kaynaklı elementlerde 2-5 aralığında, Tablo 4.42'de verilen kişisel/dış ortam oranlarını incelediğimizde ise 1-3 aralığında olduğu görülmektedir. Ancak nerdeyse bütün elementlerde hem kişisel/iç ortam hem de kişisel/dış ortam oranlarının 1'in üzerinde olması bu kirleticiler için iç ortam ve dış ortam kaynaklarının dışında kişisel aktiviteler nedeniyle gerçekleşen bir maruziyetin söz konusu olduğunu göstermektedir. İç ortam ile dış ortam arasındaki ilişkinin incelenebilmesi için hesaplanan İç Ortam/Dış Ortam oranlarının genellikle 1'in altında bulunması iç ortam PM2.5 kirlilik düzeylerine dış ortamın katkısının önemli olduğuna işaret etmektedir. Ancak, yaz örneklemeinde olduğu gibi kış örneklemeinde de toplam PM2.5 kütlesi için belirlenen İç Ortam/Dış Ortam oranı 1'in üzerinde bulunmuştur. Bu nedenle, iç ortam kirliliğinin yalnızca dış ortam etkisi ile oluşmadığı düşünülmelidir (Tablo 4.40).

İç ve dış ortam PM2.5 sonuçları incelendiğinde en yüksek konsantrasyonlara sahip elementler iç ortam için sırasıyla Ca, Si ve S; dış ortam için sırasıyla Ca, S ve Si iken Kişisel PM2.5 sonuçlarında ise sıralama tamamen değişerek S, Si, Ca şeklinde elde edilmiştir. Yanma kaynaklı S elementinin kişisel PM2.5 sonuçlarında en yüksek konsantrasyona sahip olması bölgenin sanayi ve trafikten kaynaklanan kirlilikten yoğun şekilde etkilendiğini göstermektedir. Yaz örneklemeinde S elementinin ortalama kişisel konsantrasyonu $1.0654 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken bu değer kış mevsiminde yaklaşık %30 artarak $1.4020 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerine ulaşmaktadır. Kış mevsiminde trafiğin yanısıra ısınma amaçlı fosil yakıtların yakılması S elementinin konsantrasyonundaki artışı açıklamaktadır.

Tablo 4.37: Kış Mevsiminde İç Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	İÇ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM 2.5 Kütle (µg/m³)	25.67 ± 10.73	41.66	6.15	21.04 ± 7.54	29.72	16.12	29.01 ± 11.88	41.6598	9.2785	24.37 ± 10.43	41.0809	6.1538
Mg (µg/m³)	0.0060 ± 0.0094	0.0285	0.0010	0.0098 ± 0.0152	0.0274	0.0010	0.0050 ± 0.0091	0.0285	0.0010	0.0059 ± 0.0090	0.0284	0.0010
Al (µg/m³)	0.0727 ± 0.0951	0.5234	0.0095	0.2094 ± 0.2730	0.5234	0.0284	0.0505 ± 0.0175	0.0718	0.0118	0.0602 ± 0.0457	0.1608	0.0095
Si (µg/m³)	0.5277 ± 0.5792	3.0587	0.0774	1.4268 ± 1.4982	3.0587	0.1135	0.4482 ± 0.2940	0.9566	0.0797	0.4009 ± 0.2754	0.9309	0.0774
S (µg/m³)	0.5112 ± 0.2940	1.3418	0.1115	0.7643 ± 0.5175	1.3418	0.3426	0.4682 ± 0.2048	0.7090	0.1640	0.4894 ± 0.2932	1.0585	0.1115
K (µg/m³)	0.1594 ± 0.0787	0.3315	0.0358	0.1607 ± 0.1439	0.3268	0.0756	0.1580 ± 0.0815	0.3315	0.0502	0.1602 ± 0.0686	0.2567	0.0358
Ca (µg/m³)	0.5599 ± 0.8281	4.3105	0.0669	2.4368 ± 1.6641	4.3105	1.1308	0.3725 ± 0.1908	0.7232	0.1217	0.3094 ± 0.2376	0.8194	0.0669
Ti (µg/m³)	0.0457 ± 0.0491	0.2539	0.0060	0.1052 ± 0.1303	0.2539	0.0110	0.0375 ± 0.0328	0.1128	0.0095	0.0393 ± 0.0260	0.0886	0.0060
V (µg/m³)	0.0042 ± 0.0028	0.0150	0.0018	0.0047 ± 0.0022	0.0066	0.0024	0.0035 ± 0.0015	0.0055	0.0020	0.0046 ± 0.0035	0.0150	0.0018
Cr (µg/m³)	0.0073 ± 0.0018	0.0105	0.0032	0.0073 ± 0.0006	0.0078	0.0066	0.0068 ± 0.0023	0.0101	0.0032	0.0076 ± 0.0016	0.0105	0.0044
Mn (µg/m³)	0.0263 ± 0.0201	0.0978	0.0043	0.0282 ± 0.0141	0.0445	0.0197	0.0227 ± 0.0122	0.0404	0.0053	0.0283 ± 0.0253	0.0978	0.0043
Fe (µg/m³)	0.0640 ± 0.0972	0.3549	0.0005	0.2043 ± 0.1831	0.3549	0.0005	0.0309 ± 0.0399	0.0889	0.0005	0.0580 ± 0.0858	0.3060	0.0005
Ni (µg/m³)	0.0033 ± 0.0007	0.0049	0.0005	0.0033 ± 0.0002	0.0035	0.0030	0.0034 ± 0.0004	0.0043	0.0031	0.0033 ± 0.0009	0.0049	0.0005
Cu (µg/m³)	0.0551 ± 0.0125	0.1035	0.0397	0.0507 ± 0.0035	0.0545	0.0475	0.0515 ± 0.0059	0.0615	0.0433	0.0583 ± 0.0159	0.1035	0.0397
Zn (µg/m³)	0.0564 ± 0.0925	0.3625	0.0010	0.0391 ± 0.0445	0.0880	0.0010	0.0216 ± 0.0333	0.0987	0.0010	0.0831 ± 0.1176	0.3625	0.0010
As (µg/m³)	0.0012 ± 0.0015	0.0061	0.0002	0.0011 ± 0.0013	0.0026	0.0002	0.0009 ± 0.0009	0.0028	0.0002	0.0015 ± 0.0018	0.0061	0.0003
Pb (µg/m³)	0.0710 ± 0.0452	0.2164	0.0211	0.0632 ± 0.0401	0.1058	0.0262	0.0521 ± 0.0308	0.1057	0.0211	0.0851 ± 0.0512	0.2164	0.0343

Tablo 4.38: Kış Mevsiminde Dış Ortamlarda Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	DIŞ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM 2.5 Kütleli ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	22.17 ± 11.55	57.01	4.12	35.83 ± 11.35	48.88	28.17	18.68 ± 6.46	32.1429	11.0316	21.76 ± 12.77	57.0143	4.1154
Mg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0055 ± 0.0211	0.1122	0.0010	0.0010 ± 0.0000	0.0010	0.0010	0.0121 ± 0.0352	0.1122	0.0010	0.0021 ± 0.0042	0.0171	0.0010
Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1392 ± 0.1126	0.4222	0.0199	0.1243 ± 0.1153	0.2569	0.0475	0.1206 ± 0.1054	0.3404	0.0199	0.1546 ± 0.1218	0.4222	0.0353
Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.6753 ± 0.7857	4.0722	0.0479	1.6012 ± 2.1559	4.0722	0.1043	0.5087 ± 0.4987	1.2556	0.0630	0.6013 ± 0.3968	1.3230	0.0479
S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.6916 ± 0.5634	2.7359	0.1147	1.1983 ± 1.3618	2.7359	0.1442	0.4848 ± 0.2002	0.8642	0.1147	0.7280 ± 0.4842	1.7511	0.1390
K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1605 ± 0.0838	0.4061	0.0329	0.2851 ± 0.1048	0.4061	0.2220	0.1437 ± 0.0569	0.2109	0.0739	0.1468 ± 0.0784	0.3204	0.0329
Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.7897 ± 0.7127	2.8337	0.0577	0.7085 ± 0.5227	1.0258	0.1053	0.7656 ± 0.8781	2.8337	0.0577	0.8220 ± 0.6647	2.2405	0.0875
Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0876 ± 0.0619	0.2390	0.0080	0.0897 ± 0.0441	0.1291	0.0421	0.0868 ± 0.0758	0.2390	0.0145	0.0876 ± 0.0584	0.1785	0.0080
V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0095 ± 0.0077	0.0288	0.0028	0.0185 ± 0.0111	0.0273	0.0061	0.0081 ± 0.0078	0.0283	0.0028	0.0086 ± 0.0061	0.0288	0.0036
Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0089 ± 0.0045	0.0215	0.0033	0.0127 ± 0.0024	0.0142	0.0099	0.0082 ± 0.0046	0.0202	0.0038	0.0086 ± 0.0045	0.0215	0.0033
Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0472 ± 0.0767	0.3667	0.0027	0.1205 ± 0.0911	0.2028	0.0226	0.0549 ± 0.1113	0.3667	0.0027	0.0275 ± 0.0244	0.0967	0.0032
Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.2187 ± 0.3179	1.4767	0.0005	0.7427 ± 0.7079	1.4767	0.0642	0.1420 ± 0.1883	0.4247	0.0005	0.1650 ± 0.1854	0.6171	0.0005
Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0033 ± 0.0004	0.0042	0.0028	0.0039 ± 0.0003	0.0042	0.0036	0.0032 ± 0.0002	0.0035	0.0029	0.0033 ± 0.0004	0.0041	0.0028
Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0446 ± 0.0238	0.1631	0.0320	0.0457 ± 0.0041	0.0482	0.0409	0.0386 ± 0.0037	0.0436	0.0320	0.0485 ± 0.0322	0.1631	0.0320
Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1083 ± 0.2251	1.1961	0.0010	0.4375 ± 0.6571	1.1961	0.0457	0.0405 ± 0.0183	0.0751	0.0177	0.0877 ± 0.0944	0.2727	0.0010
As ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0042 ± 0.0054	0.0263	0.0007	0.0120 ± 0.0128	0.0263	0.0019	0.0025 ± 0.0021	0.0074	0.0007	0.0038 ± 0.0038	0.0161	0.0008
Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0708 ± 0.0519	0.2687	0.0010	0.0994 ± 0.0281	0.1235	0.0686	0.0608 ± 0.0275	0.1126	0.0266	0.0718 ± 0.0660	0.2687	0.0010

Tablo 4.39: Kış Mevsiminde Kişisel Örneklemede Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin, Ortalama, Maksimum, Minimum Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	KİŞİSEL											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM 2.5 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	106.76 ± 63.32	284.21	29.41	146.56 ± 119.62	284.21	67.79	109.04 ± 59.43	211.95	34.33	97.29 ± 54.57	211.55	29.41
Al ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1164 ± 0.1693	0.5718	0.0010	0.3471 ± 0.3042	0.5718	0.0010	0.1047 ± 0.1467	0.4242	0.0010	0.0781 ± 0.1230	0.3511	0.0010
Si ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.8090 ± 0.9551	4.7439	0.0267	2.1946 ± 2.2166	4.7439	0.7219	0.7002 ± 0.7647	2.0677	0.1087	0.6044 ± 0.4657	1.6542	0.0267
S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.4020 ± 0.9871	4.5589	0.2481	2.4776 ± 2.0483	4.5589	0.4639	1.1449 ± 0.7359	2.3618	0.2832	1.3582 ± 0.7965	3.0224	0.2481
K ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.3020 ± 0.2730	1.1221	0.0322	0.7774 ± 0.3295	1.1221	0.4655	0.2562 ± 0.2544	0.8994	0.0327	0.2375 ± 0.1796	0.6113	0.0322
Ca ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.7635 ± 0.9534	3.6128	0.0080	2.6303 ± 1.2824	3.6128	1.1796	0.6043 ± 0.8772	2.9342	0.0080	0.4963 ± 0.4267	1.6087	0.0716
Ti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0830 ± 0.0611	0.2586	0.0110	0.1500 ± 0.0098	0.1585	0.1393	0.0804 ± 0.0816	0.2586	0.0110	0.0713 ± 0.0423	0.1508	0.0119
V ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0142 ± 0.0116	0.0473	0.0003	0.0217 ± 0.0076	0.0301	0.0151	0.0109 ± 0.0049	0.0217	0.0048	0.015 ± 0.0146	0.0473	0.0003
Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0141 ± 0.0112	0.0466	0.0022	0.0332 ± 0.0147	0.0466	0.0174	0.0132 ± 0.0107	0.0369	0.0044	0.0108 ± 0.0067	0.0275	0.0022
Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0607 ± 0.0367	0.1376	0.0040	0.0891 ± 0.0444	0.1376	0.0504	0.0537 ± 0.0303	0.1004	0.0040	0.0596 ± 0.0389	0.1325	0.0057
Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.3199 ± 0.3677	1.1689	0.0005	0.6823 ± 0.4238	1.1689	0.3936	0.2663 ± 0.3941	1.0486	0.0005	0.2832 ± 0.3219	0.9739	0.0005
Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0050 ± 0.0042	0.0204	0.0009	0.0127 ± 0.0073	0.0204	0.0060	0.0043 ± 0.0034	0.0117	0.0014	0.0039 ± 0.0023	0.0095	0.0009
Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1803 ± 0.1531	0.6244	0.0422	0.3777 ± 0.2013	0.5960	0.1994	0.1847 ± 0.1846	0.6244	0.0422	0.1378 ± 0.0851	0.3636	0.0430
Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1917 ± 0.2453	1.1294	0.0064	0.4937 ± 0.5600	1.1294	0.0732	0.1213 ± 0.1237	0.4147	0.0139	0.1783 ± 0.1953	0.7503	0.0064
As ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0071 ± 0.0075	0.0346	0.0010	0.0121 ± 0.0110	0.0239	0.0022	0.0054 ± 0.0039	0.0121	0.0010	0.0071 ± 0.0086	0.0346	0.0011
Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.0907 ± 0.0688	0.2871	0.0164	0.1537 ± 0.1017	0.2706	0.0850	0.0695 ± 0.0342	0.1203	0.0284	0.0923 ± 0.0757	0.2871	0.0164

Tablo 4.40: Kış Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

	İÇ ORTAM / DIŞ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM2.5 Kütlesi	1.43 ± 0.96	4.56	0.31	0.64 ± 0.32	0.98	0.33	1.59 ± 0.64	2.81	0.83	1.52 ± 1.15	4.56	0.31
Mg	0.91 ± 0.29	1.00	0.01	1.00 ± 0.00	1.00	1.00	0.88 ± 0.35	1.00	0.01	0.91 ± 0.28	1.00	0.06
Al	0.51 ± 0.45	2.04	0.09	1.35 ± 0.84	2.04	0.41	0.40 ± 0.16	0.60	0.21	0.38 ± 0.22	0.76	0.09
Si	0.90 ± 0.95	4.88	0.27	2.08 ± 2.46	4.88	0.27	0.87 ± 0.32	1.37	0.45	0.65 ± 0.43	1.93	0.31
S	0.84 ± 0.57	2.38	0.17	1.49 ± 1.13	2.38	0.22	0.97 ± 0.50	1.76	0.33	0.59 ± 0.31	1.15	0.17
K	1.07 ± 0.69	2.85	0.19	0.67 ± 0.70	1.47	0.19	1.08 ± 0.52	1.77	0.25	1.17 ± 0.80	2.85	0.22
Ca	0.63 ± 0.87	4.33	0.10	2.72 ± 2.29	4.33	1.10	0.58 ± 0.28	0.98	0.14	0.33 ± 0.18	0.75	0.10
Ti	0.52 ± 0.49	2.59	0.09	1.08 ± 1.31	2.59	0.26	0.43 ± 0.28	0.90	0.10	0.45 ± 0.21	0.83	0.09
V	0.52 ± 0.36	1.76	0.19	0.29 ± 0.10	0.39	0.19	0.61 ± 0.35	1.39	0.19	0.51 ± 0.40	1.76	0.19
Cr	0.85 ± 0.31	1.46	0.30	0.60 ± 0.16	0.78	0.47	0.80 ± 0.35	1.46	0.41	0.94 ± 0.29	1.43	0.30
Mn	1.15 ± 0.68	2.71	0.10	0.43 ± 0.40	0.87	0.10	1.51 ± 0.61	2.30	0.61	1.10 ± 0.65	2.71	0.11
Fe	0.48 ± 0.42	1.00	0.00	0.23 ± 0.26	0.52	0.01	0.69 ± 0.40	1.00	0.14	0.37 ± 0.42	1.00	0.00
Ni	1.03 ± 0.12	1.28	0.77	0.84 ± 0.08	0.92	0.77	1.07 ± 0.10	1.28	0.94	1.04 ± 0.11	1.25	0.87
Cu	1.35 ± 0.37	2.14	0.27	1.11 ± 0.06	1.16	1.04	1.34 ± 0.20	1.80	1.11	1.40 ± 0.47	2.14	0.27
Zn	0.70 ± 0.78	2.54	0.02	0.17 ± 0.21	0.40	0.02	0.56 ± 0.87	2.54	0.02	1.31 ± 0.43	2.02	1.00
As	0.33 ± 0.27	1.11	0.05	0.09 ± 0.04	0.12	0.05	0.37 ± 0.29	1.11	0.13	0.36 ± 0.27	0.90	0.06
Pb	1.10 ± 0.75	3.27	0.25	0.65 ± 0.35	0.86	0.25	1.01 ± 0.85	3.27	0.34	1.30 ± 0.70	2.80	0.38

Tablo 4.41: Kış Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin Kişisel/İç Ortam Konsantrasyon Oranları

	KİŞİSEL / İÇ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM2.5 Kütlesi	4.04 ± 1.72	8.80	1.03	3.86 ± 2.23	5.44	2.28	3.87 ± 1.45	5.80	1.03	4.17 ± 1.94	8.80	1.98
Al	1.15 ± 1.75	6.12	0.01	2.42 ± 3.25	6.12	0.04	1.21 ± 1.55	4.00	0.02	0.75 ± 1.42	4.43	0.01
Si	1.69 ± 1.41	6.36	0.11	2.32 ± 2.77	4.28	0.37	1.57 ± 1.11	3.90	0.11	1.36 ± 0.82	3.51	0.34
S	2.86 ± 1.75	9.19	0.83	1.58 ± 0.31	1.80	1.35	2.49 ± 1.25	4.67	0.83	3.28 ± 2.04	9.19	1.03
K	1.77 ± 1.40	5.85	0.16	4.06 ± 2.52	5.85	2.28	1.82 ± 1.52	5.10	0.34	1.41 ± 0.84	3.13	0.16
Ca	1.52 ± 1.25	5.40	0.07	1.40 ± 1.16	2.74	0.63	0.91 ± 0.66	1.80	0.07	1.90 ± 1.43	5.40	0.51
Ti	2.26 ± 1.50	5.46	0.55	1.78 ± 1.74	3.00	0.55	2.45 ± 1.96	5.46	0.80	2.19 ± 1.19	4.52	0.88
V	3.55 ± 2.22	9.87	0.07	5.49 ± 3.07	8.40	2.28	3.39 ± 1.45	5.58	1.58	3.27 ± 2.43	9.87	0.07
Cr	2.00 ± 1.67	7.01	0.31	4.65 ± 2.38	7.01	2.24	2.13 ± 1.84	6.00	0.45	1.39 ± 0.69	2.62	0.31
Mn	2.78 ± 1.55	6.77	0.31	3.70 ± 2.68	6.77	1.79	2.53 ± 1.11	4.71	0.31	2.77 ± 1.61	5.84	0.89
Fe	4.07 ± 4.42	13.83	0.27	2.82 ± 2.42	4.54	1.11	5.41 ± 5.88	13.83	1.00	3.50 ± 3.78	12.87	0.27
Ni	1.45 ± 1.24	5.89	0.29	3.80 ± 1.98	5.89	1.96	1.27 ± 0.99	3.37	0.47	1.07 ± 0.59	2.61	0.29
Cu	2.66 ± 1.69	6.32	0.72	5.20 ± 1.41	6.20	4.20	2.61 ± 1.96	6.32	0.75	2.34 ± 1.32	5.78	0.72
Zn	3.88 ± 3.69	12.83	0.20	7.71 ± 7.25	12.83	2.58	5.89 ± 3.87	9.26	2.35	2.14 ± 1.58	5.27	0.20
As	5.06 ± 3.21	11.86	0.56	9.27 ± 0.30	9.49	9.06	4.93 ± 3.42	11.75	0.56	4.48 ± 2.97	11.86	1.45
Pb	1.24 ± 0.63	2.56	0.33	2.02 ± 0.76	2.56	1.47	1.38 ± 0.55	2.56	0.68	1.04 ± 0.59	2.32	0.33

Tablo 4.42: Kış Mevsiminde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin Kişisel/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

	KİŞİSEL / DIŞ ORTAM											
	Tüm Veri			Okul			Ofis			Ev		
	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
PM2.5 Kütlesi	4.67 ± 2.68	10.12	1.21	2.01 ± 0.31	2.23	1.79	5.36 ± 2.89	10.12	2.03	4.60 ± 2.58	9.16	1.21
Al	0.83 ± 2.01	9.87	0.01	4.04 ± 5.17	9.87	0.01	0.42 ± 0.49	1.22	0.01	0.34 ± 0.49	1.22	0.01
Si	1.36 ± 1.30	6.92	0.12	3.29 ± 3.16	6.92	1.16	1.40 ± 0.59	2.02	0.12	0.92 ± 0.57	2.28	0.14
S	2.43 ± 1.31	5.97	0.49	2.75 ± 0.94	3.37	1.67	2.46 ± 1.23	4.02	0.65	2.35 ± 1.48	5.97	0.49
K	1.87 ± 1.36	4.55	0.33	2.72 ± 0.65	3.35	2.05	1.79 ± 1.42	4.55	0.44	1.74 ± 1.43	4.36	0.33
Ca	0.80 ± 0.93	3.63	0.04	3.33 ± 0.43	3.63	3.02	0.48 ± 0.31	0.91	0.04	0.58 ± 0.53	1.91	0.18
Ti	1.04 ± 0.76	3.77	0.15	2.12 ± 1.43	3.77	1.18	0.94 ± 0.64	1.73	0.15	0.84 ± 0.42	1.77	0.39
V	1.83 ± 1.40	5.55	0.03	1.69 ± 1.40	3.29	0.68	2.06 ± 1.19	3.85	0.31	1.70 ± 1.60	5.55	0.03
Cr	1.45 ± 0.80	3.27	0.32	2.53 ± 0.76	3.27	1.75	1.35 ± 0.70	2.46	0.51	1.28 ± 0.74	2.68	0.32
Mn	2.83 ± 2.03	7.40	0.12	1.16 ± 0.92	2.23	0.58	3.11 ± 2.36	7.32	0.12	2.99 ± 1.93	7.40	0.55
Fe	1.28 ± 0.96	3.15	0.00	0.68 ± 0.15	0.79	0.57	1.29 ± 0.77	2.49	0.00	1.39 ± 1.16	3.15	0.02
Ni	1.46 ± 1.09	4.84	0.30	3.21 ± 1.66	4.84	1.52	1.36 ± 1.07	3.63	0.44	1.18 ± 0.65	2.73	0.30
Cu	3.21 ± 1.72	7.04	1.02	5.96 ± 1.53	7.04	4.87	2.70 ± 1.78	5.23	1.05	3.10 ± 1.39	4.86	1.02
Zn	2.26 ± 1.81	6.51	0.11	2.69 ± 2.95	6.09	0.94	2.00 ± 1.22	3.60	0.32	2.35 ± 2.01	6.51	0.11
As	2.36 ± 1.99	7.73	0.22	1.14 ± 0.22	1.34	0.91	2.91 ± 2.65	7.73	0.22	2.26 ± 1.68	5.10	0.28
Pb	1.39 ± 1.02	4.29	0.18	1.47 ± 0.63	2.19	1.00	1.34 ± 1.08	4.29	0.47	1.41 ± 1.10	3.75	0.18

4.2.5. İnorganik gaz kirleticilerin pasif örnekleme sonuçları

Çalışma kapsamında kış mevsiminde okul, ofis ve evlerde günlük olarak yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ pasif örneklemesine ait iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet ölçüm sonuçları günlük ortalama konsantrasyonlar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) şeklinde sırasıyla Tablo 4.43, Tablo 4.44 ve Tablo 4.45’de verilmektedir. Kış mevsimi pasif örnekleme çalışması da yaz mevsiminde olduğu gibi okullarda 4 noktada (kişi, sınıf, idareci odası ve dış ortam), ofislerde 3 noktada (kişi, iç ortam ve dış ortam), evlerde ise 5 noktada (kişi, mutfak, oturma odası, yatak odası ve dış ortam) gerçekleştirilmiştir. Ayrıca belirlenen 5 evde; ev hanımları ve aynı evde yaşayan ancak çalışan kişiler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.43: Okullarda Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Okul 1	Kişi	97.00	5.01	2.44
	Sınıf	85.92	1.94	2.29
	İdareci Odası	82.34	8.03	4.07
	Dış Ortam	113.88	40.27	2.82
Okul 2	Kişi	114.84	7.58	2.40
	Sınıf	87.41	13.70	2.23
	İdareci Odası	88.99	17.88	2.44
	Dış Ortam	119.75	44.97	3.36
Okul 3	Kişi	28.50	4.14	1.90
	Sınıf	21.93	4.31	2.35
	İdareci Odası	105.68	34.00	2.33
	Dış Ortam	47.77	33.51	15.39

Tablo 4.44: Ofislerde Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Ofis 1	Kişi	52.03	15.76	4.24
	İç Ortam	55.41	5.76	3.89
	Dış Ortam	50.78	13.06	10.96
Ofis 2	Kişi	43.19	2.27	2.27
	İç Ortam	42.76	2.19	2.38
	Dış Ortam	56.97	19.64	5.18
Ofis 3	Kişi	62.46	8.59	2.08
	İç Ortam	62.27	2.23	2.93
	Dış Ortam	36.04	8.72	13.20
Ofis 4	Kişi	85.92	4.47	1.90
	İç Ortam	71.89	3.73	2.93
	Dış Ortam	88.07	30.67	3.83
Ofis 5	Kişi	75.50	2.10	2.89
	İç Ortam	57.11	4.15	2.03
	Dış Ortam	79.69	22.10	4.79
Ofis 6	Kişi	81.14	4.96	2.87
	İç Ortam	62.08	2.00	3.10
	Dış Ortam	72.05	35.88	16.41
Ofis 7	Kişi	56.77	9.59	2.20
	İç Ortam	60.29	38.35	2.31
	Dış Ortam	68.06	38.52	5.22
Ofis 8	Kişi	50.13	10.56	2.12
	İç Ortam	35.21	5.12	1.90
	Dış Ortam	20.53	10.98	3.27
Ofis 9	Kişi	39.81	9.58	4.19
	İç Ortam	39.49	2.57	3.06
	Dış Ortam	45.17	21.52	9.27
Ofis 10	Kişi	84.17	2.85	2.85
	İç Ortam	78.87	6.00	2.55
	Dış Ortam	20.12	10.33	3.31

Tablo 4.45: Evlerde Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Ev 1	Kişi (Çalışan)	80.37	5.28	3.54
	Kişi (Ev Hanımı)	79.61	5.59	4.22
	Mutfak	88.15	2.50	2.12
	Oturma Odası	87.60	3.41	2.25
	Yatak Odası	72.45	4.15	2.15
	Dış Ortam	55.19	18.81	4.30
Ev 2	Kişi (Ev Hanımı)	81.27	1.44	3.15
	Mutfak	118.76	3.94	3.34
	Oturma Odası	62.70	1.97	2.38
	Yatak Odası	55.95	2.01	2.14
	Dış Ortam	82.89	15.28	4.07
Ev 3	Kişi (Ev Hanımı)	82.35	9.80	2.91
	Mutfak	123.30	5.07	3.12
	Oturma Odası	58.48	2.27	2.14
	Yatak Odası	56.89	1.58	4.25
	Dış Ortam	70.43	10.51	18.98
Ev 4	Kişi (Ev Hanımı)	75.95	4.12	3.25
	Mutfak	72.47	1.12	1.95
	Oturma Odası	47.76	3.48	2.23
	Yatak Odası	32.31	2.65	1.89
	Dış Ortam	64.31	26.77	6.38
Ev 5	Kişi (Çalışan)	47.84	3.38	2.77
	Kişi (Ev Hanımı)	73.75	2.46	3.19
	Mutfak	99.41	1.87	2.29
	Oturma Odası	65.37	5.21	2.10
	Yatak Odası	60.18	4.32	2.04
	Dış Ortam	57.73	3.22	2.20
Ev 6	Kişi (Ev Hanımı)	18.50	4.82	4.39
	Mutfak	23.82	2.77	3.81
	Oturma Odası	22.55	9.27	2.18
	Yatak Odası	20.03	6.12	1.96
	Dış Ortam	28.91	16.71	19.02
Ev 7	Kişi (Çalışan)	63.56	3.51	2.84
	Kişi (Ev Hanımı)	40.38	4.10	3.36
	Mutfak	35.18	7.55	2.68
	Oturma Odası	52.38	10.08	1.88
	Yatak Odası	42.74	8.99	2.11
	Dış Ortam	61.76	22.36	5.97
Ev 8	Kişi (Çalışan)	87.96	3.09	2.20
	Kişi (Ev Hanımı)	62.34	3.32	2.95
	Mutfak	95.19	5.25	3.53
	Oturma Odası	47.21	3.02	4.77
	Yatak Odası	44.23	2.68	7.40
	Dış Ortam	76.85	14.28	5.01

Tablo 4.45: (Devamı) Evlerde Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Ev 9	Kişi (Ev Hanımı)	68.14	2.01	1.84
	Mutfak	106.04	2.97	2.20
	Oturma Odası	99.10	2.70	2.23
	Yatak Odası	66.57	3.15	2.10
	Dış Ortam	39.17	11.76	6.16
Ev 10	Kişi (Ev Hanımı)	115.90	6.91	6.10
	Mutfak	89.74	4.05	3.06
	Oturma Odası	82.75	5.80	3.25
	Yatak Odası	101.79	7.00	2.95
	Dış Ortam	85.26	51.92	5.26
Ev 11	Kişi (Ev Hanımı)	44.80	4.04	2.08
	Mutfak	54.03	1.04	2.25
	Oturma Odası	45.79	2.90	2.63
	Yatak Odası	36.74	0.83	2.44
	Dış Ortam	32.95	3.59	11.64
Ev 12	Kişi (Ev Hanımı)	84.55	1.06	2.55
	Mutfak	76.13	3.70	2.61
	Oturma Odası	56.67	2.72	2.10
	Yatak Odası	68.61	0.76	1.95
	Dış Ortam	49.23	12.35	3.36
Ev 13	Kişi (Ev Hanımı)	29.31	29.25	2.55
	Mutfak	34.79	9.92	2.82
	Oturma Odası	29.63	33.75	1.95
	Yatak Odası	26.55	22.58	2.06
	Dış Ortam	76.04	8.76	4.11
Ev 14	Kişi (Ev Hanımı)	91.68	10.60	5.48
	Mutfak	88.49	7.48	5.69
	Oturma Odası	57.21	13.87	3.08
	Yatak Odası	47.07	3.37	4.22
	Dış Ortam	108.33	93.02	2.42
Ev 15	Kişi (Çalışan)	49.27	6.96	3.17
	Kişi (Ev Hanımı)	71.11	7.62	1.93
	Mutfak	76.74	12.15	2.42
	Oturma Odası	44.21	27.42	1.88
	Yatak Odası	39.58	16.58	1.99

Okul, ofis ve evlerde kış mevsiminde pasif örnekleme yöntemi ile ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet sonuçları ortalama, maksimum ve minimum konsantrasyonlar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) şeklinde Tablo 4.46'da verilmektedir.

Tablo 4.46 incelendiğinde NO₂ konsantrasyonları okullarda en yüksek değerlere ulaşırken bunu evler ve ofisler takip etmektedir. Yaz örneklemesinin aksine iç ortamlarda en yüksek NO₂ konsantrasyonu okullarda ($65.08-92.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) gözlenirken, en yüksek NO₂ kirlilik düzeyi okulların dış ortam örneklemesinde ($93.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) elde edilmiştir. Okulların iç ortamlarında önemli NO₂ kaynakları bulunmadığından hem yaz hem de kış mevsimlerinde okulların iç ortam konsantrasyon düzeyleri büyük ölçüde dış ortam konsantrasyonları ile paralellik göstermektedir. Ofislerde ise okullara nazaran daha düşük iç ortam, dış ortam ve kişisel NO₂ konsantrasyonları gözlenmiştir. Evlerde mutfak, oturma odası ve yatak odasına konulan pasif örnekleyciler gözönüne alındığında en yüksek NO₂ konsantrasyonları yaz mevsiminde olduğu gibi mutfaklarda ($78.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$) elde edilmiştir. Okul, ofis ve evlerin dış ortam SO₂ konsantrasyonları yaz mevsimine göre biraz daha yüksek düzeylerde ($21.14-39.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bulunurken iç ortamlarda SO₂ kirliliğine neden olabilecek önemli bir kaynağın bulunmaması nedeniyle konsantrasyon düzeyleri birbirine yakın ve düşük ($4.76-19.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bulunmuştur. Kişisel SO₂ örnekleme sonuçları da iç ortam sonuçları gibi düşük ($4.77-7.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bulunmuştur. Ozon örnekleme sonuçlarına bakıldığında yaz mevsiminde dış ortam ve iç ortam O₃ konsantrasyonları arasında görülen önemli fark kış mevsiminde görülmemiştir. Örneklenen mikroçevrelerin hem iç ortam O₃ konsantrasyonları ($2.29-3.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hem de dış ortam O₃ konsantrasyonları ($6.85-7.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaz mevsimi ile karşılaştırıldığında çok düşük seviyelerde bulunmuştur. Vaktinin büyük bir bölümünü iç ortamlarda geçiren kişilerde yapılan örnekleme sonuçlarında elde edilen O₃ maruziyet düzeyleri de ($2.25-3.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$) iç ortam O₃ düzeylerine benzer şekilde düşük bulunmuştur. Belirlenen 5 evde seçilen ev hanımı ve aynı evde yaşayan fakat çalışan kişilerin inorganik gaz kirleticilere olan maruziyetleri arasındaki farklılıkları belirleyebilmek amacıyla yapılan kış mevsimi ölçüm sonuçlarında yaz ölçüm sonuçlarında olduğu gibi belirgin bir farklılık bulunamamıştır.

Tablo 4.47’de örneklenen okul, ofis ve evlerin, iç ortamında birden fazla noktada yapılan pasif örnekleme sonuçları birlikte ele alınmak suretiyle Kişi/İç Ortam, Kişi/Dış Ortam, İç Ortam/Dış Ortam ve Çalışan/Ev Hanımı oranları belirlenmiştir. Tablodan, iç ortam, dış ortam ve kişisel örnekleme sonuçlarının NO₂ için birbirine yakın değerlere sahip olduğunu, ancak durum SO₂ ve O₃ kirleticisi için ele alındığında dış ortamların SO₂ ve O₃ konsantrasyon düzeylerinin iç ortam ve kişisel maruziyet düzeylerine göre oldukça yüksek olduğunu görmekteyiz. Tablo 4.47’ye bakıldığında, İç Ortam/Dış Ortam ve Kişisel/Dış Ortam oranlarının tüm veri setinde NO₂ için 0.80-1.49, SO₂ için 0.14-0.57 ve O₃ için 0.45-0.74 aralığında bulunması yaz mevsimi sonuçlarına benzer şekilde kişisel ve iç ortam NO₂ maruziyet düzeylerine hem iç hem dış ortamların, SO₂ ve O₃ düzeylerine ise dış ortamların katkısına işaret etmektedir. Her üç kirletici içinde Kişisel/İç Ortam oranları yaz mevsiminde olduğu gibi genellikle 1’in üzerinde (0.57-1.83 aralığında) olması kişisel maruziyet konsantrasyonlarına yalnızca iç ortamların etkisinin olmadığını göstermektedir.

Tablo 4.46: Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için Ortalama, Maksimum ve Minimum Konsantrasyonlar(µg/m³)

MİKROÇEVRE	Örneklenen Ortam	NO ₂ (µg/m ³)			SO ₂ (µg/m ³)			O ₃ (µg/m ³)		
		Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
Okul (N=3)	Kişi	80.11 ± 45.58	114.84	28.50	5.58 ± 1.79	7.58	4.14	2.25 ± 0.30	2.44	1.90
	Sınıf	65.08 ± 37.38	87.41	21.93	6.65 ± 6.22	13.70	1.94	2.29 ± 0.06	2.35	2.23
	İdareci Odası	92.34 ± 12.03	105.68	82.34	19.97 ± 13.11	34.00	8.03	2.94 ± 0.97	4.07	2.33
	Dış Ortam	93.80 ± 39.97	119.75	47.77	39.58 ± 5.76	44.97	33.51	7.19 ± 7.10	15.39	2.82
Ofis (N=10)	Kişi	63.11 ± 17.37	85.92	39.81	7.07 ± 4.46	15.76	2.10	2.76 ± 0.85	4.24	1.90
	İç Ortam	56.54 ± 13.94	78.87	35.21	7.21 ± 11.04	38.35	2.00	2.71 ± 0.59	3.89	1.90
	Dış Ortam	53.75 ± 23.64	88.07	20.12	21.14 ± 10.82	38.52	8.72	7.54 ± 4.64	16.41	3.27
Ev (N=15)	Çalışan	75.09 ± 18.45	94.29	49.27	4.77 ± 1.54	6.96	3.09	2.91 ± 0.50	3.54	2.20
	Çalışmayan	67.98 ± 25.40	115.90	18.50	6.48 ± 6.92	29.25	1.06	3.33 ± 1.24	6.10	1.84
	Mutfak	78.82 ± 30.28	123.30	23.82	4.76 ± 3.24	12.15	1.04	3.93 ± 0.94	5.69	1.95
	Oturma Odası	57.29 ± 20.53	99.10	22.55	8.53 ± 9.66	33.75	1.97	2.47 ± 0.75	4.77	1.88
	Yatak Odası	51.45 ± 20.88	101.79	20.03	5.78 ± 6.15	22.58	0.76	2.78 ± 1.50	7.40	1.89
	Dış Ortam	63.99 ± 21.25	108.33	28.91	21.37 ± 23.01	93.02	3.22	6.85 ± 5.41	19.02	2.20
Tüm Veri (N=28)	Kişi	67.54 ± 25.40	115.90	18.50	6.59 ± 6.92	29.25	1.06	3.01 ± 1.24	6.10	1.84
	İç Ortam	62.12 ± 18.80	91.43	22.14	7.41 ± 8.28	38.35	1.59	2.71 ± 0.76	5.24	1.90
	Dış Ortam	63.53 ± 26.01	119.75	20.12	23.24 ± 18.69	93.02	3.22	7.13 ± 5.12	19.02	2.20

Tablo 4.47: Kış Mevsiminde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ için Konsantrasyon Oranları

MİKROÇEVRE	Örneklenen Ortam	NO ₂			SO ₂			O ₃		
		Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
KİŞİSEL / İÇ ORTAM	Tüm	1.08 ± 0.23	1.49	0.45	1.36 ± 1.07	3.86	0.22	1.14 ± 0.37	1.97	0.56
	Okul	0.97 ± 0.46	1.30	0.45	0.57 ± 0.40	1.01	0.22	0.87 ± 0.14	1.03	0.77
	Ofis	1.12 ± 0.18	1.42	0.94	1.83 ± 1.34	3.86	0.25	1.03 ± 0.25	1.42	0.65
	Ev	1.08 ± 0.22	1.49	0.75	1.20 ± 0.83	3.30	0.41	1.27 ± 0.42	1.97	0.56
KİŞİSEL / DIŞ ORTAM	Tüm	1.21 ± 0.72	4.18	0.39	0.49 ± 0.66	3.34	0.09	0.62 ± 0.45	2.27	0.12
	Okul	0.80 ± 0.19	0.96	0.60	0.14 ± 0.03	0.17	0.12	0.57 ± 0.39	0.86	0.12
	Ofis	1.49 ± 1.08	4.18	0.76	0.46 ± 0.42	1.21	0.10	0.46 ± 0.21	0.86	0.16
	Ev	1.10 ± 0.39	1.74	0.39	0.57 ± 0.84	3.34	0.09	0.74 ± 0.56	2.27	0.15
İÇ ORTAM / DIŞ ORTAM	Tüm	1.17 ± 0.68	3.92	0.59	0.45 ± 0.55	2.52	0.06	0.55 ± 0.36	1.79	0.14
	Okul	0.94 ± 0.35	1.34	0.74	0.35 ± 0.22	0.57	0.12	0.66 ± 0.49	1.13	0.15
	Ofis	1.34 ± 0.98	3.92	0.72	0.33 ± 0.29	1.00	0.06	0.45 ± 0.20	0.77	0.19
	Ev	1.10 ± 0.45	2.31	0.59	0.55 ± 0.70	2.52	0.09	0.59 ± 0.42	1.79	0.14
ÇALIŞAN / EV HANIMI	Ev	1.19 ± 0.35	1.57	0.69	1.14 ± 0.51	2.04	0.85	0.99 ± 0.37	1.64	0.75

Kentsel, endüstriyel, endüstri ve trafikten uzak bölgelerdeki NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları Tablo 4.48’de verilmektedir. Elde edilen sonuçlar NO₂ ve SO₂ konsantrasyonlarının yaz mevsiminde olduğu gibi sadece trafiğin yoğun olduğu Kentsel Alanların dış ortamlarında değil de incelenen tüm bölgelerde yüksek olması (NO₂ ve SO₂ sırasıyla Kentsel Alanlarda, 57.50 ve 18.34 µg/m³; Endüstriyel Alanlarda, 76.24 ve 23.43 µg/m³; Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda, 57.55 ve 41.20 µg/m³) trafik emisyonlarının bölgede ölçülen NO₂ ve SO₂ konsantrasyonlarını belirleyen en önemli kaynak olduğunu göstermekte yetersiz kalmaktadır. Isınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların (Doğalgaz, fuel-oil, kömür) etkisi ile sanayi ve trafikten uzak bölgelerde dahi kentsel alanlardan yüksek konsantrasyon düzeyleri elde edilmiştir. Kışın motorlu araçların soğuk çalışma emisyonları 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, gözlenen yüksek NO₂ ve SO₂ düzeylerinde trafik emisyonlarını ve fosil yakıtların yanmasını ön plana çıkarmaktadır.

Tablo 4.48’de görülebileceği gibi dış ortamlarda NO₂’nin yüksek olduğu yerlerde O₃ düşük (Endüstriyel Alanda NO₂ :76.24 µg/m³ , O₃: 5.90 µg/m³), NO₂ nin düşük olduğu yerlerde O₃ yüksek (Endüstri ve Trafikten Uzak Alanda NO₂ :57.55 µg/m³ , O₃: 11.52 µg/m³) bulunmuştur. Ancak trafiğin yoğun yaşandığı kentsel alanlarda elde edilen sonuçların (NO₂ :57.50 µg/m³ , O₃: 6.70 µg/m³) endüstri ve trafikten uzak alanlarda elde edilen sonuçlara çok yakın olduğu görülmektedir. Azotdioksit konsantrasyonlarının yaza oranla çok yüksek seyrettiği endüstri ve trafikten uzak alanlarda NO’ün NO₂’ye yükseltgenmesi sırasında O₃’ün tüketilmesi ve güneş ışığı şiddeti ve güneşlenme süresinin kışın azalması nedeniyle fotokimyasal reaksiyonların tamamlanamaması yaz mevsimine oranla çok daha düşük O₃ değerlerini beraberinde getirmiştir.

Tablo 4.48: Kış Mevsiminde Kentsel, Endüstriyel ve Endüstri ve Trafikten Uzak Bölgelerde Pasif Örnekleme Yöntemi ile Ölçülen NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³)

Çalışma Bölgesi	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)			SO ₂ (µg/m ³)			O ₃ (µg/m ³)		
		Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.
Kentsel Alan	Kişisel	65.78 ± 23.65	115.90	29.31	7.22 ± 7.20	29.25	1.06	2.81 ± 1.10	6.10	1.84
	İç Ortam	60.32 ± 19.39	91.43	30.32	6.28 ± 6.10	22.08	1.59	2.78 ± 0.86	5.24	1.90
	Dış Ortam	57.50 ± 25.85	113.88	20.12	18.34 ± 13.70	51.92	3.59	6.70 ± 4.24	16.41	2.82
Endüstriyel Alan	Kişisel	77.53 ± 18.84	114.84	47.76	5.24 ± 3.14	9.80	1.44	2.91 ± 0.68	4.22	1.90
	İç Ortam	71.20 ± 13.60	88.20	46.85	8.58 ± 11.92	38.35	2.42	2.41 ± 0.41	3.17	2.02
	Dış Ortam	76.24 ± 19.74	119.75	55.19	23.43 ± 13.32	44.97	3.22	5.90 ± 5.04	18.98	2.20
Endüstri ve Trafikten Uzak alan	Kişisel	44.62 ± 32.56	91.68	18.50	7.28 ± 3.28	10.60	4.14	3.99 ± 1.50	5.48	1.90
	İç Ortam	47.42 ± 20.45	64.26	22.14	9.00 ± 7.16	19.15	2.57	3.10 ± 0.87	4.33	2.34
	Dış Ortam	57.55 ± 34.87	108.33	28.91	41.20 ± 35.26	93.02	16.71	11.52 ± 7.28	19.02	2.42

4.3. Aktif ve Pasif Örnekleme Sonuçlarının Karşılaştırılması

Pasif örnekleyciler; sessiz, kolay taşınabilir ve ucuz olmaları, ayrıca, aynı anda farklı ortamlarda (farklı odalar) örnekleme olanağı sağlamaları nedeni ile iç ortam sakinleri için maruziyet değerlendirmesi ve iç ortam hava kalitesi çalışmaları yapılırken daha kabul edilebilir bir örnekleme yöntemidir. Bu çalışmada, pasif örnekleme tekniğinin kullanılmasının amacı, iç ortamların farklı noktalarında eş zamanlı örnekleme yapılması ile kirleticilerin konut içerisindeki dağılımının belirlenmesidir. Kirleticilerin farklı noktalardaki konsantrasyon değişikliklerinin belirlenmesi, iç ortam hava kalitesinin ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkmasını sağlarken, kaynak belirleme çalışmalarını da kolaylaştırmıştır.

Aktif örnekleme yöntemi ile ölçüm frekansı değiştirilerek dakikalık, saatlik gibi küçük aralıklarla kirletici konsantrasyonları ölçülebilir. Bu sayede maksimum konsantrasyon ve konsantrasyonun zamana bağlı değişimi gibi sonuçlar elde edilebilir. Çalışmada, Aktif örnekleme tekniği kirleticilerin gün içerisindeki değişimlerinin belirlenebilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Tez kapsamında, aktif örnekleme yöntemi ile iç ortam ve dış ortam havasındaki kirletici konsantrasyonlarının gün içerisindeki değişimleri saatlik olarak belirlenmiştir. Böylelikle, kirletici konsantrasyonlarının gün içerisindeki ani değişimleri görülebilmektedir. Konsantrasyon değişikliklerinin takip edilebilmesi, kirletici kaynaklarının ve kirleticilerin konsantrasyonlarındaki değişimlere neden olan faktörlerin belirlenmesini de kolaylaştırmaktadır.

Pasif örnekleme, genellikle aktif örnekleme kadar doğru sonuç vermektedir. Birçok ülkede pasif örnekleycilerin kullanıldığı pek çok çalışmada elde edilen sonuçlar aktif örnekleme sonuçları ile doğrulanmıştır. İç ortam ve dış ortam hava kalitesinin belirlenmesi için aktif ve pasif örnekleme yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatürde olduğu gibi birbiri ile oldukça uyumludur.

Tablo 4.49 ve 4.50’de yaz ve kış örnekleme çalışmalarında mikro çevrelerin iç ortamlarında ve dış ortamlarında eş zamanlı olarak gerçekleştirilen aktif ve pasif örnekleme ile

elde edilen kirletici konsantrasyonlarının birbirlerine oranı verilmektedir. Tablolar incelendiğinde oranların genellikle 1'e yakın olduğu görülmektedir.

Tablo 4.49: Yaz Mevsiminde İç Ortam ve Dış Ortamlarda Aktif Örnekleme İle Elde Edilen Konsantrasyonların Pasif Örnekleme İle Elde Edilen Konsantrasyonlara Oranı

	Aktif / Pasif Konsantrasyon Oranları (YAZ)					
	İç Ortam			Dış Ortam		
	NO ₂	SO ₂	O ₃	NO ₂	SO ₂	O ₃
Okul 1	1.01	0.97	1.04	0.93	0.99	0.99
Okul 2	1.06	1.19	1.2	0.96	0.96	1.01
Okul 3	1.09	1.24	1.19	1.05	1.13	1.17
Ofis 1	1.17	1.15	1.08	1.12	1.17	1.02
Ofis 2	0.99	0.94	1.1	1.04	1.07	1.09
Ofis 3	0.98	1.11	1.07	0.98	1.02	1.09
Ofis 4	1.02	1.14	2	0.97	1.09	1.05
Ofis 5	0.98	1.04	1.03	0.97	0.95	1.04
Ofis 6	0.98	1.11	1	0.99	1.03	1.07
Ofis 7	1.02	1.03	1.83	1.02	1.02	0.99
Ofis 8	1.01	1.07	1.09	1.03	1.46	1.05
Ofis 9	1.08	1.11	1.06	1.05	1.06	1.03
Ev 1	1.05	1.11	2.09	0.96	1.06	1.01
Ev 2	1.01	1.07	1.11	0.65	1.09	1.07
Ev 3	1.02	1.18	1.07	1.02	0.98	1.04
Ev 4	0.98	1.16	1.15	1.04	0.98	1.06
Ev 5	1.05	1.17	1.2	1.04	1.06	1.02
Ev 6	1.01	2.33	1.15	1	1.04	1
Ev 7	1.03	1.12	2.82	1.03	0.96	1.02
Ev 8	1	1.07	1.14	1.05	1	1.05
Ev 9	1.01	1.08	1.07	1.04	1.1	1.02
Ev 10	1.05	1.04	1.08	1.13	1.25	1.08
Ev 11	0.97	1.04	1.74	1	1.01	1.01
Ev 12	1.04	0.99	1.03	0.97	0.87	1.02
Ev 13	1.05	1.08	1.05	0.96	1.08	0.98
Ev 14	1.01	1.18	1.03	1.04	1.09	0.97
Ev 15	0.98	1.03	1.06	1.05	1.02	1.02

Tablo 4.50: Kış Mevsiminde İç Ortamlarda Aktif Örnekleme İle Elde Edilen Konsantrasyonların Pasif Örnekleme İle Elde Edilen Konsantrasyonlara Oranı

	Aktif / Pasif Konsantrasyon Oranları (KİŞ)					
	İç Ortam			Dış Ortam		
	NO ₂	SO ₂	O ₃	NO ₂	SO ₂	O ₃
Okul 1	0.91	1.13	1	0.94	0.93	1.15
Okul 2	0.92	0.88	1.09	0.9	0.91	0.97
Okul 3	0.91	1	1.03	0.9	0.93	0.94
Ofis 1	0.93	1	0.83	0.91	0.9	0.97
Ofis 2	0.89	1.08	1.01	0.89	0.93	1.07
Ofis 3	0.91	1.32	1.04	0.91	0.98	1.02
Ofis 4	0.93	1.02	0.83	0.9	0.93	0.91
Ofis 5	0.9	1.06	1.11	0.92	0.94	0.92
Ofis 6	0.93	1.22	1.11	0.94	0.92	0.9
Ofis 7	0.92	0.78	1.04	0.91	0.92	0.91
Ofis 8	0.92	0.99	1.27	0.94	0.95	0.99
Ofis 9	0.93	0.98	0.91	0.92	0.92	0.88
Ev 1	0.9	1.16	1.05	0.9	0.94	1
Ev 2	0.87	1.41	1.09	0.85	0.9	1.03
Ev 3	0.92	1.11	1.03	0.93	0.9	0.93
Ev 4	1.57	1.04	1.04	0.94	0.96	1.04
Ev 5	1.4	0.34	1.03	0.93	0.85	0.98
Ev 6	0.89	0.89	1.1	0.9	0.96	0.94
Ev 7	0.92	0.92	1.15	0.93	0.96	0.9
Ev 8	0.94	1.24	0.84	0.91	0.93	1.04
Ev 9	0.93	1.17	1.12	0.93	0.89	0.96
Ev 10	0.92	1.04	1.01	0.91	0.94	0.93
Ev 11	0.94	1.1	1.09	0.93	1.02	0.91
Ev 12	0.93	0.99	1.03	0.94	0.91	1.02
Ev 13	1.04	0.8	1.38	0.94	0.96	1.06
Ev 14	0.92	0.89	0.98	0.89	0.87	0.93
Ev 15	0.9	0.93	1.17	0.93	1	0.96

Tablo 4.51’de aktif örnekleme yöntemiyle elde edilen ortalama konsantrasyonların, pasif örnekleme yöntemleriyle elde edilen ortalama konsantrasyonlara oranları verilmektedir. Tablo 4.51 incelendiğinde yaz örnekleme, kış örnekleme ve tüm veri seti için iç ortam ve dış ortamlarda elde edilen aktif/pasif konsantrasyon oranlarının 0.92 ile 1.28 arasında değiştiği görülmektedir. Tablo 4.51’de elde edilen oranların neredeyse bütün durumlar için 1’e yakın olması her iki örnekleme yöntemi ile elde edilen sonuçların birbirini desteklediğini göstermiştir.

Tablo 4.51: Aktif Örnekleme İle Elde Edilen Ortalama Konsantrasyonların Pasif Örnekleme İle Elde Edilen Ortalama Konsantrasyonlara Oranı

Kirlenici	Aktif / Pasif Konsantrasyon Oranları					
	Yaz Örnekleme		Kış Örnekleme		Tüm Veri Seti	
	İç Ortam (N=27)	Dış Ortam (N=27)	İç Ortam (N=27)	Dış Ortam (N=27)	İç Ortam (N=54)	Dış Ortam (N=54)
NO ₂	1.02 ± 0.04	1.00 ± 0.08	0.96 ± 0.16	0.92 ± 0.02	0.99 ± 0.12	0.95 ± 0.08
SO ₂	1.14 ± 0.25	1.06 ± 0.11	1.02 ± 0.20	0.93±0.03	1.08 ± 0.23	0.99 ± 0.10
O ₃	1.28 ± 0.43	1.04 ± 0.04	1.05 ± 0.12	0.97±0.06	1.16 ± 0.34	1.00 ± 0.06

Hava kalitesi izleme metodolojilerinden olan aktif ve pasif örnekleme yöntemlerinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bununla birlikte, hava kalitesi değerlendirme çalışmalarının ayrıntılı bir şekilde yapılabilmesi için her iki yöntemin birlikte kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada yapılan değerlendirmelerde her iki yöntemle elde edilen sonuçların birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Aktif ve pasif örnekleme yöntemleri ile belirlenen kirlenici konsantrasyonları arasında hesaplanan korelasyon katsayıları (R^2) da bu sonucu desteklemektedir. Aktif ve pasif örnekleme yöntemleriyle elde edilen NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları için R^2 değerleri sırasıyla; yaz örnekleme için iç ortam için; 0.994; 0.9668; 0.8326 dış ortam için; 0.9779; 0.9974; 0.9841 olarak, kış örnekleme için ise iç ortam için; 0.8187; 0.9853; 0.8211 dış ortam için; 0.9957; 0.9975; 0.9939 olarak hesaplanmıştır. Belirlenen R^2 değerlerinin 1'e yakın olması her iki örnekleme yöntemi ile elde edilen sonuçların hem iç hem de dış ortamlar için birbirlerine oldukça yakın olduğunu ve dolayısıyla her iki yöntemde güvenilir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

4.4. PM2.5/PM10 Oranları

İç ve dış ortamlarda ölçülen eser elementlerin oluşumlarına göre farklı partikül boyutlarında bulunabilmeleri partikül madde kaynaklarının belirlenmesinde yol gösterici olabilmektedir. Kentsel alanlarda soluduğumuz havadaki partikül madde konsantrasyonunu artıran en önemli kaynaklardan biri trafiktir. Motorlu araçlardan kaynaklanan partikül maddelerin boyut ve kompozisyonları ile ilgili yapılan bir çalışmada lastik ve fren aşınmalarından kaynaklanan partiküllerin ve resüspanse olan yol tozlarının kaba partiküllerde, yanma proseslerinden kaynaklanan partiküllerin ise

daha çok ince partiküllerde baskın olduğu belirtilmektedir (Handler ve ark., 2008). Tablo 4.52 ve Tablo 4.53’de sırasıyla yaz ve kış mevsimlerinde ölçülen PM2.5 ve PM10 partikül boyutundaki elementlerin ortalama konsantrasyonlarının birbirlerine oranları verilmektedir. Tablo 4.52 ve Tablo 4.53’de koyu renkle gösterilen elementlerin PM2.5/PM10 oranlarının 0.5’in üzerinde olması bu elementlerin PM2.5 partikül boyutunda tutunma eğilimlerinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Buna göre Al, Si, Ca, Ti, Cr, Fe gibi toprak kaynaklı elementlerin toplam kütle içerisindeki büyük bir kısmı PM10 boyutunda; S, V, Ni, Cu, Zn, As, Pb gibi insan kaynaklı elementlerin toplam kütle içerisinde büyük bir kısmı PM2.5 boyutunda daha fazla tutunmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde her iki mevsimde de iç ve dış ortam şartlarında benzer eğilim olduğu görülmektedir. Benzer şekilde Gemenetzi ve diğ. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada PM2.5/PM10 oranı toprak kaynaklı elementler için 0.4-0.5, yanma kaynaklı elementler için 0.8-0.9 olarak bulunmuştur. Bu durum elementlerin özellikleri ve partiküllerin oluşma mekanizmaları ile ilişkilidir. Farklı boyuttaki partiküllerin farklı oluşma mekanizmaları vardır. Çekirdeklenme-mod partiküller, sülfürik asit ve amonyak gibi farklı kimyasalların gaz-partikül dönüşümü ile oluşurken; Aitken-mod partiküller, trafik ve endüstriyel işlemler ile ilişkili olarak gerçekleşen yanma olayı sonucunda doğrudan ortama yayılırlar. Aitken-mod partiküller, çekirdeklenme-mod partiküllerin yoğunlaşarak büyümesi ve koagülasyon sonucunda da oluşabilir. Akümülyasyon-mod partiküller ise, Aitken-mod partiküllerin yoğunlaşarak büyümesi ve koagülasyonundan kaynaklanır. Kaba partiküller genellikle mekanik olarak veya bioaerosollerden oluşabilir (Liu ve diğ., 2008) . İnce partiküllerin ağır metal konsantrasyonunun yüksek olması bu boyuttaki partikül sayısının yüksek olması ve kimyasal reaksiyonlar için elverişli daha fazla yüzey alanının varlığı ile ilişkilidir (Mamane ve diğ., 2008).

Tablo 4.52: Yaz Mevsiminde Ölçülen Partiküllerin PM2.5/PM10 Konsantrasyon Oranları

	PM2.5/PM10							
	YAZ							
	İç Ortam				Dış Ortam			
	Tüm	Okul	Ofis	Ev	Tüm	Okul	Ofis	Ev
Kütle	0.55 ± 0.16	0.23 ± 0.05	0.55 ± 0.12	0.62 ± 0.11	0.35 ± 0.13	0.32 ± 0.08	0.29 ± 0.14	0.40 ± 0.13
Al	0.38 ± 0.20	0.25 ± 0.08	0.38 ± 0.18	0.41 ± 0.23	0.25 ± 0.16	0.27 ± 0.12	0.28 ± 0.19	0.22 ± 0.14
Si	0.39 ± 0.13	0.24 ± 0.04	0.38 ± 0.12	0.42 ± 0.14	0.24 ± 0.11	0.26 ± 0.09	0.23 ± 0.10	0.24 ± 0.12
S	0.83 ± 0.13	0.64 ± 0.23	0.80 ± 0.11	0.88 ± 0.06	0.72 ± 0.17	0.68 ± 0.27	0.64 ± 0.19	0.79 ± 0.10
K	0.53 ± 0.17	0.27 ± 0.09	0.46 ± 0.14	0.64 ± 0.12	0.33 ± 0.14	0.27 ± 0.02	0.25 ± 0.16	0.39 ± 0.12
Ca	0.29 ± 0.07	0.23 ± 0.06	0.27 ± 0.08	0.31 ± 0.06	0.17 ± 0.07	0.17 ± 0.05	0.12 ± 0.05	0.20 ± 0.07
Ti	0.34 ± 0.13	0.16 ± 0.02	0.32 ± 0.08	0.40 ± 0.13	0.23 ± 0.10	0.19 ± 0.09	0.17 ± 0.08	0.27 ± 0.09
V	0.58 ± 0.22	0.75 ± 0.30	0.60 ± 0.08	0.54 ± 0.23	0.57 ± 0.24	0.49 ± 0.17	0.67 ± 0.22	0.53 ± 0.26
Cr	0.54 ± 0.16	0.36 ± 0.12	0.59 ± 0.18	0.56 ± 0.11	0.32 ± 0.12	0.36 ± 0.09	0.26 ± 0.11	0.37 ± 0.14
Mn	0.28 ± 0.20	0.21 ± 0.11	0.20 ± 0.21	0.45 ± 0.10	0.29 ± 0.16	0.33 ± 0.04	0.2 ± 0.17	0.35 ± 0.13
Fe	0.33 ± 0.32	0.08 ± 0.01	0.21 ± 0.18	0.44 ± 0.36	0.19 ± 0.14	0.13 ± 0.11	0.13 ± 0.12	0.25 ± 0.13
Ni	0.86 ± 0.24	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	0.74 ± 0.29	0.86 ± 0.24	1.00 ± 0.00	0.86 ± 0.25	0.81 ± 0.26
Cu	0.54 ± 0.15	0.57 ± 0.21	0.55 ± 0.09	0.53 ± 0.18	0.51 ± 0.18	0.35 ± 0.21	0.55 ± 0.22	0.52 ± 0.11
Zn	0.71 ± 0.31	0.72 ± 0.19	0.62 ± 0.48	0.64 ± 0.18	0.68 ± 0.33	0.89 ± 0.19	0.60 ± 0.45	0.71 ± 0.19
As	0.76 ± 0.31	0.70 ± 0.38	0.74 ± 0.37	0.80 ± 0.26	0.70 ± 0.21	0.64 ± 0.19	0.77 ± 0.18	0.63 ± 0.28
Pb	0.56 ± 0.20	0.61 ± 0.05	0.55 ± 0.19	0.56 ± 0.23	0.58 ± 0.14	0.60 ± 0.18	0.53 ± 0.15	0.59 ± 0.14

Tablo 4.53: Kış Mevsiminde Ölçülen Partiküllerin PM2.5/PM10 Konsantrasyon Oranları

	PM2.5/PM10							
	KİŞ							
	İç Ortam				Dış Ortam			
	Tüm	Okul	Ofis	Ev	Tüm	Okul	Ofis	Ev
Kütle	0.51 ± 0.23	0.07 ± 0.03	0.59 ± 0.12	0.57 ± 0.18	0.28 ± 0.13	0.36 ± 0.06	0.31 ± 0.13	0.24 ± 0.14
Al	0.39 ± 0.22	0.20 ± 0.12	0.41 ± 0.24	0.41 ± 0.22	0.31 ± 0.19	0.36 ± 0.25	0.32 ± 0.19	0.30 ± 0.20
Si	0.45 ± 0.17	0.19 ± 0.08	0.51 ± 0.13	0.45 ± 0.15	0.22 ± 0.13	0.32 ± 0.12	0.21 ± 0.09	0.22 ± 0.16
S	0.72 ± 0.19	0.31 ± 0.18	0.78 ± 0.10	0.77 ± 0.12	0.63 ± 0.16	0.64 ± 0.25	0.66 ± 0.12	0.61 ± 0.17
K	0.51 ± 0.22	0.13 ± 0.06	0.57 ± 0.14	0.55 ± 0.21	0.31 ± 0.16	0.48 ± 0.09	0.33 ± 0.16	0.26 ± 0.15
Ca	0.34 ± 0.14	0.15 ± 0.02	0.39 ± 0.13	0.34 ± 0.13	0.13 ± 0.10	0.12 ± 0.03	0.13 ± 0.08	0.13 ± 0.12
Ti	0.44 ± 0.16	0.16 ± 0.12	0.52 ± 0.14	0.44 ± 0.10	0.27 ± 0.13	0.31 ± 0.08	0.27 ± 0.08	0.26 ± 0.17
V	0.74 ± 0.17	0.39 ± 0.08	0.78 ± 0.12	0.78 ± 0.12	0.74 ± 0.14	0.83 ± 0.06	0.77 ± 0.10	0.70 ± 0.16
Cr	0.48 ± 0.12	0.28 ± 0.09	0.50 ± 0.12	0.51 ± 0.09	0.41 ± 0.06	0.45 ± 0.06	0.41 ± 0.07	0.39 ± 0.13
Mn	0.47 ± 0.20	0.20 ± 0.14	0.53 ± 0.17	0.48 ± 0.19	0.26 ± 0.18	0.40 ± 0.08	0.29 ± 0.17	0.21 ± 0.18
Fe	0.41 ± 0.35	0.13 ± 0.02	0.46 ± 0.43	0.42 ± 0.28	0.27 ± 0.15	0.38 ± 0.22	0.19 ± 0.04	0.27 ± 0.14
Ni	0.76 ± 0.07	0.74 ± 0.00	0.79 ± 0.11	0.64 ± 0.15	0.72 ± 0.01	0.74 ± 0.01	0.72 ± 0.01	0.72 ± 0.28
Cu	0.70 ± 0.15	0.60 ± 0.26	0.71 ± 0.14	0.71 ± 0.14	0.57 ± 0.16	0.63 ± 0.05	0.62 ± 0.05	0.53 ± 0.21
Zn	0.54 ± 0.35	0.28 ± 0.31	0.63 ± 0.42	0.53 ± 0.29	0.54 ± 0.23	0.51 ± 0.26	0.53 ± 0.22	0.57 ± 0.26
As	0.52 ± 0.21	0.14 ± 0.05	0.58 ± 0.17	0.57 ± 0.18	0.64 ± 0.23	0.71 ± 0.09	0.66 ± 0.17	0.61 ± 0.28
Pb	0.67 ± 0.16	0.38 ± 0.18	0.68 ± 0.11	0.72 ± 0.11	0.58 ± 0.20	0.56 ± 0.23	0.63 ± 0.21	0.54 ± 0.20

4.5. Konsantrasyonların Mevsimsel Değişimleri

Mevsimsel farklılıkların hava kirliliği üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. İnorganik gaz kirleticilerin ve partikül madde konsantrasyonlarının mevsimsel farklılıkları hakkında bilgi edinebilmek amacıyla Yaz/Kış konsantrasyon oranları hesaplanarak her iki mevsim kirletici konsantrasyonları arasındaki değişimler incelenmiştir.

4.5.1. İnorganik gaz kirleticiler

Tablo 4.54’de NO₂, SO₂ ve O₃ için farklı mikroçevrelerde iç ortam, dış ortam ve kişisel örnekleme Yaz/Kış konsantrasyon oranları verilmektedir. Daha önceki bölümlerde de sözü edildiği gibi NO₂ ve SO₂ konsantrasyonları trafik ve fosil yakıtların yakılmasına bağlı olarak önemli değişimler göstermektedir. Tablo 4.54’den de görüleceği gibi NO₂ ve SO₂ için Yaz/Kış konsantrasyon oranları okul, ofis ve evlerin iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet örnekleme örneklerinde 1’den küçük bulunmuştur. Bu nedenle trafik yoğunluğunun ve ısınma amaçlı olarak fosil yakıtların kullanımındaki artış kış mevsiminde NO₂ ve SO₂ konsantrasyonları üzerinde daha fazla bir etkiye sahiptir. Aynı durumu O₃ kirleticisi için söylememiz mümkün olmamaktadır. Ozon için Yaz/Kış konsantrasyon oranları iç ortamlarda 1.72-3.86, dış ortamlarda 7.76-11.84 ve kişisel maruziyetlerde ise 2.14-5.74 olarak bulunması düşük dış ortam güneş ışığı şiddeti ve güneşlenme süresi nedeniyle kış mevsiminde fotokimyasal reaksiyonların oluşmamasına bağlıdır.

Tablo 4.54: İnorganik Gaz Kirleticilerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları

	Mikroçevre	Yaz/Kış Oranları		
		NO ₂	SO ₂	O ₃
Kişisel (N=28)	Tüm Veri	0.69 ± 0.41	0.85 ± 0.70	2.72 ± 1.97
	Okul	0.44 ± 0.13	0.57 ± 0.44	5.74 ± 3.05
	Ofis	0.65 ± 0.23	0.69 ± 0.46	2.70 ± 2.20
	Ev	0.77 ± 0.52	0.86 ± 0.69	2.14 ± 0.84
İç Ortam (N=61)	Tüm Veri	0.72 ± 0.43	0.73 ± 0.54	1.95 ± 1.27
	Okul	0.29 ± 0.22	0.67 ± 0.87	3.86 ± 1.89
	Ofis	0.80 ± 0.48	0.84 ± 0.51	1.72 ± 1.17
	Ev	0.75 ± 0.39	0.68 ± 0.52	1.72 ± 0.92
Dış Ortam(N=28)	Tüm Veri	0.53 ± 0.41	0.50 ± 0.41	8.57 ± 6.61
	Okul	0.23 ± 0.25	0.86 ± 0.70	11.84 ± 6.45
	Ofis	0.69 ± 0.57	0.36 ± 0.19	7.76 ± 6.35
	Ev	0.51 ± 0.31	0.51 ± 0.41	8.45 ± 7.04

4.5.2. Partikül maddede (PM10 ve PM2.5) elementler

Tablo 4.55’de örnekleme yapılan tüm mikroçevrelerde PM10 partikül fraksiyonu için iç ortam ve dış ortam örneklemelelerinde, Tablo 4.56’da ise PM2.5 partikül fraksiyonu için iç ortam, dış ortam ve kişisel örneklemelelerde ölçülen Yaz/Kış konsantrasyon oranları verilmektedir.

Partiküler madde konsantrasyonları için mevsimsel değişimler incelendiğinde hem PM10 hem de PM2.5 partikül fraksiyonu için Al, Si, K, Ca, Ti, Mn ve Fe gibi toprak kaynaklı bazı elementlerin Yaz/Kış konsantrasyon oranlarının 1’in üzerinde olduğu Tablo 4.55 ve Tablo 4.56’da görülmektedir. Bu durum, toprak kaynaklı bu elementlerin konsantrasyon düzeylerinin yaz mevsiminde kış mevsimine oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir. Partikül maddeler yaz mevsiminde toprağın genellikle kuru olması nedeniyle rüzgar hızına bağlı olarak rahatlıkla taşınabilirken kış mevsiminde ise yağmur ve kar yağışı nedeniyle süspansiyonu zorlaşmaktadır. İnsan kaynaklı elementler ise toprak kaynaklı elementlerden farklı karakter göstermektedir. Endüstri ve trafiğin etkisiyle ortaya çıkan insan kaynaklı bazı kirleticilerde Yaz/Kış oranı her iki partikül fraksiyonunda da 1’in altında

bulunmuştur. Tablo 4.55'den de görüldüğü gibi PM10 fraksiyonundaki V, Cr, Ni, Cu, Zn, As ve Pb gibi insan kaynaklı elementlerin Yaz/Kış oranları 1'in altında olup tüm veri ortalamalarına bakıldığında iç ortamlarda 0.35-0.97 aralığında, dış ortamlarda 0.29-0.69 aralığında bulunmuştur. Tablo 4.56 incelendiğinde ise PM 2.5 fraksiyonundaki Cr, Ni, Cu, Zn ve Pb gibi insan kaynaklı elementlerin Yaz/Kış oranları 1'in altında olup tüm veri ortalamalarına bakıldığında iç ortamlarda 0.42-0.73 aralığında, dış ortamlarda 0.46-0.88 aralığında bulunmuştur. Kışın ısınma amacıyla ve endüstride üretimlerin artmasına bağlı olarak fosil yakıtların daha fazla kullanılması, motorlu taşıtların soğuk çalışma emisyonlarının ve şehirdeki araç sayısının artması gibi etkenler nedeniyle kış konsantrasyonlarının yüksek olmasına bağlı olarak insan kaynaklı elementlerin Yaz/Kış oranları 1'in altında kalmıştır. Özellikle PM2.5 partikül fraksiyonundaki elementlerin bölgesel taşınımları da konsantrasyon seviyeleri üzerinde etkili olabilmektedir. Hava hareketlerine bağlı olarak ince partiküller içerisinde uzun mesafeli olarak taşınabilen elementler geldikleri ülkelerin kirliliğini örnekleme bölgesine taşıyabilmektedirler (Salvador ve diğ., 2007).

Tablo 4.55: İç Ortam ve Dış Ortam Örneklemelerinde Ölçülen Partikül Madde (PM10) ve Elementlerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları

	YAZ/KIŞ Oranları							
	PM10							
	İç Ortam(N=28)				Dış Ortam (N=28)			
	Tüm Veri	Okul	Ofis	Ev	Tüm Veri	Okul	Ofis	Ev
Kütle	0.87 ±0.55	0.36± 0.20	0.95 ± 0.60	0.91 ±0.54	0.91 ± 0.43	0.64 ± 0.27	1.13 ± 0.59	0.83 ± 0.27
Mg	0.79 ± 0.37	0.51 ± 0.70	0.69 ± 0.44	0.95 ± 0.11	0.92 ± 0.46	0.67 ± 0.57	0.92 ± 0.70	1.00 ± 0.11
Al	1.47 ± 1.21	1.66 ± 2.34	1.78 ± 1.17	1.22 ± 1.01	1.81 ± 1.83	1.83 ± 1.67	2.48 ± 2.46	1.19 ± 0.90
Si	2.14 ± 2.22	1.76 ± 2.52	2.2 ± 1.28	2.18 ± 2.73	2.43 ± 2.68	2.54 ± 3.30	3.88 ± 3.43	1.20 ± 0.72
S	1.14 ± 1.27	0.22 ± 0.13	1.16 ± 1.05	1.32 ± 1.48	0.98 ± 0.86	0.86 ± 0.62	1.37 ± 1.23	0.72 ± 0.43
K	1.20 ± 0.69	0.64 ± 0.44	1.29 ± 0.70	1.24 ± 0.71	1.18 ± 1.02	0.77 ± 0.27	1.83 ± 1.41	0.82 ± 0.48
Ca	2.78 ± 2.77	0.56 ± 0.33	2.73 ± 1.76	3.38 ± 3.54	2.18 ± 2.40	2.64 ± 3.54	3.08 ± 2.85	1.13 ± 0.95
Ti	1.95 ± 1.97	1.05 ± 0.61	2.63 ± 2.34	1.67 ± 1.83	1.96 ± 2.79	1.01 ± 0.88	3.14 ± 3.90	1.07 ± 0.98
V	0.35 ± 0.24	0.24 ± 0.17	0.33 ± 0.27	0.39 ± 0.24	0.49 ± 0.63	0.24 ± 0.28	0.83 ± 0.98	0.30 ± 0.12
Cr	0.49 ± 0.36	0.25 ± 0.10	0.59 ± 0.52	0.47 ± 0.22	0.57 ± 0.39	0.30 ± 0.26	0.66 ± 0.45	0.56 ± 0.36
Mn	1.68 ± 1.96	0.99 ± 0.62	1.83 ± 2.51	1.73 ± 1.75	1.64 ± 1.85	0.73 ± 0.86	2.68 ± 2.79	1.21 ± 0.87
Fe	1.24 ± 1.22	1.12 ± 1.22	1.43 ± 2.14	1.19 ± 0.65	1.71 ± 2.88	0.76 ± 0.89	2.74 ± 3.49	1.41 ± 2.84
Ni	0.56 ± 0.36	0.11 ± 0.01	0.54 ± 0.07	0.81 ± 0.37	0.29 ± 0.25	0.10 ± 0.01	0.22 ± 0.22	0.58 ± 0.06
Cu	0.58 ± 0.26	0.66 ± 0.40	0.61 ± 0.23	0.54 ± 0.27	0.69 ± 0.39	0.79 ± 0.68	0.70 ± 0.40	0.65 ± 0.34
Zn	0.42 ± 0.39	0.43 ± 0.38	0.39 ± 0.41	0.58 ± 0.39	0.41 ± 0.43	0.38 ± 0.52	0.30 ± 0.12	0.46 ± 0.49
As	0.97 ± 1.32	0.27 ± 0.43	1.01 ± 1.48	1.09 ± 1.34	0.39 ± 0.34	0.48 ± 0.78	0.50 ± 0.36	0.31 ± 0.19
Pb	0.65 ± 0.39	0.43 ± 0.53	0.80 ± 0.35	0.62 ± 0.39	0.65 ± 0.57	0.38 ± 0.22	0.65 ± 0.79	0.70 ± 0.47

Tablo 4.56: İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Örneklemelelerde Ölçülen Partikül Madde (PM2.5) ve Elementlerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları

	YAZ/KIŞ Oranları											
	PM2.5											
	İç Ortam (N=28)				Dış Ortam (N=28)				Kişisel(N=28)			
	Tüm Veri	Okul	Ofis	Ev	Tüm Veri	Okul	Ofis	Ev	Tüm Veri	Okul	Ofis	Ev
Kütle	1.17 ± 0.71	1.14 ± 0.50	0.94 ± 0.63	1.32 ± 0.79	1.33 ± 1.04	0.56 ± 0.23	1.22 ± 0.47	1.57 ± 1.32	0.71 ± 0.54	0.29 ± 0.23	0.79 ± 0.55	0.74 ± 0.57
Mg	0.86 ± 0.32	0.68 ± 0.56	0.79 ± 0.42	0.96 ± 0.10	0.96 ± 0.20	1.00 ± 0.00	0.89 ± 0.33	1.00 ± 0.12	*	*	*	*
Al	1.58 ± 1.38	2.10 ± 2.04	1.91 ± 1.68	1.25 ± 1.00	1.18 ± 0.92	2.01 ± 1.57	1.19 ± 0.67	1.00 ± 0.86	0.82 ± 0.36	0.12 ± 0.16	0.89 ± 0.38	0.93 ± 0.21
Si	1.60 ± 1.39	2.47 ± 3.33	1.57 ± 1.04	1.46 ± 1.11	3.18 ± 4.34	3.51 ± 5.33	3.69 ± 3.47	2.80 ± 4.86	2.15 ± 3.69	0.56 ± 0.59	3.28 ± 4.67	1.71 ± 3.24
S	1.24 ± 1.23	0.46 ± 0.08	1.18 ± 1.18	1.43 ± 1.37	1.08 ± 0.89	1.24 ± 1.45	1.25 ± 1.06	0.92 ± 0.66	1.42 ± 1.59	0.51 ± 0.14	1.85 ± 1.78	1.31 ± 1.57
K	1.36 ± 0.87	1.36 ± 0.95	0.98 ± 0.50	1.62 ± 1.00	1.21 ± 0.92	0.45 ± 0.21	1.05 ± 0.48	1.47 ± 1.12	1.17 ± 2.47	0.40 ± 0.09	2.13 ± 3.97	0.69 ± 0.79
Ca	1.95 ± 1.36	1.26 ± 1.05	1.67 ± 0.80	2.28 ± 1.66	3.78 ± 5.34	3.74 ± 4.95	4.03 ± 4.97	3.63 ± 5.97	1.95 ± 2.77	0.69 ± 0.32	2.81 ± 3.29	1.69 ± 2.67
Ti	1.41 ± 1.16	1.73 ± 1.63	1.49 ± 1.08	1.28 ± 1.20	1.51 ± 1.81	0.77 ± 0.69	1.68 ± 1.74	1.55 ± 2.06	1.05 ± 1.62	0.23 ± 0.14	1.25 ± 1.13	1.09 ± 2.01
V	1.09 ± 0.82	0.66 ± 0.27	1.00 ± 0.68	1.24 ± 0.95	0.92 ± 0.76	0.79 ± 1.02	1.11 ± 1.07	0.82 ± 0.44	0.87 ± 1.12	0.51 ± 0.14	1.11 ± 1.49	0.77 ± 0.95
Cr	0.49 ± 0.33	0.36 ± 0.23	0.58 ± 0.37	0.45 ± 0.31	0.51 ± 0.44	0.24 ± 0.19	0.49 ± 0.32	0.57 ± 0.53	1.12 ± 1.24	0.52 ± 0.25	1.48 ± 1.71	0.99 ± 0.94
Mn	1.98 ± 1.74	0.98 ± 0.17	1.57 ± 1.53	2.47 ± 1.97	2.78 ± 3.05	0.79 ± 1.07	2.97 ± 3.59	3.06 ± 2.91	0.68 ± 0.81	0.30 ± 0.14	0.92 ± 1.09	0.59 ± 0.66
Fe	1.26 ± 1.81	0.30 ± 0.30	1.01 ± 0.54	1.52 ± 2.26	2.82 ± 4.22	1.53 ± 1.97	0.31 ± 0.13	3.80 ± 4.79	0.78 ± 0.64	0.20 ± 0.05	0.61 ± 0.54	1.07 ± 0.67
Ni	0.69 ± 0.35	0.15 ± 0.01	0.72 ± 0.10	0.89 ± 0.29	0.69 ± 0.65	0.13 ± 0.01	0.52 ± 0.77	0.92 ± 0.55	0.62 ± 0.66	0.29 ± 0.18	0.90 ± 0.94	0.49 ± 0.42
Cu	0.42 ± 0.18	0.50 ± 0.21	0.43 ± 0.15	0.40 ± 0.20	0.46 ± 0.25	0.33 ± 0.27	0.56 ± 0.28	0.42 ± 0.22	0.60 ± 0.63	0.40 ± 0.22	0.88 ± 0.98	0.48 ± 0.31
Zn	0.73 ± 0.40	0.60 ± 0.83	0.79 ± 0.36	0.70 ± 0.36	0.88 ± 0.68	0.38 ± 0.50	1.14 ± 0.90	0.86 ± 0.61	0.42 ± 0.71	0.22 ± 0.22	0.51 ± 1.15	0.42 ± 0.46
As	1.29 ± 1.25	1.16 ± 1.76	1.49 ± 1.37	1.13 ± 1.10	0.79 ± 0.82	1.31 ± 2.14	1.00 ± 0.60	0.52 ± 0.42	1.14 ± 3.12	0.46 ± 0.64	2.06 ± 5.20	0.66 ± 0.59
Pb	0.64 ± 0.48	0.59 ± 0.52	0.91 ± 0.54	0.47 ± 0.38	0.57 ± 0.53	0.33 ± 0.31	0.36 ± 0.26	0.80 ± 0.63	0.86 ± 0.78	0.23 ± 0.03	1.02 ± 0.86	0.88 ± 0.77

*:Belirlenemedi

4.6. Korelasyonlar

Bu bölümde çalışma kapsamında gerçekleştirilen iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet örneklemeleri ile elde edilen kirletici konsantrasyonlarının birbirleri ile ilişkisini incelemek amacıyla konsantrasyon oranları ve Pearson korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır.

4.6.1. İç ve dış ortam konsantrasyonları arasındaki korelasyonlar

Tablo 4.57’de örneklenen okul, ofis ve evlerde incelenen hedef bileşikler için İç Ortam/Dış Ortam oranları ve korelasyon katsayıları (r) hesaplanarak iç ortam ve dış ortam arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır.

İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranının 1’den büyük bulunması incelenen kirletici için güçlü bir iç ortam kaynağının varlığına işaret etmektedir. İncelenen kirleticilerin İç Ortam/Dış Ortam oranları toplu olarak değerlendirildiğinde yaz mevsiminde 0.12-3.25, kış mevsiminde 0.09-3.10 aralığında bulunmuştur. İncelenen kirleticilerin büyük bir çoğunluğu için İç Ortam/Dış Ortam oranları 1’den küçük bulunmuştur. Bazı mevsimsel farklılıklar olmasına rağmen İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 0.3-0.7 aralığında değişmesi, incelenen inorganik kirleticilere kişilerin maruziyeti bakımından dış ortam kirleticilerinin iç ortam kirleticilerinden daha büyük bir rol oynadığını göstermektedir. İncelenen eser elementlerin İç Ortam/Dış Ortam oranları ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise PM2.5 fraksiyonundaki elementlerin İç Ortam/Dış Ortam oranları yaz mevsiminde 0.12-3.25, kış mevsiminde 0.09-2.72 aralığındadır. Bu oran hem yazın hem de kışın ölçülen elementlerin yaklaşık %75’inde 1’in altındadır. Bu durum iç ortam PM2.5 kirlilik düzeylerine dış ortamın katkısının önemli olduğunu göstermektedir. PM10 fraksiyonundaki elementlerin İç Ortam/Dış Ortam oranları ise yaz mevsiminde 0.21-2.53 kış mevsiminde 0.15-3.10 aralığındadır. PM10 fraksiyonunda da incelenen eser elementlerin İç Ortam/Dış Ortam oranlarının her iki mevsimde de %75’in üzerinde 1’den küçük olması incelenen kirleticiler için dış ortamın iç ortamdaki baskın bir kaynak olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.57’de verilen pearson korelasyon katsayılarına (r) bakıldığında genellikle hem yaz hem de kış mevsiminde ev ve ofislerin hava kalitelerinde okullara nazaran daha güçlü korelasyonlar görülmüştür. İncelenen çok sayıda kirletici için her iki mevsimde de okulların korelasyonlarında büyük bir değişkenlik görülmüştür. Genel olarak, iç ortam konsantrasyonları kış mevsimine nazaran yaz mevsiminde dış ortam konsantrasyonları ile daha güçlü korelasyonlara sahiptir. Özellikle yaz mevsiminde ev ve ofislerde toprak kaynaklı elementlerin hemen hemen tamamında ve NO₂, S, Cr, Zn, As ve Pb gibi insan kaynaklı kirleticilerin iç ve dış ortam konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli korelasyonlar ($P < 0.05$, %95 güven aralığında) bulunurken, kış mevsiminde nispeten zayıf korelasyonlar elde edilmiştir. Bu da iç ortamlara bu bileşiklerin katkılarının yaz mevsiminde kışa oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum yaz mevsiminde toprağın kuru olması nedeniyle toprak kaynaklı elementlerin rüzgarın etkisiyle iç ortamlara taşınımının kolaylaşması ve insan kaynaklı elementler için de kışa oranla yazın pencerelerin daha fazla açık kalması nedeniyle iç ortamlara taşınımın artması ile açıklanabilir.

Tablo 4.57: İç ve Dış Ortam Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar ve Oranlar

	Yaz Örneklemesi						Kış Örneklemesi					
	Korelasyon Sabiti (r)			İç Ortam /Dış Ortam Oranı			Korelasyon Sabiti (r)			İç Ortam /Dış Ortam Oranı		
	Ev	Ofis	Okul	Ev	Ofis	Okul	Ev	Ofis	Okul	Ev	Ofis	Okul
İNORGANİK GAZ KİRLİTİCİLER												
NO₂	0.46	0.72 ^a	0.96	1.57	1.24	1.42	0.26	0.22	1.00	1.1	1.34	0.94
SO₂	0.46	0.34	0.69	0.39	0.45	0.24	0.03	0.5	-0.33	0.55	0.33	0.35
O₃	0.43	0.45	0.75	0.13	0.14	0.17	0.02	0.66 ^a	-0.52	0.59	0.45	0.66
PM10												
Mg	-0.17	0.23	*	0.84	0.99	*	0.09	-0.12	0.99	0.68	0.60	2.77
Al	0.2	0.77 ^a	-0.15	0.39	0.48	1.06	0.23	0.57	0.93	0.37	0.54	1.99
Si	0.2	0.76 ^a	0.95	0.41	0.41	1.08	0.16	0.70 ^a	0.59	0.35	0.58	2.33
S	0.33	0.92 ^a	0.45	0.84	0.74	0.85	0.43	0.73 ^a	0.85	0.69	0.92	2.48
K	0.68 ^a	0.51	0.9	0.78	0.52	1.19	0.33	0.29	-0.63	0.57	0.69	2.42
Ca	0.78 ^a	0.43	0.22	0.36	0.32	2.53	0.5	0.47	0.83	0.18	0.30	3.10
Ti	0.48	0.54	0.53	0.43	0.35	1.92	0.48	0.62	0.24	0.27	0.30	1.71
V	-0.01	0.91 ^a	0.71	0.57	0.36	1.06	0.57 ^a	0.46	0.97	0.54	0.55	0.61
Cr	0.79 ^a	0.5	0.98	0.75	0.56	1.03	0.58 ^a	0.57	0.61	0.76	0.76	1.01
Mn	0.90 ^a	0.81 ^a	0.48	0.36	0.30	1.77	0.62 ^a	0.55	0.96	0.42	0.89	0.73
Fe	0.3	0.58	0.77	0.21	0.25	1.48	0.57 ^a	0.69 ^a	0.68	0.17	0.15	1.04
Ni	0.14	0.58	*	2.24	1.79	*	0.61 ^a	-0.02	0.32	0.95	0.99	0.84
Cu	0.34	0.06	0.6	0.91	1.26	1.44	0.07	0.61	0.97	0.89	1.20	1.34
Zn	0.98 ^a	0.98 ^a	0.92	0.45	0.46	1.10	0.91 ^a	0.55	1.00 ^a	0.41	0.21	0.73
As	0.75 ^a	0.99 ^a	0.96	0.87	0.45	0.35	0.59 ^a	0.07	1.00	0.40	0.38	0.46
Pb	0.76 ^a	0.96 ^a	-0.28	1.37	1.67	0.81	0.90 ^a	0.68 ^a	0.99	0.82	0.77	1.02
PM2.5												
Mg	-0.17	-0.11	*	0.84	0.89	*	-0.15	-0.15	*	0.91	0.88	1.00
Al	0.69 ^a	0.70 ^a	0.81	0.72	0.86	0.82	0.45	0.52	0.98	0.38	0.40	1.35
Si	0.53 ^a	0.71 ^a	0.82	0.77	0.69	1.04	0.66 ^a	0.84 ^a	-0.06	0.65	0.87	2.08
S	0.39	0.84 ^a	0.82	0.98	1.02	0.76	0.23	0.39	-0.05	0.59	0.97	1.49
K	0.16	0.14	0.99	1.61	1.00	1.20	-0.34	0.02	-0.53	1.17	1.08	0.67
Ca	0.81 ^a	0.92 ^a	0.7	0.71	0.63	3.25	0.70 ^a	0.56	0.27	0.33	0.58	2.72
Ti	0.73 ^a	0.77 ^a	0.64	0.59	0.61	2.49	0.5	0.41	0.31	0.45	0.43	1.08
V	0.38	0.78 ^a	-0.42	0.60	0.31	0.48	0.67 ^a	0.65 ^a	0.85	0.51	0.61	0.29
Cr	0.77 ^a	-0.06	0.92	0.95	1.25	1.00	0.18	0.44	-0.68	0.94	0.80	0.60
Mn	0.81 ^a	0.27	-0.99	0.83	0.63	1.36	0.44	0.06	0.17	1.10	1.51	0.43
Fe	0.87 ^a	0.67 ^a	0.7	0.30	0.49	0.47	0.16	0.93 ^a	0.65	0.37	0.69	0.23
Ni	-0.05	0.58	*	0.89	0.84	*	0.61 ^a	0.42	0.27	1.04	1.07	0.84
Cu	0.14	0.13	-0.95	1.13	0.94	0.88	-0.2	0.19	0.76	1.40	1.34	1.11
Zn	0.98 ^a	0.62	0.88	0.79	0.79	0.82	0.51	0.48	0.96	1.31	0.56	0.17
As	0.89 ^a	0.69 ^a	1.00 ^a	0.48	0.47	0.12	0.26	0.45	0.99	0.36	0.37	0.09
Pb	0.72 ^a	0.34	-0.93	0.81	1.65	0.57	0.56 ^a	0.45	0.42	1.30	1.01	0.65

^aP < 0.05 ; *: Belirleme limitinin altında

4.6.2. Kişisel maruziyet konsantrasyonları ile iç ve dış ortam konsantrasyonları arasındaki korelasyonlar

Örneklenen okul, ofis ve evlerde incelenen kirleticiler için Kişisel/İç Ortam, Kişisel/Dış Ortam oranları ve korelasyon katsayıları (r) hesaplanarak Kişisel maruziyet konsantrasyonları ile iç ortam ve dış ortam konsantrasyonları arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Kişisel maruziyet belirleme çalışması kapsamında örneklenen kişiler de yalnızca PM2.5 boyutundaki eser elementler ve NO₂, SO₂, O₃ konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu nedenle bu bölümde iç ortamlarla ve dış ortamlarla kişisel maruziyet konsantrasyonları arasındaki ilişki araştırılırken iç ve dış ortamlar için yalnızca PM2.5 boyutundaki eser element konsantrasyonları kullanılmıştır.

Kişisel/İç Ortam konsantrasyon oranının 1'den büyük bulunması incelenen kirletici için kişisel maruziyet konsantrasyonlarının yalnızca iç ortamlardan değil aynı zamanda dış ortamlardan da etkilendiğine işaret eder. Tablo 4.58'e bakıldığında İncelenen kirleticilerin Kişisel/İç Ortam oranları yaz mevsiminde 0.31-8.36, kış mevsiminde 0.57-9.27 aralığında bulunmuştur. Kirleticilerin büyük bir çoğunluğu için Kişisel/İç Ortam oranları 1'den büyük bulunmuştur. Bazı mevsimsel farklılıklar olmasına rağmen Kişisel/İç Ortam oranlarının 1'in üzerinde olması, incelenen inorganik kirleticilere kişisel maruziyet bakımından dış ortam kirleticilerinin katkısının iç ortam kirleticileri kadar etkili olduğunu göstermektedir. Kişisel/Dış Ortam konsantrasyon oranının 1'den büyük bulunması incelenen bileşik için güçlü bir iç ortam kaynağının varlığına işaret etmektedir. Tablo 4.59 incelendiğinde Kişisel/Dış Ortam oranları yaz mevsiminde 0.17-8.85, kış mevsiminde 0.14-5.96 aralığında bulunmuştur. İncelenen kirleticilerin büyük bir çoğunluğu için Kişisel/Dış Ortam oranları 1'den büyük bulunmuştur.

Tablo 4.58 ve Tablo 4.59'da verilen pearson korelasyon katsayılarına (r) bakıldığında genellikle hem yaz hem de kış mevsiminde kişisel maruziyet ile iç ortam kirletici konsantrasyonları arasında dış ortam kirletici konsantrasyonlarına göre daha güçlü korelasyonlar ($P < 0.05$, %95 güven aralığında) belirlenmiştir.

Kış mevsiminde insanlar vakitlerini daha çok iç ortamlarda geçirmekte ve iç ortamlarda bulunan kirleticilerden yaz mevsimine göre daha fazla etkilenmektedir. Bu nedenle, kişisel maruziyet konsantrasyonları yaz mevsimine nazaran kış mevsiminde iç ortam konsantrasyonları ile dış ortam konsantrasyonlarına göre daha güçlü korelasyonlara ($P < 0.05$, %95 güven aralığında) sahiptir. Evlerde, ofis ve okullara göre örneklenen kişilerin maruziyet konsantrasyonları ile iç ortam konsantrasyonları arasında daha fazla ilişki görülmüştür. Hemen hemen örneklenen bütün kirleticiler için evlerin iç ortam konsantrasyonları ile maruziyet konsantrasyonları arasında bir ilişki belirlenmiştir. Bu durum evlerde örneklenen kişilerin ofis ve okullarda örneklenen kişilere göre örnekleminin gerçekleştiği ortamda daha fazla vakit geçirmesi ile ilgilidir. Ancak, örneklenen kişiler yalnızca iç ortam kirletici konsantrasyonlarından değil aynı zamanda dış ortam kirletici konsantrasyonlarından da etkilenmektedir. Tablo 4.59'da verilen dış ortam konsantrasyonları ile kişisel maruziyet konsantrasyonları arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde NO₂, O₃, Al, Si, S, Ti, Fe, Cu, Zn kirleticileri için kişisel maruziyet konsantrasyonları ile dış ortam konsantrasyonları arasında bir ilişki olduğu görülmektedir.

Tablo 4.58: İç Ortam Konsantrasyonları ile Kişisel Maruziyet Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar ve Oranlar

	Yaz Örneklemesi						Kış Örneklemesi					
	Korelasyon Sabiti (<i>r</i>)			Kişisel /İç Ortam			Korelasyon Sabiti (<i>r</i>)			Kişisel /İç Ortam		
	Ev	Ofis	Okul	Ev	Ofis	Okul	Ev	Ofis	Okul	Ev	Ofis	Okul
İNORGANİK GAZ KİRLETİCİLER												
NO₂	0.65 ^a	0.94 ^a	1.00 ^a	1.04	1.04	1.81	0.84 ^a	0.85 ^a	1.00 ^a	1.08	1.12	0.97
SO₂	0.91 ^a	0.92 ^a	1.00 ^a	1.18	0.92	1.41	0.78 ^a	0.23	0.05	1.2	1.83	0.57
O₃	0.97 ^a	0.96 ^a	0.67	1.63	1.59	1.33	0.36	0.61	0.55	1.27	1.03	0.87
PM_{2.5}												
Al	0.13	0.61	0.66	0.31	1.39	1.18	0.39	0.25	0.71	0.75	1.21	2.42
Si	0.48	0.58	0.59	0.96	1.55	0.85	0.62 ^a	0.49	-0.1	1.36	1.57	2.32
S	0.73 ^a	0.75 ^a	0.6	2.40	3.02	3.51	0.55 ^a	0.65 ^a	0.23	3.28	2.49	1.58
K	-0.14	0.59	0.67	0.59	1.57	2.31	0.24	0.1	-0.11	1.41	1.82	4.06
Ca	0.07	0.54	-0.24	1.01	1.70	0.78	0.52 ^a	0.38	0.48	1.90	0.91	1.40
Ti	-0.04	0.78 ^a	-0.8	1.03	1.30	0.72	0.83 ^a	0.59	-0.98	2.19	2.45	1.78
V	0.54 ^a	0.56	-0.25	2.14	3.85	3.98	0.80 ^a	0.41	-0.13	3.27	3.39	5.49
Cr	0.24	0.05	-0.99	2.81	2.20	8.36	0.59 ^a	0.18	-0.87	1.39	2.13	4.65
Mn	0.52 ^a	0.67 ^a	-0.96	0.96	1.81	0.75	0.82 ^a	0.90 ^a	-0.17	2.77	2.53	3.70
Fe	0.61 ^a	0.38	-1	1.25	1.24	2.17	0.59 ^a	0.66 ^a	0.15	3.50	5.41	2.82
Ni	-0.12	-0.21	*	1.32	1.03	5.69	0.25	-0.04	0.95	1.07	1.27	3.80
Cu	0.38	0.37	0.95	2.58	3.13	5.46	0.41	-0.13	0.2	2.34	2.61	5.20
Zn	0.66 ^a	0.85 ^a	-0.79	1.13	1.74	1.33	0.84 ^a	0.67 ^a	0.88	2.14	5.89	7.71
As	0.62 ^a	0.74 ^a	0.69	2.97	3.74	6.29	0.84 ^a	0.09	0.95	4.48	4.93	9.27
Pb	0.70 ^a	0.39	0.93	1.87	1.60	1.36	0.87 ^a	0.82 ^a	0.88	1.04	1.38	2.02

^a*P* < 0.05 ; *: Belirleme limitinin altında

Tablo 4.59: Dış Ortam Konsantrasyonları ile Kişisel Maruziyet Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyonlar ve Oranlar

	Yaz Örneklemesi						Kış Örneklemesi					
	Korelasyon Sabiti (r)			Kişisel /Dış Ortam			Korelasyon Sabiti (r)			Kişisel /Dış Ortam		
	Ev	Ofis	Okul	Ev	Ofis	Okul	Ev	Ofis	Okul	Ev	Ofis	Okul
İNORGANİK GAZ KİRLETİCİLER												
NO₂	0.4	0.77 ^a	0.96	1.61	1.19	1.51	0.53 ^a	0.34	0.99	1.1	1.49	0.8
SO₂	0.37	0.23	0.63	0.45	0.41	0.3	0.1	-0.2	0.93	0.57	0.46	0.14
O₃	0.48	0.57	0.07	0.2	0.19	0.22	-0.03	-0.35	-1.00 ^a	0.74	0.46	0.57
PM_{2.5}												
Al	0.24	0.42	0.98	0.17	0.99	0.61	0.60 ^a	0.6	0.57	0.34	0.42	4.04
Si	0.42	0.47	0.95	0.57	1.00	0.81	0.55 ^a	0.81 ^a	1.00 ^a	0.92	1.40	3.29
S	0.24	0.61	0.03	2.30	3.15	2.79	0.55 ^a	0.72 ^a	0.96	2.35	2.46	2.75
K	0.32	0.06	0.55	0.72	1.57	2.91	-0.04	0.35	0.89	1.74	1.79	2.72
Ca	0.07	0.57	-0.86	0.63	1.01	3.06	0.3	0.35	0.97	0.58	0.48	3.33
Ti	0	0.55	-0.97	0.80	0.77	2.33	0.70 ^a	0.6	-0.48	0.84	0.94	2.12
V	0.4	0.54	0.98	1.26	1.79	1.65	0.48	0	0.42	1.70	2.06	1.69
Cr	0.27	-0.36	-0.97	2.87	3.05	8.85	0.28	0.44	0.95	1.28	1.35	2.53
Mn	0.49	0.15	0.93	0.71	0.96	0.88	0.5	0.04	0.94	2.99	3.11	1.16
Fe	0.47	0.41	-0.63	0.70	0.73	0.22	0.47	0.84 ^a	0.85	1.39	1.29	0.68
Ni	-0.28	-0.07	*	0.89	0.85	5.69	0.32	-0.16	0.55	1.18	1.36	3.21
Cu	0.35	-0.24	-0.81	2.70	2.96	5.47	-0.25	0.67 ^a	0.79	3.10	2.70	5.96
Zn	0.71 ^a	0.34	-0.41	0.48	0.21	0.66	0.52 ^a	0	0.98	2.35	2.00	2.69
As	0.64 ^a	0.34	0.67	1.46	3.22	1.53	0.24	-0.24	0.99	2.26	2.91	1.14
Pb	0.68 ^a	0.32	-1.00 ^a	1.27	3.26	0.62	0.49	0.45	0.81	1.41	1.34	1.47

^aP < 0.05 ; *: Belirleme limitinin altında

4.7. Sigara Kullanımı ile Kirletici Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler

Tütün içilmesinin, iç ortam havasının en önemli kirletici kaynaklarından biri olduğu uzun zamandan beri yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Benner ve diğ., 1989; Landsberger and Wu, 1995; Paoletti ve diğ., 2006). Bu çalışma kapsamında sigara içilmesinin incelenen kirletici konsantrasyonları üzerindeki etkisinin araştırılabilmesi için sigara içilen ve içilmeyen ortamlarda yapılan ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Tablo 4.60'da incelenen inorganik kirleticiler için kişisel maruziyet konsantrasyonları sigara kullanan ve kullanmayan katılımcılar için ayrı ayrı verilmektedir. Tabloda ayrıca sigara kullanan ve kullanmayan katılımcılar

arasında bir fark olup olmadığını görebilmek amacıyla incelenen her bir kirletici için sigara kullananlar ve kullanmayanların konsantrasyon oranları verilmektedir. Tütün dumanının solunabilir partikül maddelerin major kaynaklarından olabileceği belirtilmekte (Guerin ve diğ., 2000; Miller and Nazaroff, 2001) ve yapılan birtakım çalışmalarda özellikle ince partiküllerin kaynağı olarak gösterilmektedir (Özkaynak ve diğ., 1996; Gemenetzi ve diğ., 2006).

Tütün bitkisi topraktan çeşitli metalleri absorblar ve bu metaller bitkinin yapraklarında birikir (Adachi ve diğ., 1998). Tütünün yetiştiği topraklardaki metal içeriklerine bağlı olarak tütün dumanındaki element tür ve konsantrasyonları da farklılıklar gösterebilir (Arain ve diğ., 2008). Bununla birlikte birçok araştırmacının yaptığı çalışmalarda tütün dumanının iz elementleri olarak S, K, V, Ni, Cu, As, Pb elementleri tespit edilmiştir (Adachi ve diğ., 1998; Benner ve diğ., 1989; Chao and Wong, 2002; Chang ve diğ., 2003; Na ve diğ., 2004; Gemenetzi ve diğ., 2006). Örneklem süresi boyunca sigara kullanan katılımcılarda daha yüksek Al, Si, S, K, V, Mn, Fe, Ni, As, NO₂ ve SO₂ kişisel maruziyet düzeyleri tespit edilmiştir. Sigara Kullanan/Kullanmayan konsantrasyon oranları sözü geçen kirleticiler için 1'in üzerinde bulunmuştur. Bu kirleticiler için özellikle sigara içen kişilerde sigara içmeyenlere göre daha yüksek maruziyet konsantrasyonların elde edilmesi kişisel maruziyette bu elementlerin önemli kaynaklarından birinin sigara olduğuna işaret etmektedir.

Tezin ilerleyen bölümlerinde, çalışmada incelenen inorganik kirleticiler birlikte ele alınarak elde edilen iç ortam ve kişisel maruziyet örneklemelerine ait veri setlerine uygulanacak çok değişkenli istatistik metotlar ile gözlenen kirliliğe neden olan olası kirletici kaynakları belirlenecektir. PMF model çalışması sonucunda gözlenen kirlilik düzeylerinde sigara kullanımı önemli bir katkı sağlayan kaynak olarak ön plana çıkması durumunda, sigara kullanımından kaynaklanan kirleticiler hakkında daha ayrıntılı bilgi sahibi olunacaktır.

Tablo 4.60: Sigara Kullanımı ile İnorganik Kirletici Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Arasındaki İlişkiler

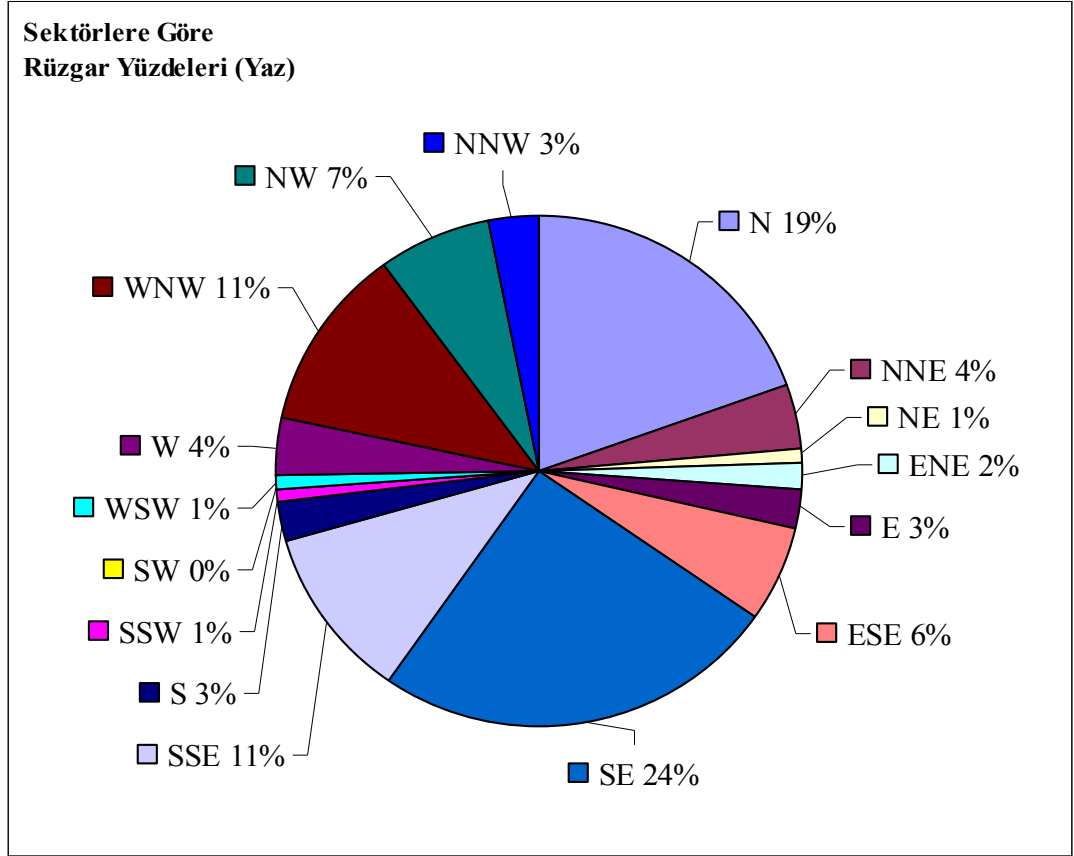
Bileşikler	Sigara Kullananlar (N=18)			Sigara Kullanmayanlar (N=10)			*S/N
	Ortalama	Std. Sap.	Ortanca	Ortalama	Std. Sap.	Ortanca	
Al	0.094	0.150	0.001	0.077	0.142	0.001	1.22
Si	0.708	0.858	0.390	0.564	0.431	0.442	1.26
S	1.338	0.844	1.156	1.015	0.563	0.875	1.32
K	0.238	0.239	0.140	0.209	0.175	0.173	1.14
Ca	0.694	0.789	0.365	0.805	0.885	0.599	0.86
Ti	0.062	0.056	0.040	0.057	0.039	0.054	1.09
V	0.013	0.011	0.010	0.007	0.005	0.006	1.81
Cr	0.012	0.010	0.008	0.012	0.008	0.010	1.01
Mn	0.044	0.036	0.032	0.038	0.036	0.023	1.15
Fe	0.217	0.334	0.001	0.180	0.285	0.030	1.21
Ni	0.004	0.004	0.002	0.003	0.003	0.002	1.12
Cu	0.123	0.111	0.070	0.139	0.154	0.092	0.89
Zn	0.114	0.214	0.038	0.111	0.142	0.035	1.02
As	0.006	0.007	0.003	0.003	0.004	0.002	1.66
Pb	0.069	0.061	0.051	0.067	0.047	0.053	1.03
NO ₂	55.43	24.21	49.21	49.35	21.86	44.51	1.12
SO ₂	5.79	5.33	4.02	3.82	2.34	3.46	1.52
O ₃	4.84	3.32	4.25	5.97	4.42	4.99	0.81

* S/N: Sigara Kullananlar ve Kullanmayanların Konsantrasyon Oranı

4.8. Kirlilik Düzeylerinin Meteorolojik Verilerle İlişkilendirilmesi

4.8.1. Yaz örnekleme

Çevre kirliliği çalışmalarında, kirletici kaynak türlerini belirleyebilmek için faydalanılan araçlardan biri de kirleticilerin olduğu kaynaktan daha uzaklara taşınmalarını sağlayan hava hareketlerinin yönüne göre değerlendirmeler yapmaktır. Örnekleme sırasındaki yerel rüzgar yönleri, kirletici kompozisyonlarındaki değişimlerin anlaşılmasında yardımcı olacak yöntemlerden biridir. Çalışma bölgesindeki hakim rüzgar yönünü belirleyebilmek amacı ile yaz örneklemesinin gerçekleştirildiği 31 Mayıs - 29 Haziran 2006 tarihleri arasındaki döneme ait rüzgar verileri kullanılarak hazırlanan pay grafiği 16 farklı sektör (yön) dikkate alınarak hazırlanmıştır (Şekil 4.21).

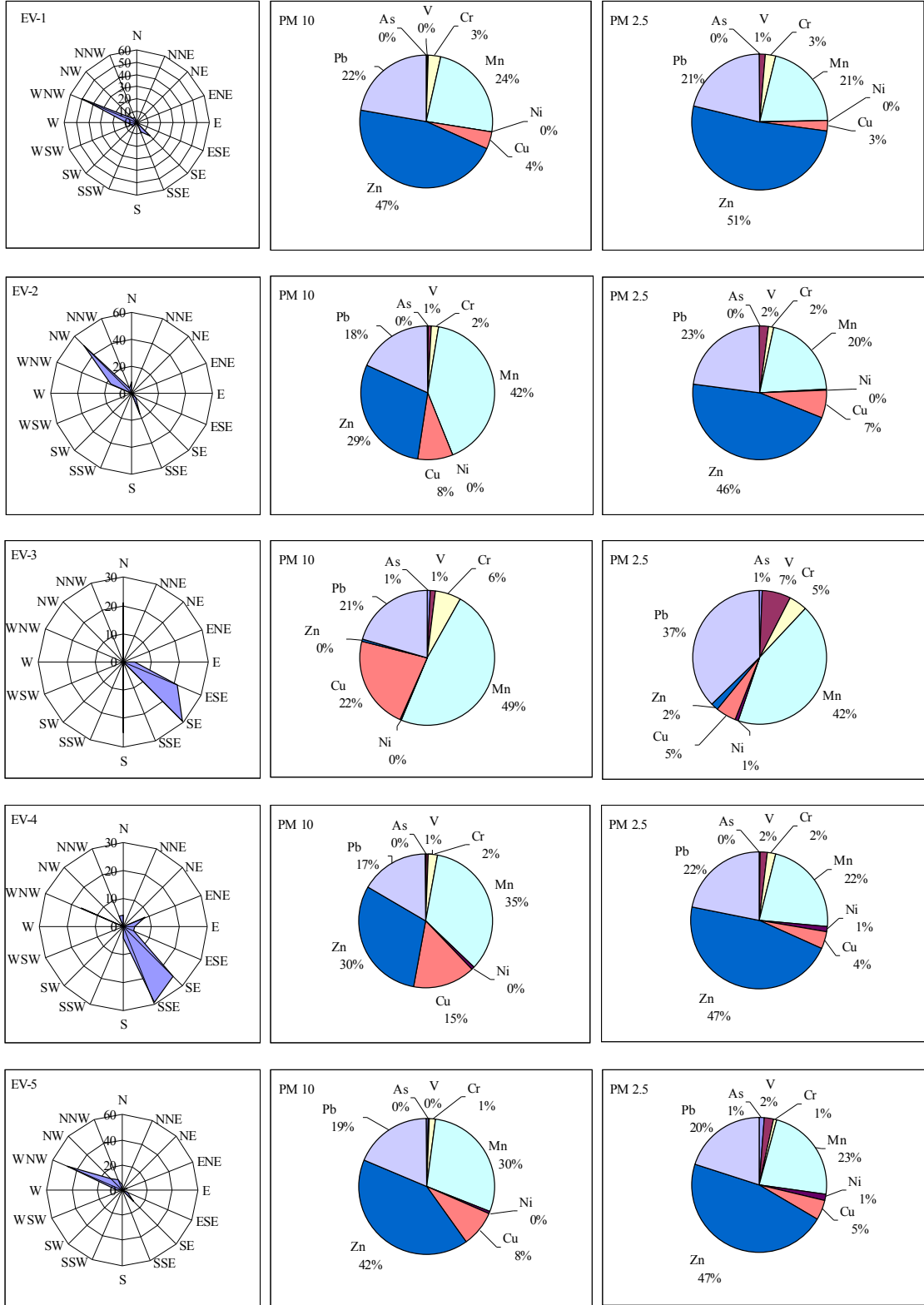


Şekil 4.21: Yaz Örneklem Süresi Boyunca Her Bir Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri

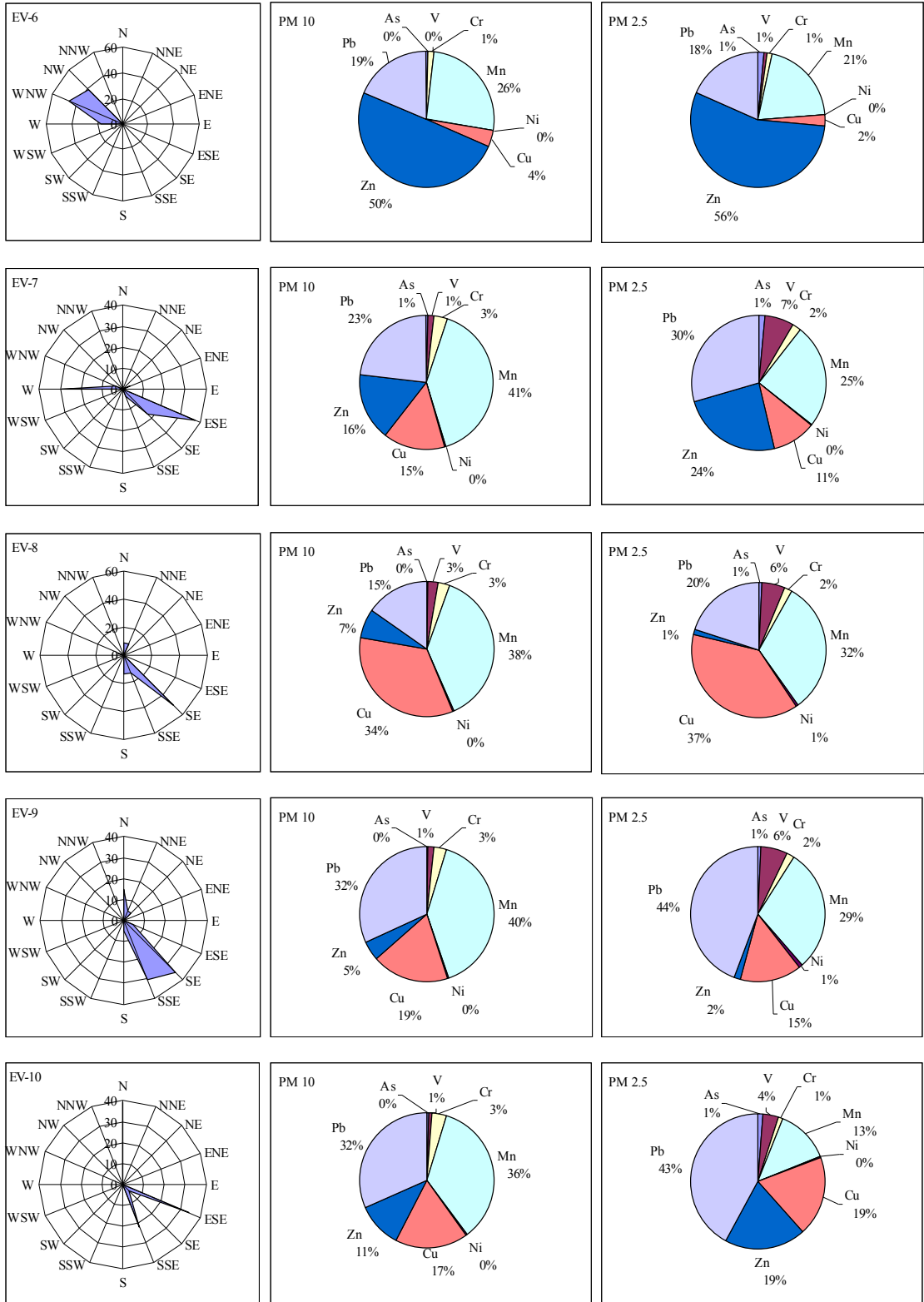
Yaz örnekleme süresi boyunca hakim rüzgar yönleri %24 Güneydoğu (SE), %19 Kuzey (N), %11 Batı-kuzeybatı ve Güney-güneydoğu (WNW ve SSE), %7 kuzeybatı (NW), %6 doğu-güneydoğu (ESE) ve %0-4 arasında değişen Güneybatı (SW), Batı-güneybatı (WSW), Batı (W), Güney (S), Kuzey-kuzeybatı (NNW), Kuzey-kuzeydoğu (NNE), Kuzeydoğu (NE), Doğu-kuzeydoğu (ENE), Doğu (E) sektörleridir.

Bu çalışma kapsamında her bir dış ortam örnekleme noktasından alınan partikül madde örneklerindeki element konsantrasyonlarına katkıda bulunabilecek önemli yerel kaynaklar hakkında ön bir bilgi elde edebilmek amacıyla günlük ortalama rüzgar yönlerinden faydalanılmıştır. Bu amaçla örneklerin alındığı her gün için, saatlik rüzgar yönü verileri günlük verilere dönüştürülmüş ve rüzgar gülleri çizilmiştir. Her bir örnekte belirlenen elementlerin toplam kütle (PM10 ve PM2.5) içindeki yüzdeleri ve her bir örnekleme gününe karşılık gelen rüzgar gülleri Şekil 4.22'de verilmiştir. Toplam kütle içerisinde her bir kirleticinin yüzdesi ile rüzgarın

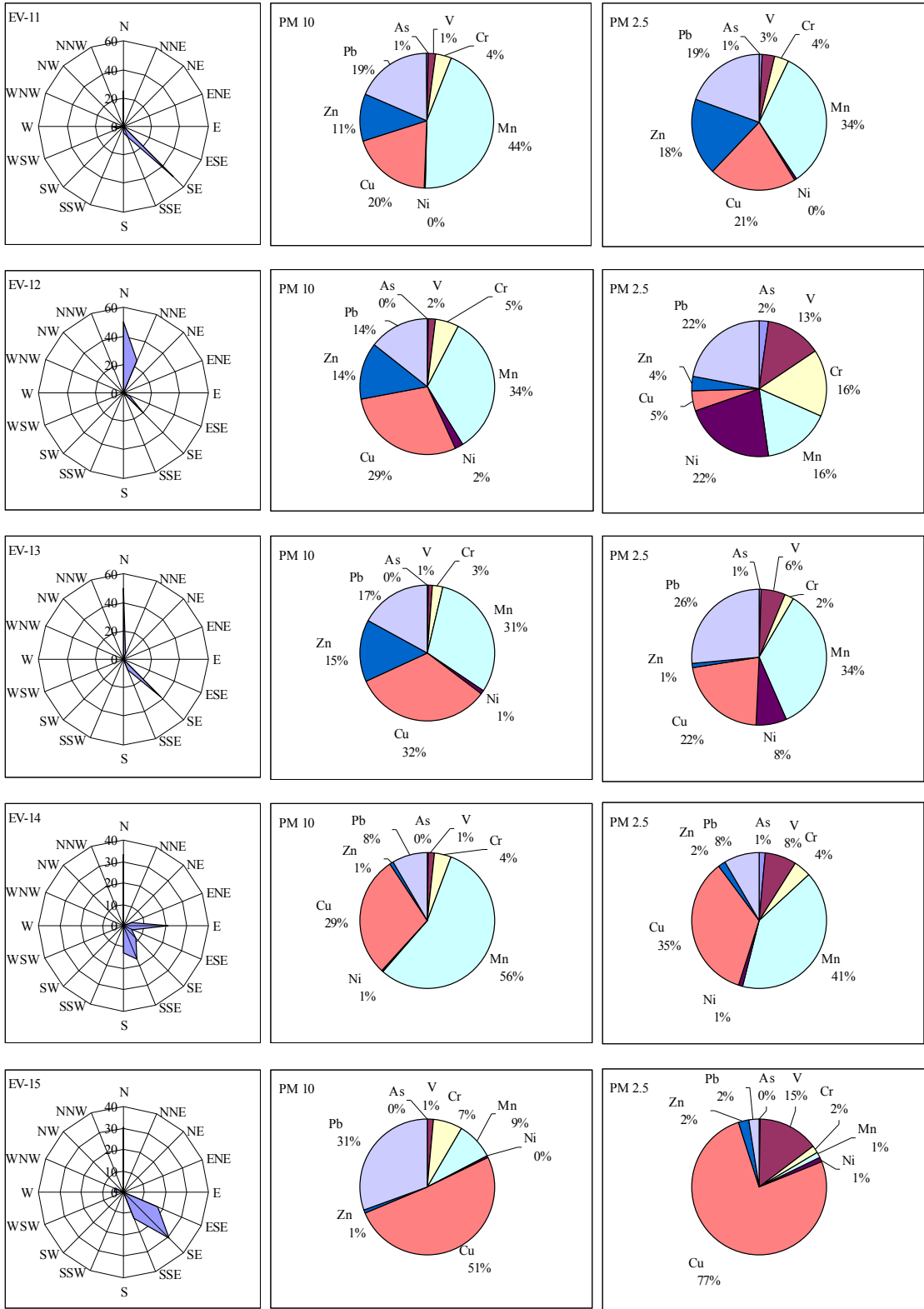
geldiği sektörler karşılaştırılarak yapılan değerlendirmeler olası kaynaklar hakkında yol gösterici olabilmektedir. Bu amaçla yapılan değerlendirmede partikül madde kütlelerinde ağırlıklı olarak bulunan Na, K, Ca gibi toprak elementleri, antropojenik (insan kaynaklı) kaynaklardan gelebilecek elementleri baskılayıp bu elementlerin katkılarının gözardı edilebilmesine sebep olabileceği için bu bölümdeki değerlendirmelerde dikkate alınmamıştır. Bununla birlikte ağırlıklı olarak toprak elementi karakteristiği gösteren Mn aynı zamanda endüstriyel tesislerden de ortama yayılabilen bir elementtir (Ragosta ve diğ., 2008). Daha önce yapılan çalışmalarda demir çelik ve boya endüstrisi gibi tesislerden kaynaklandığı belirlenen manganın (Lin ve diğ., 2002; Pekey ve diğ., 2005) bu özelliği dikkate alınarak değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirmelerde kolaylık sağlaması için partikül madde kütlelerinde ağırlıklı olarak bulunan elementler ve bu örneklerin alındığı günde en fazla görülen rüzgar yönleri PM10 ve PM2.5 fraksiyonları için sırasıyla Tablo 4.61 ve Tablo 4.62’de verilmiştir.



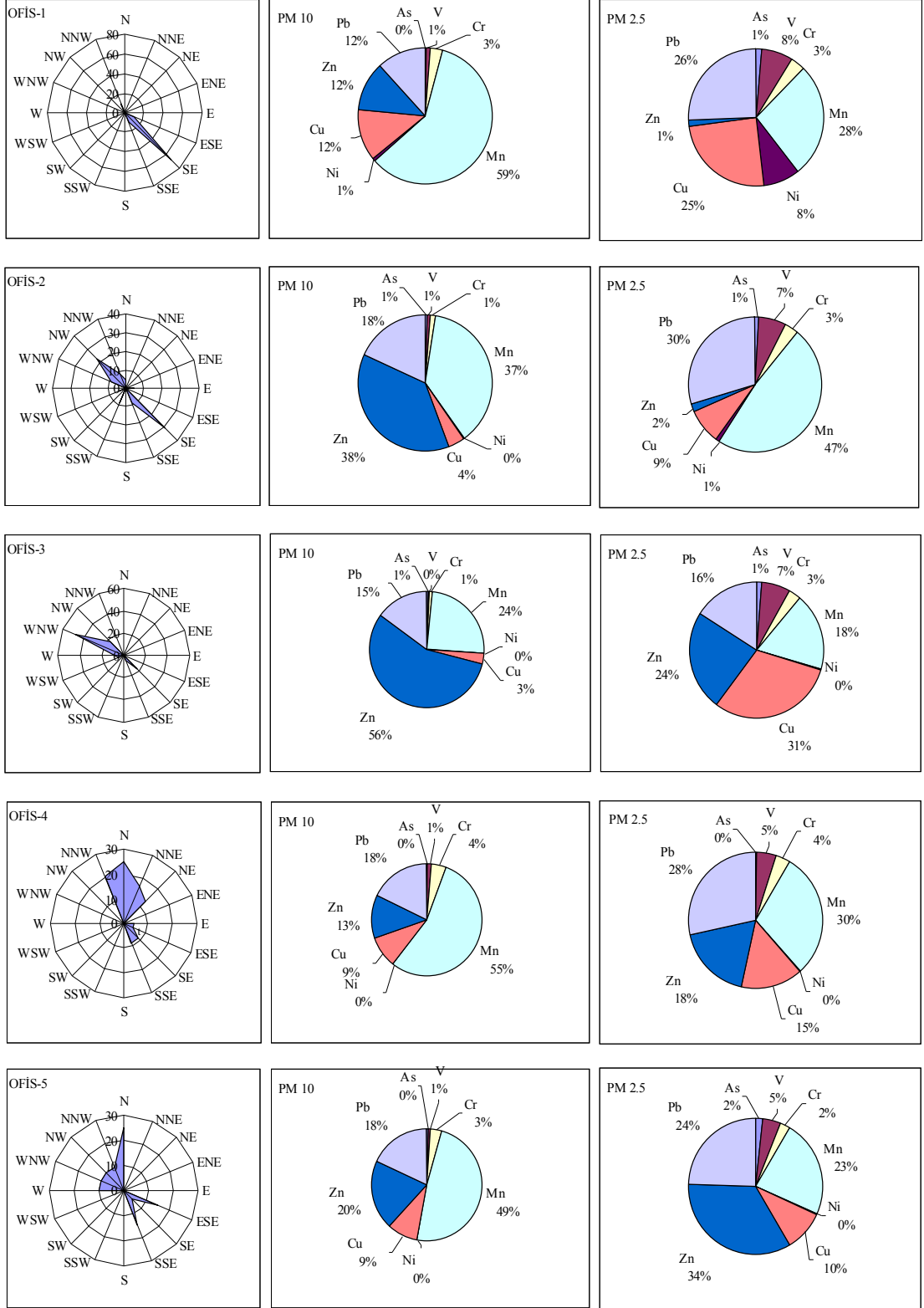
Şekil 4.22: Yaz Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



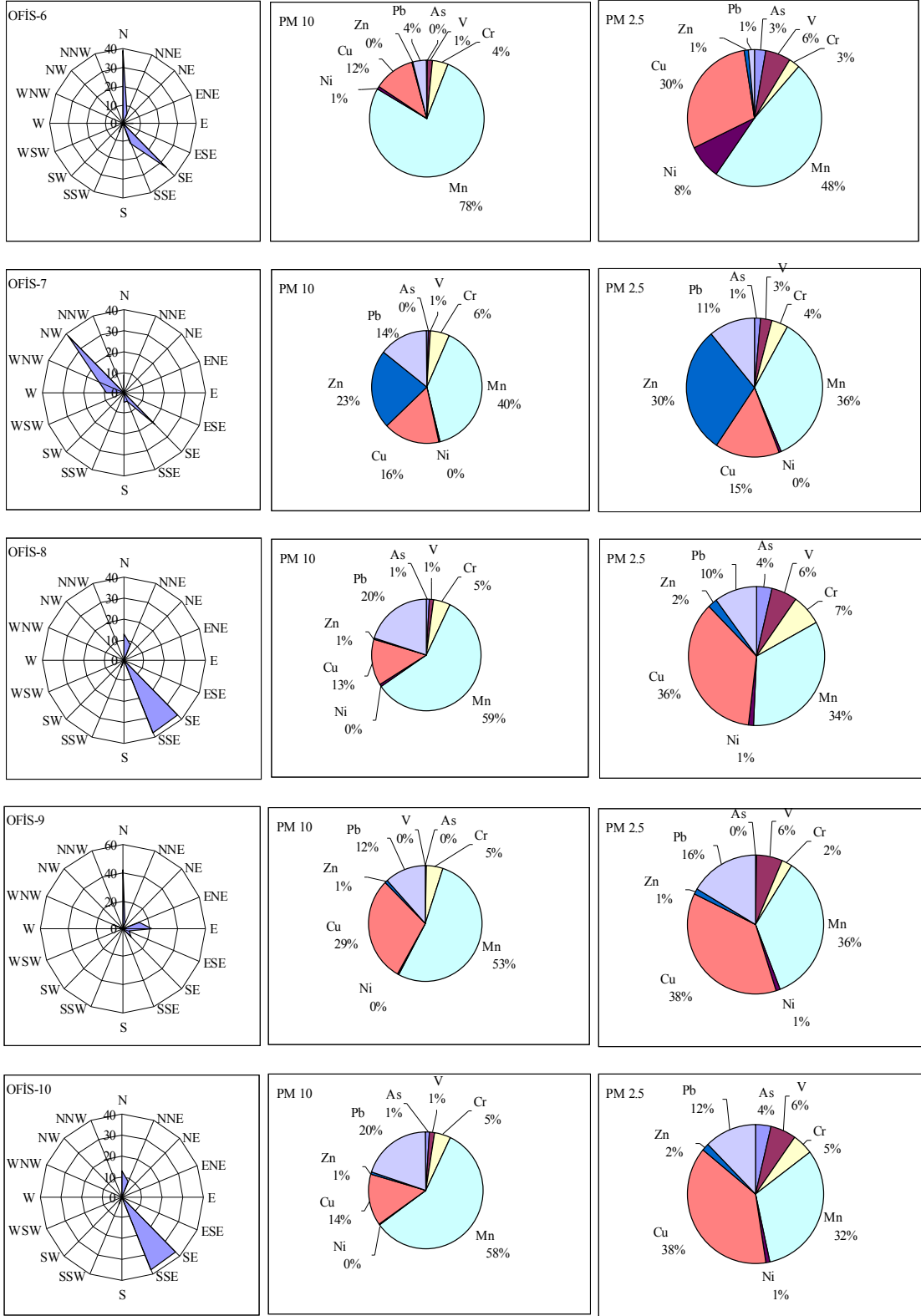
Şekil 4.22: (Devamı) Yaz Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



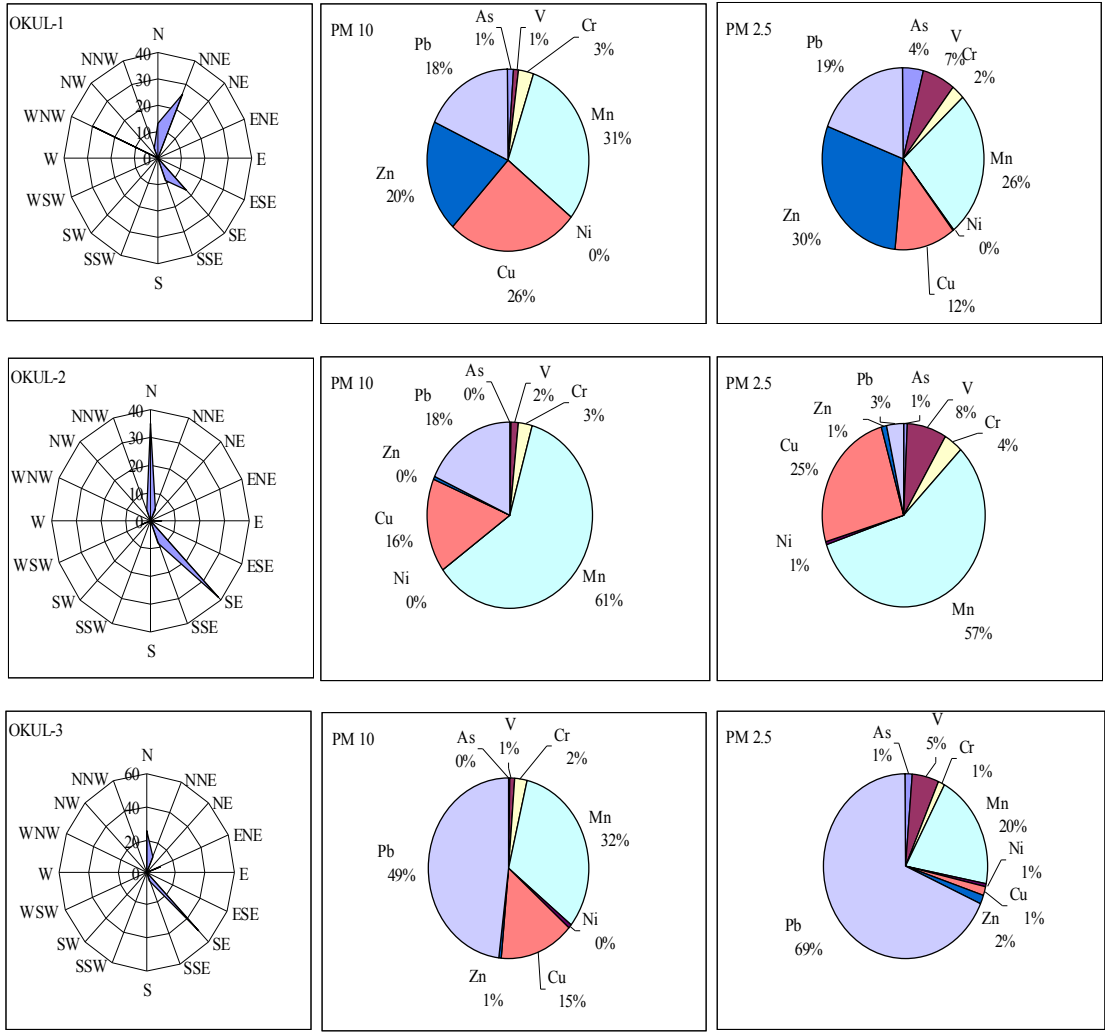
Şekil 4.22: (Devamı) Yaz Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



Şekil 4.22: (Devamı) Yaz Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



Şekil 4.22: (Devamı) Yaz Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



Şekil 4.22: (Devamı) Yaz Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri

Tablo 4.61: Yaz Mevsiminde PM10 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Element Yüzdeleri (%) [Element/Σ(Element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
EV-1	As (0.20), V (0.32), Cr (3.15), Mn (23.70), Ni (0.06), Cu (4.36), Zn (46.09), Pb (22.13)	WNW (50), SE (17), SSE ve W (8), SW, WSW, NW ve NNW (4)
EV-2	As (0.23), V (0.76), Cr (1.86), Mn (41.00), Ni (0.13), Cu (8.19), Zn (29.43), Pb (18.39)	NW (50), SSE ve WNW (17), N (8), SE ve NNW (4)
EV-3	As (0.73), V (1.08), Cr (6.19), Mn (48.35), Ni (0.25), Cu (22.37), Zn (0.50), Pb (20.54)	SE (29), S (25), N ve ESE (21), E (4)
EV-4	As (0.17), V (0.65), Cr (2.33), Mn (34.18), Ni (0.38), Cu (15.06), Zn (30.43), Pb (16.80)	SSE (29), SE (25), WNW (17), ENE (8), N, E, ESE, S ve NNW (4)
EV-5	As (0.48), V (0.33), Cr (1.36), Mn (29.02), Ni (0.45), Cu (8.43), Zn (41.45), Pb (18.48)	WNW (48), SE ve NW (13), NNW (9), N, ENE, ESE ve W (4)
EV-6	As (0.45), V (0.15), Cr (1.29), Mn (25.80), Ni (0.04), Cu (3.82), Zn (49.82), Pb (18.63)	WNW (46), NW (38), W (17)
EV-7	As (0.55), V (1.45), Cr (3.33), Mn (40.07), Ni (0.15), Cu (14.71), Zn (16.28), Pb (23.45)	ESE (38), W (29), SE (17), N, ENE, SSE ve WNW (4)
EV-8	As (0.28), V (2.50), Cr (2.78), Mn (37.76), Ni (0.28), Cu (34.06), Zn (7.00), Pb (15.33)	SE (50), SSE ve S (14), N ve NNE (9), WNW (5)
EV-9	As (0.27), V (1.42), Cr (3.04), Mn (40.01), Ni (0.32), Cu (18.54), Zn (4.53), Pb (31.88)	SE (35), SSE (30), N (15), NNE, NE ESE ve S (5)
EV-10	As (0.42), V (0.78), Cr (3.41), Mn (35.19), Ni (0.22), Cu (17.35), Zn (11.09), Pb (31.54)	N (39), ESE (35), SSE (22), SE (4)
EV-11	As (0.68), V (1.41), Cr (4.05), Mn (44.18), Ni (0.22), Cu (19.52), Zn (11.33), Pb (18.61)	SE (50), N (25), SSE ve W (8), S ve WSW (4)
EV-12	As (0.34), V (1.68), Cr (5.39), Mn (33.71), Ni (1.84), Cu (29.03), Zn (13.53), Pb (14.47)	N (50), NNE (25), SE (20), ESE (5)
EV-13	As (0.19), V (0.84), Cr (2.56), Mn (30.77), Ni (0.95), Cu (32.69), Zn (14.81), Pb (17.19)	N (50), SE (38), SSE (8), NNE (4)
EV-14	As (0.31), V (1.44), Cr (3.99), Mn (55.78), Ni (0.51), Cu (28.54), Zn (1.01), Pb (8.42)	N (33), E (21), SSE (17), S (13), SE (8), ENE ve ESE (4)
EV-15	As (0.08), V (1.31), Cr (7.18), Mn (8.82), Ni (0.42), Cu (50.79), Zn (0.83), Pb (30.57)	N ve SE (30), ESE (17), SSE (13), W ve WNW (4)

Tablo 4.61: (Devamı) Yaz Mevsiminde PM10 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Element Yüzdeleri (%) [Element/Σ(Element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
OFİS-1	As (0.20), V (0.79), Cr (3.13), Mn (59.42), Ni (0.68), Cu (12.07), Zn (11.71), Pb (11.99)	SE (68), ESE, SSE ve NNW (11)
OFİS-2	As (0.54), V (0.69), Cr (1.32), Mn (37.58), Ni (0.04), Cu (3.89), Zn (37.92), Pb (18.01)	SE (30), NW (22), SSE, SSW, WNW ve NNW (9), N, E ve WSW (4)
OFİS-3	As (0.50), V (0.28), Cr (0.90), Mn (24.41), Ni (0.02), Cu (3.12), Zn (55.74), Pb (15.02)	WNW (48), SE ve NW (17), W (9), SSE ve WSW (4)
OFİS-4	As (0.19), V (1.23), Cr (4.35), Mn (54.45), Ni (0.11), Cu (9.08), Zn (12.88), Pb (17.71)	N (25), NNW (21), NNE (17), NE (13), SE ve SSE (8), E ve ESE (4)
OFİS-5	As (0.46), V (0.74), Cr (3.22), Mn (48.36), Ni (0.12), Cu (8.68), Zn (20.40), Pb (18.03)	N (25), ESE ve SSE (15), WSW, WNW, NW ve NNW (10), SE (5)
OFİS-6	As (0.41), V (1.29), Cr (4.28), Mn (77.23), Ni (0.89), Cu (11.59), Zn (0.31), Pb (3.99)	N (39), SE (33), SSE (11), NNE, E ve SSW (6)
OFİS-7	As (0.45), V (0.60), Cr (5.61), Mn (39.49), Ni (0.22), Cu (16.27), Zn (22.93), Pb (14.42)	NW (39), SE (22), WNW (13), N ve W (9), SSE ve S (4)
OFİS-8	As (0.83), V (1.25), Cr (5.07), Mn (58.54), Ni (0.30), Cu (13.47), Zn (0.60), Pb (19.94)	SE ve SSE (38), N (13), NNE (8), SSW (4)
OFİS-9	As (0.08), V (0.24), Cr (4.81), Mn (52.66), Ni (0.40), Cu (29.34), Zn (0.79), Pb (11.68)	N (42), E (21), ENE (13), SE ve WNW (8), NNE ve ESE
OFİS-10	As (0.98), V (1.39), Cr (4.82), Mn (57.53), Ni (0.32), Cu (14.42), Zn (0.65), Pb (19.90)	SE ve SSE (38), N (13), NNE (8), SSW (4)
OKUL-1	As (1.03), V (1.13), Cr (3.15), Mn (30.45), Ni (0.13), Cu (26.17), Zn (19.81), Pb (18.13)	WNW (30), NNE (26), SE (17), N (13), SSE (9), NNW (4)
OKUL-2	As (0.21), V (1.58), Cr (2.61), Mn (60.54), Ni (0.18), Cu (16.40), Zn (0.37), Pb (18.11)	SE (39), N (35), SSE (9), NNE, E, WSW ve NNW (4)
OKUL-3	As (0.37), V (0.64), Cr (2.46), Mn (32.49), Ni (0.40), Cu (14.90), Zn (0.80), Pb (47.93)	SE (50), N (25), NNE ve ENE (10), SSE (5)

Tablo 4.62: Yaz Mevsiminde PM2.5 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Element Yüzdeleri (%) [Element/Σ(Element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
EV-1	As (0.11), V (1.28), Cr (2.51), Mn (20.79), Ni (0.09), Cu (2.51), Zn (51.26), Pb (21.45)	WNW (50), SE (17), SSE ve W (8), SW, WSW, NW ve NNW (4)
EV-2	As (0.05), V (2.08), Cr (1.52), Mn (20.43), Ni (0.25), Cu (6.89), Zn (45.82), Pb (22.96)	NW (50), SSE ve WNW (17), N (8), SE ve NNW (4)
EV-3	As (0.74), V (6.90), Cr (4.56), Mn (42.81), Ni (0.76), Cu (5.13), Zn (1.52), Pb (37.58)	SE (29), S (25), N ve ESE (21), E (4)
EV-4	As (0.27), V (1.61), Cr (1.95), Mn (22.50), Ni (1.46), Cu (4.01), Zn (46.26), Pb (21.94)	SSE (29), SE (25), WNW (17), ENE (8), N, E, ESE, S ve NNW (4)
EV-5	As (1.16), V (2.08), Cr (1.02), Mn (23.03), Ni (1.44), Cu (4.59), Zn (46.67), Pb (20.01)	WNW (48), SE ve NW (13), NNW (9), N, ENE, ESE ve W (4)
EV-6	As (1.35), V (0.95), Cr (0.90), Mn (20.67), Ni (0.06), Cu (2.33), Zn (55.34), Pb (18.40)	WNW (46), NW (38), W (17)
EV-7	As (1.40), V (6.81), Cr (2.30), Mn (25.08), Ni (0.26), Cu (10.52), Zn (24.11), Pb (29.52)	ESE (38), W (29), SE (17), N, ENE, SSE ve WNW (4)
EV-8	As (0.80), V (5.68), Cr (1.69), Mn (31.90), Ni (0.61), Cu (37.98), Zn (1.22), Pb (20.11)	SE (50), SSE ve S (14), N ve NNE (9), WNW (5)
EV-9	As (0.80), V (6.37), Cr (1.94), Mn (29.49), Ni (0.87), Cu (14.70), Zn (1.73), Pb (44.10)	SE (35), SSE (30), N (15), NNE, NE ESE ve S (5)
EV-10	As (1.15), V (3.73), Cr (1.29), Mn (12.71), Ni (0.38), Cu (19.14), Zn (19.27), Pb (42.34)	N (39), ESE (35), SSE (22), SE (4)
EV-11	As (0.96), V (2.69), Cr (3.51), Mn (33.52), Ni (0.45), Cu (21.16), Zn (18.38), Pb (19.33)	SE (50), N (25), SSE ve W (8), S ve WSW (4)
EV-12	As (2.35), V (13.19), Cr (16.21), Mn (15.91), Ni (22.19), Cu (4.64), Zn (3.68), Pb (21.83)	N (50), NNE (25), SE (20), ESE (5)
EV-13	As (0.58), V (5.81), Cr (2.15), Mn (34.76), Ni (7.54), Cu (21.62), Zn (1.28), Pb (26.25)	N (50), SE (38), SSE (8), NNE (4)
EV-14	As (1.29), V (7.90), Cr (3.97), Mn (40.82), Ni (1.05), Cu (34.58), Zn (2.09), Pb (8.29)	N (33), E (21), SSE (17), S (13), SE (8), ENE ve ESE (4)
EV-15	As (0.25), V (14.55), Cr (1.62), Mn (1.24), Ni (1.24), Cu (76.13), Zn (2.49), Pb (2.49)	N ve SE (30), ESE (17), SSE (13), W ve WNW (4)

Tablo 4.62: (Devamı) Yaz Mevsiminde PM2.5 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Element Yüzdeleri (%) [Element/Σ(Element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
OFİS-1	As (1.26), V (7.87), Cr (3.26), Mn (27.06), Ni (8.50), Cu (24.92), Zn (1.43), Pb (25.71)	SE (68), ESE, SSE ve NNW (11)
OFİS-2	As (1.05), V (6.75), Cr (3.30), Mn (47.68), Ni (0.88), Cu (8.76), Zn (1.77), Pb (29.81)	SE (30), NW (22), SSE, SSW, WNW ve NNW (9), N, E ve WSW (4)
OFİS-3	As (1.22), V (6.81), Cr (2.99), Mn (18.36), Ni (0.31), Cu (30.62), Zn (23.86), Pb (15.84)	WNW (48), SE ve NW (17), W (9), SSE ve WSW (4)
OFİS-4	As (0.29), V (4.76), Cr (3.62), Mn (29.57), Ni (0.38), Cu (14.77), Zn (18.21), Pb (28.39)	N (25), NNW (21), NNE (17), NE (13), SE ve SSE (8), E ve ESE (4)
OFİS-5	As (1.54), V (4.56), Cr (2.27), Mn (23.28), Ni (0.30), Cu (9.66), Zn (34.06), Pb (24.34)	N (25), ESE ve SSE (15), WSW, WNW, NW ve NNW (10), SE (5)
OFİS-6	As (2.84), V (6.03), Cr (2.57), Mn (48.39), Ni (8.02), Cu (29.60), Zn (1.28), Pb (1.28)	N (39), SE (33), SSE (11), NNE, E ve SSW (6)
OFİS-7	As (1.33), V (2.80), Cr (3.88), Mn (35.74), Ni (0.33), Cu (15.46), Zn (29.71), Pb (10.76)	NW (39), SE (22), WNW (13), N ve W (9), SSE ve S (4)
OFİS-8	As (3.52), V (6.15), Cr (7.26), Mn (33.84), Ni (1.11), Cu (36.03), Zn (2.23), Pb (9.87)	SE ve SSE (38), N (13), NNE (8), SSW (4)
OFİS-9	As (0.15), V (6.28), Cr (2.50), Mn (35.35), Ni (0.73), Cu (37.26), Zn (1.45), Pb (16.28)	N (42), E (21), ENE (13), SE ve WNW (8), NNE ve ESE
OFİS-10	As (3.64), V (6.12), Cr (4.88), Mn (31.94), Ni (0.94), Cu (38.29), Zn (1.88), Pb (12.33)	SE ve SSE (38), N (13), NNE (8), SSW (4)
OKUL-1	As (4.08), V (6.80), Cr (2.44), Mn (25.91), Ni (0.28), Cu (11.91), Zn (29.45), Pb (19.13)	WNW (30), NNE (26), SE (17), N (13), SSE (9), NNW (4)
OKUL-2	As (0.77), V (7.91), Cr (3.60), Mn (57.51), Ni (0.56), Cu (25.23), Zn (1.13), Pb (3.29)	SE (39), N (35), SSE (9), NNE, E, WSW ve NNW (4)
OKUL-3	As (1.44), V (5.36), Cr (1.33), Mn (19.82), Ni (0.78), Cu (1.45), Zn (1.57), Pb (68.24)	SE (50), N (25), NNE ve ENE (10), SSE (5)

PM10 ve PM2.5 partikül gruplarındaki element içeriklerinde önemli farklılıklar olmadığı görülmektedir. Ancak insan kaynaklı olan elementlerin önemli bir yüzdesi PM2.5 partikül grubunda bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda 2.5 µm ve altındaki

partiküllerin atmosfere genellikle yanma ve endüstriyel işlemler sonrasında yayıldığı belirtilmektedir (Yatın ve diğ. 2000). Karaca ve arkadaşlarının (2005) yapmış olduğu çalışmada da ortaya koydukları gibi PM2.5 boyutundaki partiküller atmosferde PM2.5-10 boyutundaki partiküllere yapışabilecekleri için toplanan örneklerdeki PM10 grubundaki partiküllerin insan kaynaklı faaliyetlerden oluşan PM2.5 grubu partiküllerden etkilenmesi beklenebilir. Bunun yanında trafik ve endüstriyel faaliyetler sonucunda ağırlıklı olarak PM2.5 boyutunda ortama yayılan metal bileşiklerinin yeryüzüne çökdikten sonra rüzgarın etkisiyle yeniden atmosfere karışması (ki bu mekanizma ile atmosfere karışan partiküller çoğunlukla PM2.5-10 boyutunda olmaktadır) bu durumu etkileyebilir. İnsan kaynaklı olan elementlerin önemli bir yüzdesinin PM2.5 partikül grubunda bulunması ve PM2.5 partikül grubunun PM10 partikül grubunun bir alt grubu olması insan kaynaklı metallerin alıcı ortama genelde 2.5 µm aerodinamik boyuttan küçük partiküller olarak taşındığına işaret etmektedir.

Yaz mevsimi boyunca toplanan tüm örnekler dikkate alındığında partikül madde kütlelerindeki en yüksek değerlere sahip insan kaynaklı baskın elementler Zn, Pb, Cu ve hem toprak elementi hem de insan kaynaklı element olan Mn olarak tespit edilmiştir. Endüstri ve trafiğin yoğun olarak bulunduğu Körfez bölgesi için baskın elementler Zn ve Pb iken nispeten endüstriden uzak ancak trafiğin yoğun olduğu Kocaeli'nin merkez ilçesi İzmit bölgesi için baskın elementler Cu ve Pb olarak görülmektedir. Endüstri ve trafikten nispeten uzak yerleşim bölgelerinde ise yine Cu, Pb ve Zn baskın kirleticiler olarak ortaya çıkmıştır. Bu elementler hem endüstriyel tesisler hem de trafikten ortam havasına karışmaktadırlar. Bu elementlerin kaynak türleri hakkında daha fazla bilgi edinebilmek amacıyla rüzgar sektörlerini değerlendirmek için çalışma bölgesini Körfez, İzmit Merkez ve bu bölgelerin dışında yer alan bölgeler olmak üzere üç ana bölümde incelemek gerekmektedir.

Körfez bölgesi örnek alma noktaları (Ev-1, Ev-2, Ev-3, Ev-4, Ev-5, Ofis-4, Ofis-5, Okul-2, Okul-1 (Körfez geri plan örnekleme noktası)'i kapsamaktadır. Körfez bölgesinde örnekleme zamanlarına karşılık gelen rüzgar sektörleri ağırlıklı olarak Batı-kuzeybatı ve Güneydoğu olmuştur. Bu iki sektörün hakim olduğu zamanlarda alınan PM10 ve PM2.5 örnek kompozisyonları benzerlik göstermektedir. Batı-

kuzeybatı yönünün hakim olduğu günlerde örneklerdeki Zn ve Pb elementlerinin payları daha fazla olurken Güneydoğu yönünün hakim olduğu günlerde Cu ve yine Pb elementinin en fazla paya sahip olduğu belirlenmiştir.

Körfez bölgesinin Batı-kuzeybatı yönündeki en önemli kaynak alanı demir-çelik, boya, metal, kimya sanayi gibi metal içerikli partikül emisyonuna neden olan birçok endüstri tesisinin yer aldığı Dilovası ve Gebze bölgesi ve noktasal bir kaynak olan çimento fabrikasıdır. Ayrıca bu yönden TEM Otoyolu ve D-100 karayolu da geçmektedir. Çinko ve Pb, demir çelik endüstrisinden yayılan kirleticiler arasında baskın olarak tespit edilmiştir (Yatkın ve Bayram (a), 2008) ve aynı zamanda trafikten kaynaklanan kirletici grubu içerisinde yer almaktadır (Ragosta ve diğ., 2008).

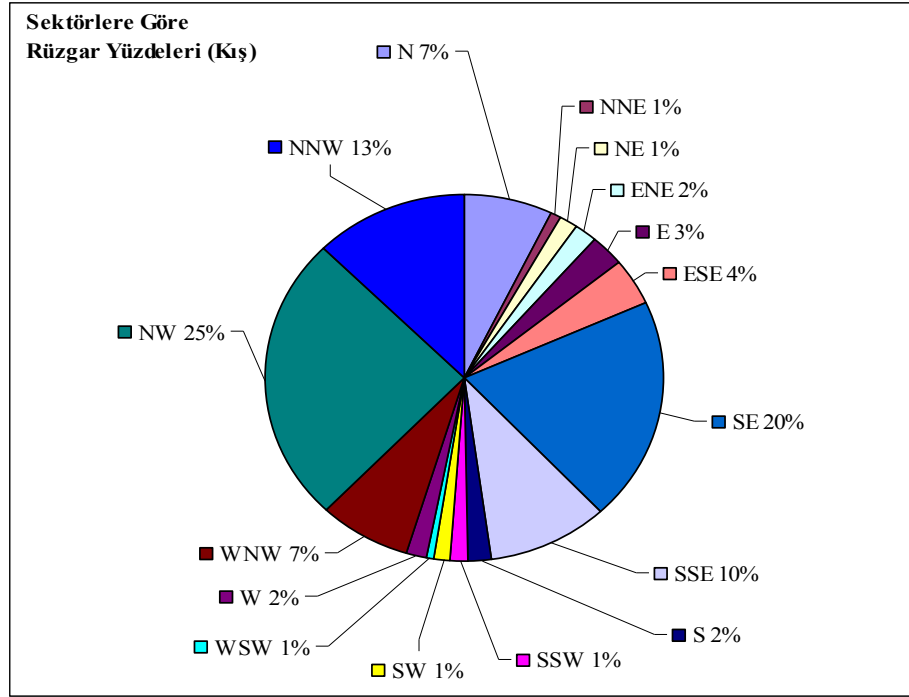
Körfez bölgesinin Güneydoğu yönündeki en önemli nokta kaynak örnekleme noktalarına oldukça yakın mesafede bulunan rafineri tesisidir. Ancak örneklemenin yapıldığı tarihlerde benzin yapımında kullanılan kurşunlu bileşiklerin kullanımı tamamen kaldırılmıştır. Bu nedenle uzun yıllar hem rafineri hem de benzinli araçlardan ortama yayılan kurşunlu bileşiklerin atmosferik çökelmeleri sonucu kirlenmiş toprağın sirkülasyonla yeniden atmosfere karışması ve rüzgarlarla örnekleme noktalarına taşınması en önemli kaynak olarak düşünülmektedir. Körfez bölgesinin yaklaşık 6 km Güneydoğusunda bulunan tersane bir başka önemli nokta kaynaktır. Kurşunun yanında yine baskın olarak tespit edilen Zn ve Cu elementlerinin de en önemli kaynağı kirlenmiş toprağa işaret etmektedir. Çünkü özellikle endüstri, trafik ve yanma gibi insan kaynaklı PM2.5 partikül boyutu ile taşındığı düşünülen bu elementlerle birlikte yüksek oranda toprak elementi de bulunmaktadır.

İzmit merkez yoğun nüfus ve trafiğin olduğu bir bölgedir. Yoğun araç trafiğinden kaynaklanan emisyonlar sıkışık düzendeki evler, yüksek ticari binalar ve kentin çanak şeklindeki topoğrafik yapısı nedeni ile kirleticiler çoğu zaman yeterince dağılamamakta aynı bölgede kalmakta veya çökelmektedir. Bu nedenle bu tür bölgelerin en önemli kirletici kaynağı trafik olmakta ve diğer kaynaklardan gelebilecek kirleticilere göre daha baskın görülmektedirler. Bu çalışma kapsamında

İzmit merkezde yer alan örnekleme noktalarının konumları dikkate alındığında en önemli kirletici kaynağın trafik olması nedeniyle hakim rüzgar yönünün değişmesi durumunda bile daha uzak olan kaynakların etkisi ayırt edilememektedir. Bununla birlikte endüstri tesislerinin etkisi bu bölgede genel olarak ayırt edilemese de bazı örnekleme noktalarının bu tesislerin direkt rüzgar yönlerindeki konumları nedeniyle örneklerdeki katkıları dikkat çekmektedir. Bölgede bulunan katı atık yakma tesisinin yaklaşık 4 km güneybatısında yer alan örnekleme noktalarında (Ev-12, Ev-13, Ev-14) toplanan partikül madde örneklerinin diğer noktalarda ağırlıklı olarak bulunan Cu, Zn ve Pb'dan farklı olarak yüksek oranda V, Cr, Ni, ve As elementlerini içerdikleri tespit edilmiştir. Özellikle rüzgar yönünün ağırlıklı olarak katı atık yakma tesisinin bulunduğu kuzeydoğudan estiği örnekleme gününde (Ev-12) PM2.5 örneklerindeki bu katkı daha çarpıcı bir şekilde görülmektedir. Tehlikeli ve klinik atıkların yakıldığı bu tesiste Bakoğlu ve arkadaşları (2003) tarafından yapılan çalışmada bu tesisin alt kül, uçucu kül, filtre keki ve baca gazındaki Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb ve Sn konsantrasyonları incelenmiş ve bu elementlerin emisyon ve kalıntılardaki oranlarının hem atık türüne hem de yakma şartlarına bağlı olarak önemli oranda değiştiği ifade edilmiştir. Yine aynı çalışmada, ince partiküllere tutunan kirleticilerin mevcut atık gaz kontrol sistemleri ile tam olarak tutunamadığı tespit edilmiş ve metal giderimi için ilave tesislere ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Ragosta ve arkadaşları (2008) tarafından uzun dönemli toplanan PM2.5 örneklerinde element konsantrasyonları incelendiğinde Zn ve Pb elementlerinin motorlu karayolu taşıtlarının iz elementleri olduğu tespit edilirken Cr, Ni ve Cu elementlerinin endüstriyel kaynaklı olduğu ifade edilmesi bizim çalışmamızda elde edilen sonuçları desteklemektedir. İzmit kent merkezi dışında bulunan bir örnekleme noktası (Ev-6) geri plan konsantrasyonları için seçilmiştir. Bu noktada örneklemenin yapıldığı gün hakim rüzgar yönü batı-kuzeybatı ve batıdır. Bu noktada toplanan partikül örneklerinin element kompozisyonu içerdiği yüksek oranda Zn ve Pb elementleri ile Körfez bölgesindeki element kompozisyonlarına benzemektedir ve temel kirletici kaynak olarak Gebze ve Dilovası bölgesinde yer alan endüstri kuruluşları ve trafikten kaynaklanan kirleticilerin bu bölgeye hava hareketleri ile taşındığı düşünülmektedir.

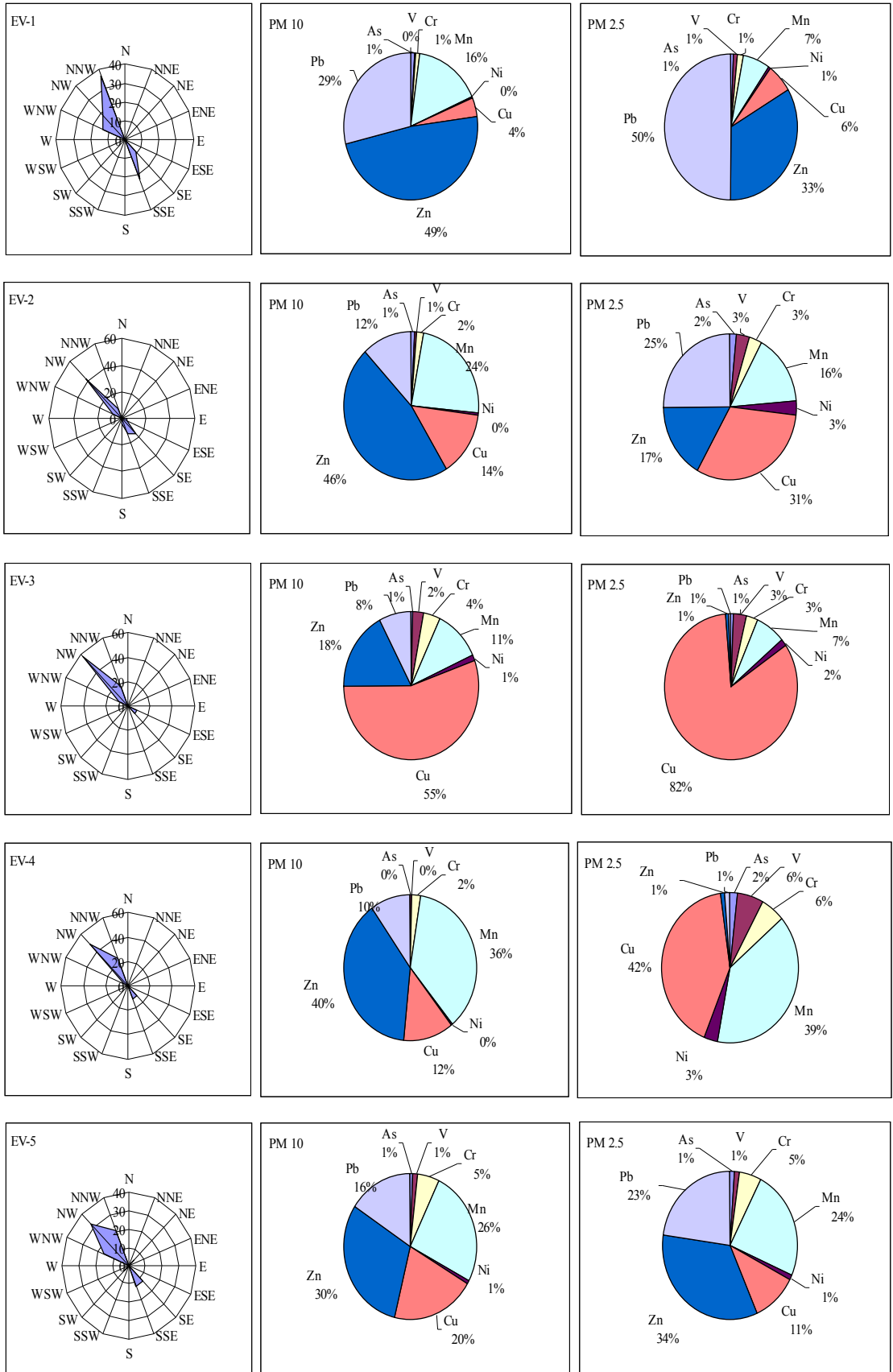
4.8.2. Kış örnekleme

Yaz örnekleme döneminde olduğu gibi kirletici kaynak türleri hakkındaki verileri güçlendirmek amacıyla kış örneklemesinin yapıldığı 16 Aralık 2006-20 Ocak 2007 tarih aralığına ait günlük rüzgar esme sayısı verilerinden yararlanılarak çizilen pay grafiği Şekil 4.23’de verilmiştir.

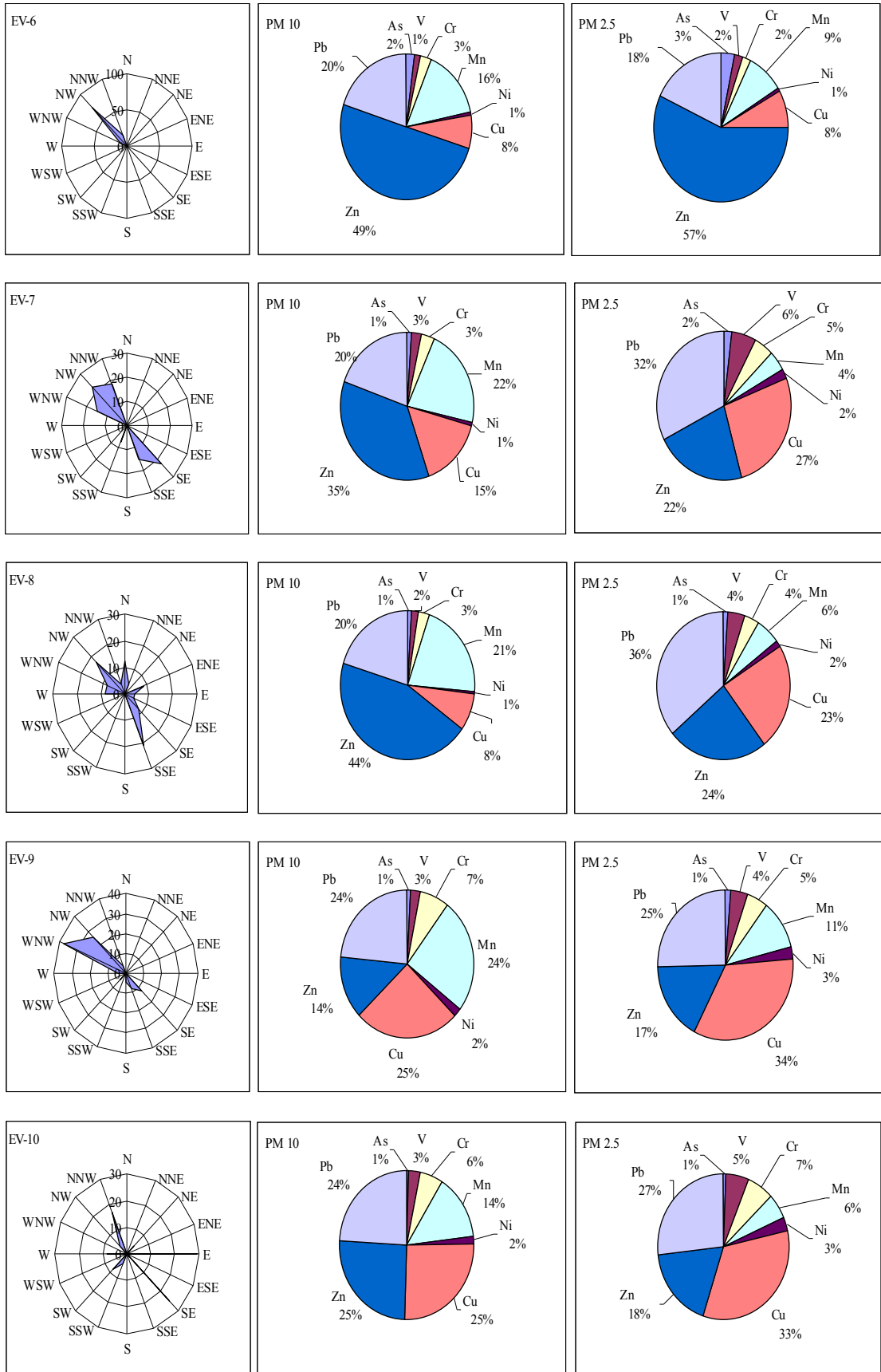


Şekil 4.23: Kış Örnekleme Süresi Boyunca Her Bir Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri

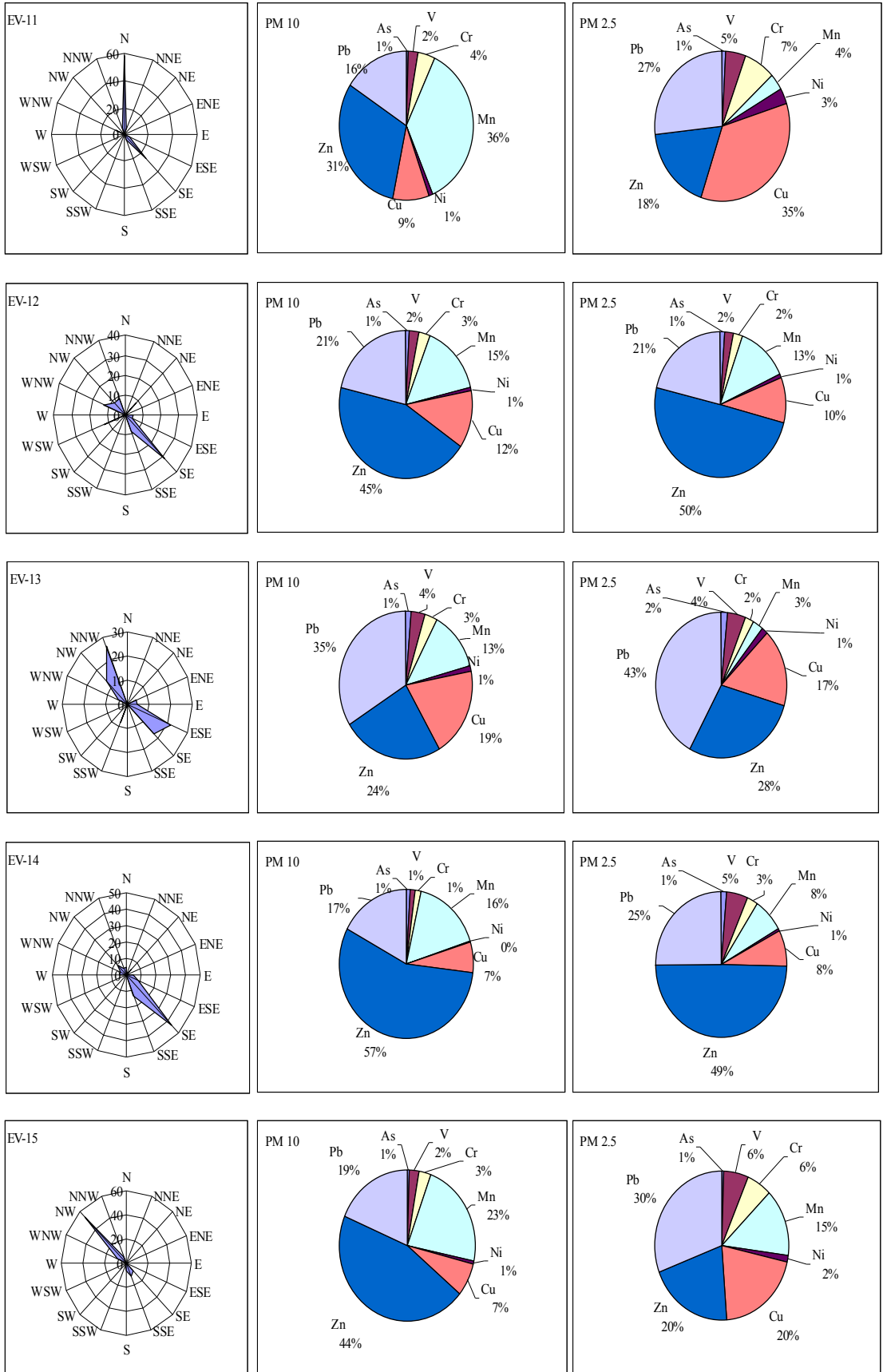
Şekil 4.23’de 16 farklı sektör verileri kullanılarak çizilen pay grafiği incelendiğinde kış örnekleme boyunca görülen hakim rüzgar yönlerinin; %25 kuzeybatı (NW), %20 güneydoğu (SE), %13 kuzey-kuzeybatı, %7 kuzey ve batı-kuzeybatı (N ve WNW) ve 1-4 arasında değişen yüzdelerde diğer sektörler olduğu görülmektedir. Her bir örnekleme dilimine ait rüzgar gülleri ile o örnekleme diliminde alınan PM_{2.5} ve PM₁₀ kütlelerinde ölçülen elementlerin toplam kütle içindeki yüzde değerleri ise Şekil 4.24’de görülmektedir. Değerlendirmelerde kolaylık sağlaması için partikül madde kütlelerinde ağırlıklı olarak bulunan elementler ve bu örneklerin alındığı günde en fazla görülen rüzgar yönleri PM₁₀ ve PM_{2.5} fraksiyonları için sırasıyla Tablo 4.63 ve Tablo 4.64’de verilmiştir. “



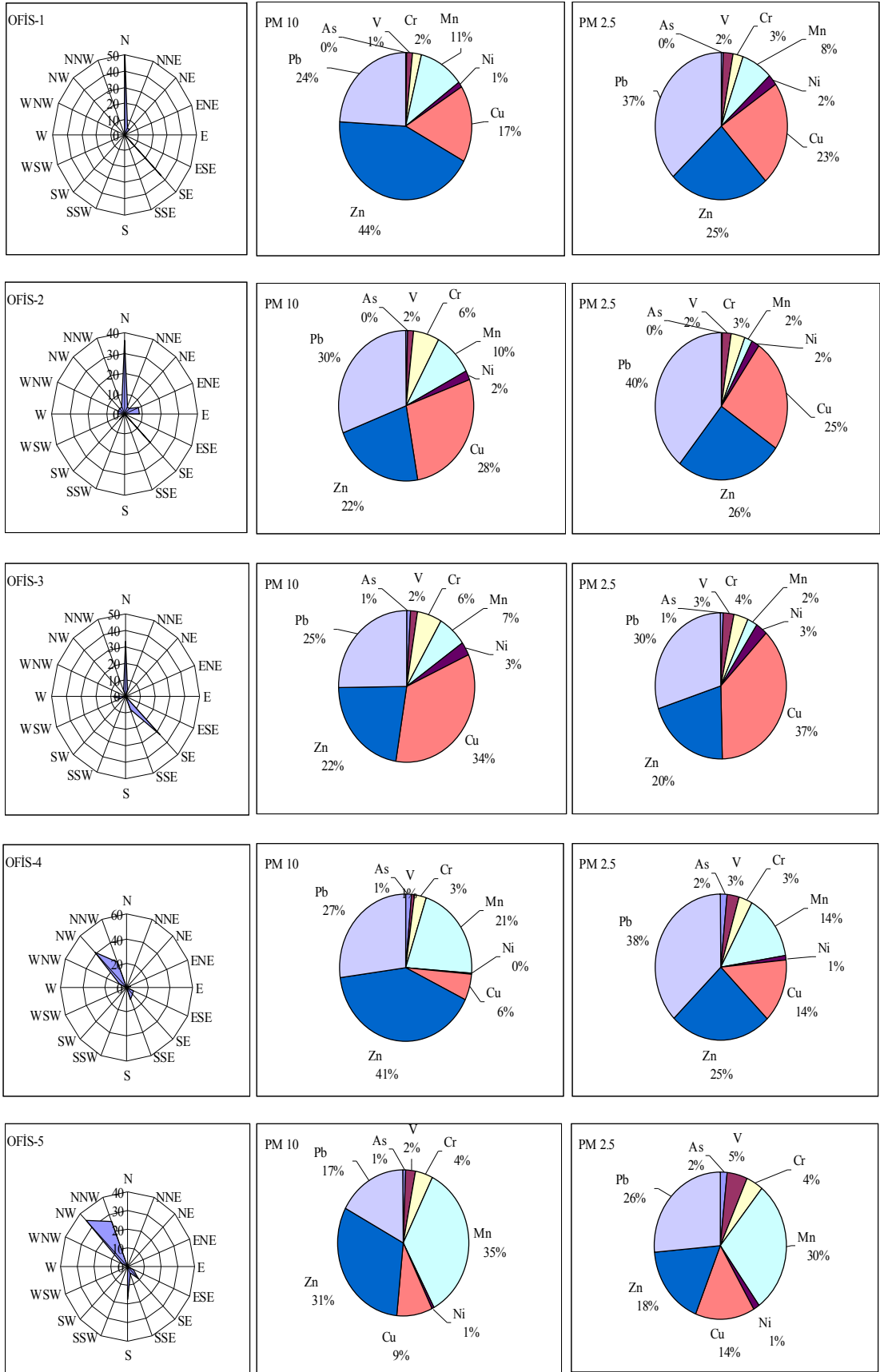
Şekil 4.24: Kış Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



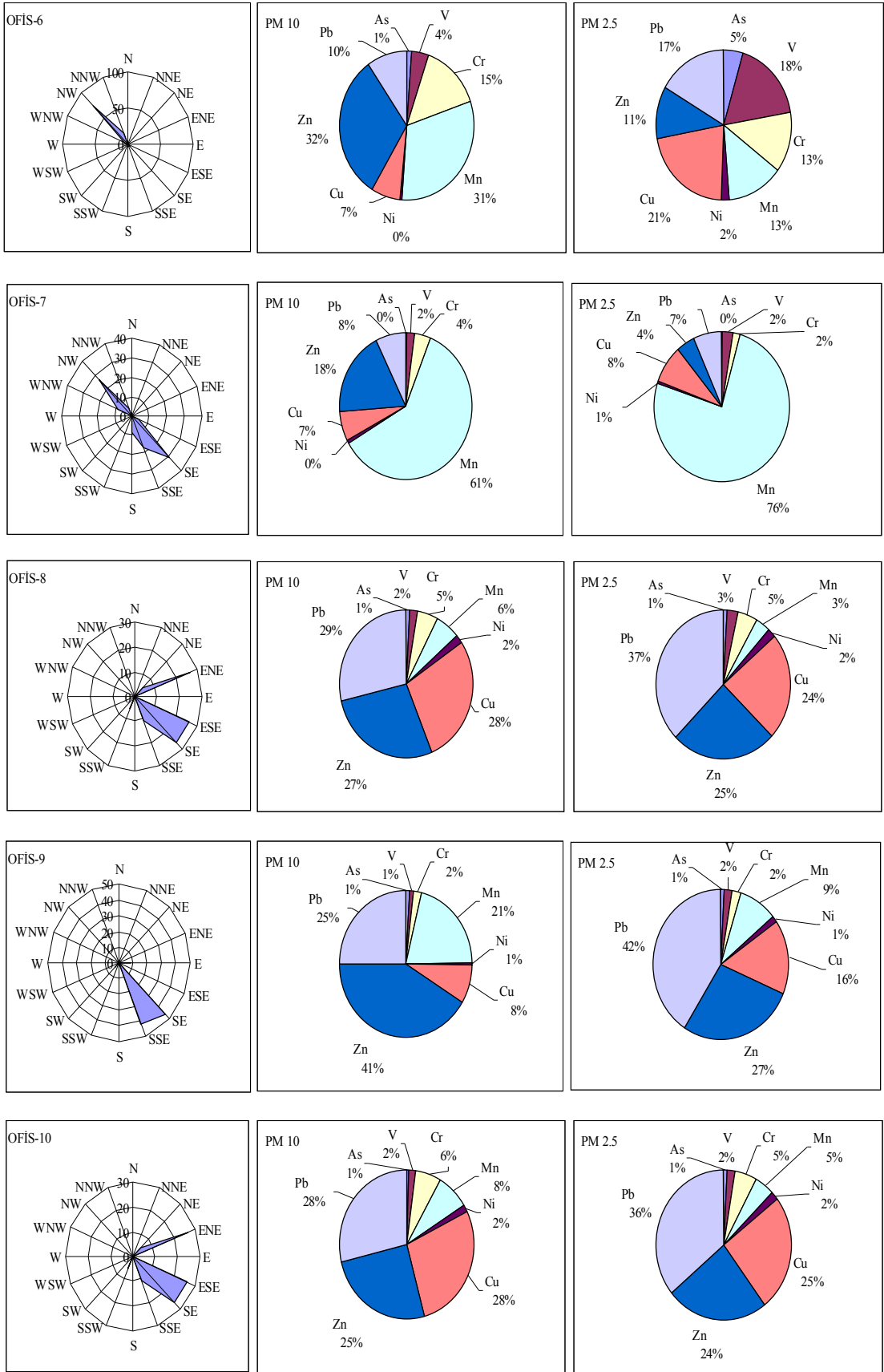
Şekil 4.24: (Devamı) Kış Mevsiminde Örneklem Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



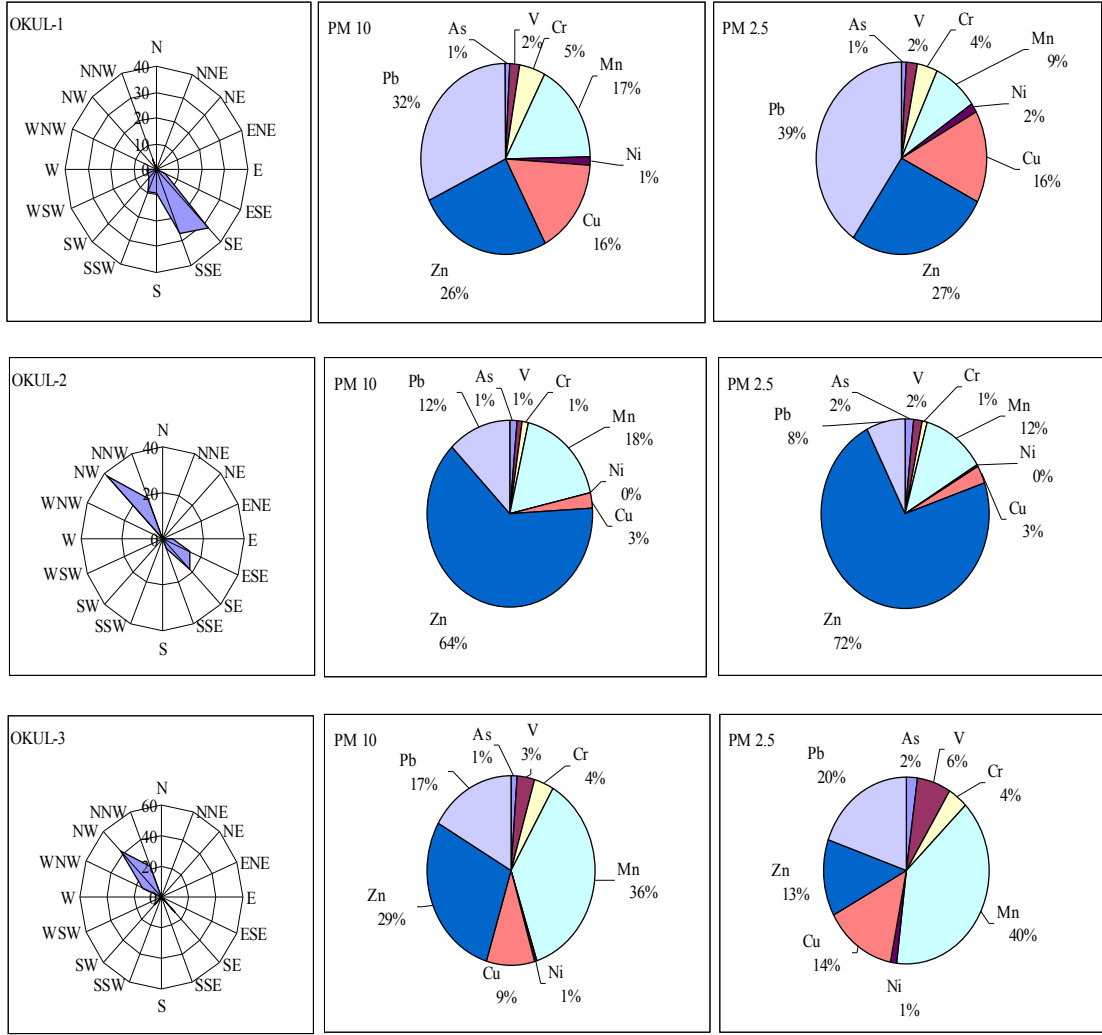
Şekil 4.24: (Devamı) Kış Mevsiminde Örneklem Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



Şekil 4.24: (Devamı) Kış Mevsiminde Örneklem Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



Şekil 4.24: (Devamı) Kış Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



Şekil 4.24: (Devamı) Kış Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Elementlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri

Tablo 4.63: Kış Mevsiminde PM10 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Element Yüzdeleri (%) [Element/Σ(Element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
EV-1	As (0.72), V (0.40), Cr (1.25), Mn (16.06), Ni (0.30), Cu (4.12), Zn (48.38), Pb (28.79)	E (29), SE (25), NNW (17), SW ve W (8), NE, SSW ve NW (4)
EV-2	As (0.70), V (0.81), Cr (1.58), Mn (23.67), Ni (0.43), Cu (14.26), Zn (46.64), Pb (11.92)	SSE (21), NW (17), N (13), ENE, SE, W ve WNW (8), NNE, E, ESE ve NNW (4)
EV-3	As (0.69), V (2.33), Cr (4.12), Mn (11.31), Ni (1.36), Cu (54.97), Zn (17.54), Pb (7.68)	SE (43), SSE (13), ESE ve NW (9), N, NE, E, W, WNW ve NNW (4)
EV-4	As (0.13), V (0.41), Cr (2.20), Mn (36.31), Ni (0.29), Cu (12.01), Zn (38.93), Pb (9.72)	SE (30), WSW ve WNW (13), NE, SSE, NW ve NNW (9), E ve ESE (4)
EV-5	As (0.75), V (1.14), Cr (5.23), Mn (25.79), Ni (0.61), Cu (19.99), Zn (30.70), Pb (15.78)	WNW (38), NW (25), SE (13), SSE (8), S, SW, W ve NNW (4)
EV-6	As (2.32), V (1.42), Cr (2.56), Mn (15.57), Ni (0.62), Cu (7.58), Zn (49.81), Pb (20.12)	N (58), SE (25), WNW (8), NNE ve NNW (5), ESE ve SSE (4)
EV-7	As (1.05), V (2.55), Cr (3.22), Mn (21.79), Ni (0.91), Cu (15.07), Zn (35.62), Pb (19.80)	NNW (26), ESE (22), SE (17), NW (13), SSW (9), ENE, E ve WNW (4)
EV-8	As (0.75), V (1.83), Cr (2.63), Mn (21.20), Ni (0.52), Cu (7.97), Zn (44.85), Pb (20.25)	NW (55), SSE (12), SE ve WNW (9), s ve NNW (6), SSW (3)
EV-9	As (0.76), V (2.68), Cr (6.98), Mn (25.16), Ni (1.76), Cu (25.43), Zn (13.67), Pb (23.54)	SE ve NW (22), NNW (19), SSE ve WNW (15), SSW (7)
EV-10	As (0.62), V (2.77), Cr (5.59), Mn (14.01), Ni (1.74), Cu (25.72), Zn (25.46), Pb (24.09)	NW (75), NNW (17), WNW (8)
EV-11	As (0.63), V (2.05), Cr (4.18), Mn (36.88), Ni (0.68), Cu (8.89), Zn (30.85), Pb (15.85)	NNW (36), SSE (23), NW (18), WNW (14), SE (9)
EV-12	As (0.92), V (2.32), Cr (2.96), Mn (15.28), Ni (0.88), Cu (12.36), Zn (43.96), Pb (21.32)	NW (42), SE (17), SSE (13), WNW ve NNW (8), E, ESE ve S (4)
EV-13	As (1.26), V (3.54), Cr (3.39), Mn (12.66), Ni (1.35), Cu (19.47), Zn (24.06), Pb (34.26)	NW (32), NNW (20), WNW (16), SE ve SSE (12), NE ve SW (4)
EV-14	As (0.87), V (1.27), Cr (1.49), Mn (16.45), Ni (0.15), Cu (6.67), Zn (55.86), Pb (17.25)	NW (48), NNW (24), SE ve SSE (12), WNW (4)
EV-15	As (0.66), V (2.11), Cr (2.71), Mn (22.85), Ni (0.50), Cu (7.34), Zn (45.20), Pb (18.62)	NW (57), NNW (17), ESE, SE ve WNW (9)

Tablo 4.63: (Devamı) Kış Mevsiminde PM10 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Element Yüzdesi (%) [Element/Σ(Element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
OFİS-1	As (0.30), V (1.36), Cr (2.26), Mn (10.74), Ni (1.38), Cu (16.94), Zn (42.82), Pb (24.21)	SE (46), SSE (42), E (8), SW (4)
OFİS-2	As (0.42), V (1.63), Cr (5.90), Mn (9.58), Ni (1.80), Cu (27.96), Zn (21.62), Pb (31.08)	N (55), SE (36), NNE ve NE (5)
OFİS-3	As (0.75), V (1.87), Cr (5.75), Mn (6.98), Ni (2.58), Cu (34.71), Zn (22.06), Pb (25.32)	N ve SE (33), SSE ve W (8), NNE, E, WSW, NNW (4)
OFİS-4	As (1.29), V (1.06), Cr (2.57), Mn (21.16), Ni (0.40), Cu (5.85), Zn (40.46), Pb (27.20)	N (36), SE (20), ENE ve E (8), NNE, NE, SW, W, WNW, NW ve NNW (4)
OFİS-5	As (0.84), V (2.34), Cr (4.19), Mn (34.75), Ni (0.71), Cu (8.58), Zn (31.43), Pb (17.18)	ENE, ESE ve SE (26), SSE (11), NE ve SSW (5)
OFİS-6	As (1.18), V (4.04), Cr (14.58), Mn (31.30), Ni (0.49), Cu (6.90), Zn (31.75), Pb (9.77)	SE (30), NW (26), SSE (17), S ve WNW (9), ESE ve NNW (4)
OFİS-7	As (0.31), V (1.95), Cr (3.95), Mn (60.58), Ni (0.50), Cu (6.61), Zn (18.48), Pb (7.61)	NW (41), NNW (22), SSE (11), ESE, SE ve WNW (7), ENE (4)
OFİS-8	As (0.70), V (2.06), Cr (5.26), Mn (5.73), Ni (1.83), Cu (28.12), Zn (27.46), Pb (28.84)	NW (35), NNW (26), S (17), SE (9), ESE, SSE ve WNW (4)
OFİS-9	As (0.71), V (1.14), Cr (2.03), Mn (20.84), Ni (0.57), Cu (8.41), Zn (41.33), Pb (24.97)	NW (74), NNW (17), SE ve WNW (4)
OFİS-10	As (0.62), V (1.58), Cr (6.07), Mn (7.71), Ni (1.94), Cu (27.92), Zn (25.35), Pb (28.82)	NW (35), NNW (26), S (17), SE (9), ESE, SSE ve WNW (4)
OKUL-1	As (0.72), V (1.95), Cr (5.05), Mn (17.06), Ni (1.28), Cu (16.19), Zn (25.52), Pb (32.24)	SE (32), SSE (27), S ve SSW (9), ESE, SW, WSW, W ve NNW (5)
OKUL-2	As (1.33), V (1.14), Cr (1.28), Mn (17.55), Ni (0.20), Cu (2.81), Zn (63.36), Pb (12.34)	NW (43), NNW (21), SE ve WNW (14), SW (7)
OKUL-3	As (1.23), V (3.27), Cr (3.74), Mn (36.63), Ni (0.64), Cu (9.22), Zn (28.71), Pb (16.56)	NW (38), SE ve NNW (19), ESE (14), E ve SSE (5)

Tablo 4.64: Kış Mevsiminde PM2.5 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Element Yüzdeleri (%) [Element/Σ(Element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
EV-1	As (0.92), V (0.81), Cr (1.21), Mn (6.81), Ni (0.52), Cu (6.39), Zn (33.33), Pb (49.99)	E (29), SE (25), NNW (17), SW ve W (8), NE, SSW ve NW (4)
EV-2	As (1.58), V (3.42), Cr (3.09), Mn (15.93), Ni (2.82), Cu (31.24), Zn (16.77), Pb (25.15)	SSE (21), NW (17), N (13), ENE, SE, W ve WNW (8), NNE, E, ESE ve NNW (4)
EV-3	As (0.92), V (3.07), Cr (2.55), Mn (7.45), Ni (1.65), Cu (83.33), Zn (0.51), Pb (0.51)	SE (43), SSE (13), ESE ve NW (9), N, NE, E, W, WNW ve NNW (4)
EV-4	As (1.91), V (6.26), Cr (5.59), Mn (38.97), Ni (3.40), Cu (41.63), Zn (1.12), Pb (1.12)	SE (30), WSW ve WNW (13), NE, SSE, NW ve NNW (9), E ve ESE (4)
EV-5	As (1.14), V (1.24), Cr (5.34), Mn (24.03), Ni (0.91), Cu (10.62), Zn (34.01), Pb (22.71)	WNW (38), NW (25), SE (13), SSE (8), S, SW, W ve NNW (4)
EV-6	As (3.35), V (1.79), Cr (1.99), Mn (9.07), Ni (0.71), Cu (8.00), Zn (56.96), Pb (18.14)	N (58), SE (25), WNW (8), NNE ve NNW (5), ESE ve SSE (4)
EV-7	As (1.93), V (5.82), Cr (4.77), Mn (4.46), Ni (2.03), Cu (26.73), Zn (21.71), Pb (32.56)	NNW (26), ESE (22), SE (17), NW (13), SSW (9), ENE, E ve WNW (4)
EV-8	As (1.24), V (3.98), Cr (3.58), Mn (6.00), Ni (1.68), Cu (22.90), Zn (24.25), Pb (36.38)	NW (55), SSE (12), SE ve WNW (9), s ve NNW (6), SSW (3)
EV-9	As (1.33), V (4.31), Cr (4.96), Mn (10.51), Ni (2.80), Cu (33.69), Zn (16.96), Pb (25.44)	SE ve NW (22), NNW (19), SSE ve WNW (15), SSW (7)
EV-10	As (0.96), V (5.39), Cr (6.72), Mn (5.61), Ni (2.86), Cu (33.51), Zn (17.98), Pb (26.97)	NW (75), NNW (17), WNW (8)
EV-11	As (0.93), V (5.00), Cr (7.49), Mn (3.55), Ni (3.19), Cu (34.93), Zn (17.97), Pb (26.95)	NNW (36), SSE (23), NW (18), WNW (14), SE (9)
EV-12	As (1.08), V (2.39), Cr (2.12), Mn (12.70), Ni (0.80), Cu (9.96), Zn (49.69), Pb (21.26)	NW (42), SE (17), SSE (13), WNW ve NNW (8), E, ESE ve S (4)
EV-13	As (1.76), V (4.42), Cr (2.27), Mn (2.57), Ni (1.43), Cu (17.38), Zn (28.07), Pb (42.10)	NW (32), NNW (20), WNW (16), SE ve SSE (12), NE ve SW (4)
EV-14	As (1.29), V (5.47), Cr (2.58), Mn (7.50), Ni (0.66), Cu (7.92), Zn (49.17), Pb (25.39)	NW (48), NNW (24), SE ve SSE (12), WNW (4)
EV-15	As (0.69), V (5.78), Cr (5.98), Mn (14.69), Ni (1.53), Cu (20.18), Zn (20.46), Pb (30.70)	NW (57), NNW (17), ESE, SE ve WNW (9)

Tablo 4.64: (Devamı) Kış Mevsiminde PM2.5 Fraksiyonunda Bulunan Elementlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Element Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Element Yüzdesi (%) [Element/Σ(Element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
OFİS-1	As (0.43), V (2.23), Cr (2.52), Mn (7.94), Ni (2.07), Cu (23.13), Zn (24.68), Pb (37.01)	SE (46), SSE (42), E (8), SW (4)
OFİS-2	As (0.42), V (1.97), Cr (3.41), Mn (2.08), Ni (1.98), Cu (24.78), Zn (26.15), Pb (39.22)	N (55), SE (36), NNE ve NE (5)
OFİS-3	As (0.90), V (2.57), Cr (3.52), Mn (2.45), Ni (2.88), Cu (37.11), Zn (20.23), Pb (30.34)	N ve SE (33), SSE ve W (8), NNE, E, WSW, NNW (4)
OFİS-4	As (1.70), V (2.91), Cr (3.37), Mn (14.40), Ni (1.14), Cu (13.89), Zn (25.03), Pb (37.55)	N (36), SE (20), ENE ve E (8), NNE, NE, SW, W, WNW, NW ve NNW (4)
OFİS-5	As (1.68), V (4.96), Cr (4.08), Mn (29.42), Ni (1.46), Cu (14.45), Zn (17.58), Pb (26.37)	ENE, ESE ve SE (26), SSE (11), NE ve SSW (5)
OFİS-6	As (4.69), V (17.86), Cr (12.73), Mn (13.47), Ni (1.85), Cu (21.41), Zn (11.20), Pb (16.80)	SE (30), NW (26), SSE (17), S ve WNW (9), ESE ve NNW (4)
OFİS-7	As (0.32), V (2.47), Cr (1.65), Mn (75.56), Ni (0.67), Cu (8.29), Zn (4.41), Pb (6.62)	NW (41), NNW (22), SSE (11), ESE, SE ve WNW (7), ENE (4)
OFİS-8	As (0.92), V (2.71), Cr (4.69), Mn (3.50), Ni (1.97), Cu (23.58), Zn (25.06), Pb (37.58)	NW (35), NNW (26), S (17), SE (9), ESE, SSE ve WNW (4)
OFİS-9	As (0.91), V (1.93), Cr (2.20), Mn (9.24), Ni (1.18), Cu (15.94), Zn (27.44), Pb (41.16)	NW (74), NNW (17), SE ve WNW (4)
OFİS-10	As (0.77), V (1.92), Cr (5.36), Mn (4.72), Ni (2.07), Cu (24.96), Zn (24.08), Pb (36.12)	NW (35), NNW (26), S (17), SE (9), ESE, SSE ve WNW (4)
OKUL-1	As (0.73), V (2.32), Cr (3.80), Mn (8.63), Ni (1.50), Cu (15.62), Zn (26.96), Pb (40.45)	SE (32), SSE (27), S ve SSW (9), ESE, SW, WSW, W ve NNW (5)
OKUL-2	As (1.60), V (1.66), Cr (0.87), Mn (12.34), Ni (0.26), Cu (2.93), Zn (72.81), Pb (7.52)	NW (43), NNW (21), SE ve WNW (14), SW (7)
OKUL-3	As (2.21), V (6.43), Cr (4.01), Mn (39.38), Ni (1.04), Cu (13.87), Zn (13.22), Pb (19.83)	NW (38), SE ve NNW (19), ESE (14), E ve SSE (5)

Çalışmanın amacı ve kapsamı doğrultusunda her bir örnekleme noktasının dış ortam havasında günlük örnekler alınmıştır. Ancak benzer nitelikte birbirine yakın konumdaki örnek alma noktaları yaz örnekleme döneminde olduğu gibi tek bir örnekleme bölgesi olarak düşünülerek, rüzgar sektörlerine göre partikül madde örneklerindeki element kompozisyonları değerlendirilmiştir. Çalışma alanını yaz örnekleme döneminde olduğu gibi üç farklı alan olarak incelenmiştir.

Yaz örneklerinde olduğu gibi kışın toplanan PM2.5 ve PM10 partikül gruplarının element içeriklerinde de önemli farklılıklar olmamakla birlikte özellikle Körfez bölgesindeki insan kaynaklı elementlerin önemli bir yüzdesi PM2.5 partikül grubunda bulunmaktadır. Kış mevsimi boyunca Körfez bölgesinde toplanan tüm PM2.5 grubu partikül madde örneklerinin element kompozisyonları incelendiğinde yaz örneklerine benzer bir bileşim olduğu görülmektedir. Tüm noktalarda en fazla görülen kirleticiler Zn, Cu, Pb ve bunları takiben Mn'dir. Tek bir örnek dışında (Ev-1) Körfez bölgesindeki tüm örnekleme zamanlarında hakim rüzgar yönü Kuzeybatı olarak görülmektedir. Ev-1'de yapılan örnekleme zamanında ise ikinci bir yön olarak Güneydoğu ve Güney-güneydoğu sektörü de etkili olmuştur. Bu örnekteki önemli farklılık PM2.5 kütlesinde Pb elementinin %50 gibi yüksek bir değere sahip olmasıdır. Hakim rüzgar yönlerini Kuzey-kuzeybatı, Batı-kuzeybatı, Kuzeybatı ve Güney-güneydoğu gibi iki farklı sektör grubu oluşturmaktadır ve bu iki farklı sektörden de Pb elementinin ağırlıklı olarak geldiği yaz örnekleme sonuçlarında da ortaya konulmuştur. Kuzey-kuzeybatı, Batı-kuzeybatı, Kuzeybatı sektörlerindeki en önemli Pb kaynağı olarak öncelikle bu yönlerden geçen ve örnekleme noktasına oldukça yakın olan TEM Otoyolu ve D-100 karayolu bulunmaktadır. Ancak yakıt katkı maddesi olarak kullanılan kurşunun, bu amaçla kullanımının 2003 yılında yasaklandığı dikkate alındığında, yol kenarlarındaki kirlenmiş yol tozlarının resüspanse olup hava akımları ile örnekleme bölgesine taşındığı düşünülmektedir. Bununla birlikte daha önce yapılan çalışmalarda resüspanse partiküllerin çoğunlukla PM10 boyutunda olduğu belirtilmektedir ve PM10 kütlesindeki Pb oranının PM2.5 kütlesindeki Pb oranının neredeyse yarısı olması, Pb kaynağı olarak yol tozu dışında endüstriyel bir kaynağın da varlığına işaret etmektedir. Bu noktanın Kuzeybatı yönündeki en önemli nokta kaynak çimento fabrikası ve en önemli kaynak bölgesi Dilovası ve Gebze'de bulunan boya, demir-çelik, kimya sanayi ve metal işleri iken Güneydoğu yönündeki kaynaklar rafineri ve tersanedir.

Körfez bölgesinde yapılan diğer örnekleme zamanlarındaki ağırlıklı hakim rüzgar yönü Kuzeybatı olarak görülmektedir ve bu örneklerdeki insan kaynaklı elementlerin yüzde değerleri herbir örneğe göre değişmekle birlikte baskın elementler yine Cu, Zn ve Pb'dur. Yalnızca bir örnekte Mn yüzdesi diğer elementlere göre fazladır ve PM10 ve PM2.5 kütlelerindeki oranının aynı olması ve PM2.5 partikül grubunun PM10

partikül grubunun bir alt grubu olması Mn'in örnekleme noktasına çoğunlukla PM2.5 partikül grubu ile taşındığını düşündürmektedir. Ev-1 dışındaki diğer örneklerde de Mn için benzer durum söz konusudur. Bu durum, kış mevsiminde toprağın yaz mevsimine nazaran daha ıslak olması nedeniyle nispeten daha az resüspanse olduğu da dikkate alındığında, bu örneklerdeki Mn'in toprak elementi olmasının dışında insan kaynaklı bir oluşumuna da işaret etmektedir. Körfez bölgesinin Kuzeybatısında Mn içerikli en çarpıcı partikül kaynakları motorlu taşıt araçlarının yanısıra Gebze ve Dilovasında yer alan çok sayıda endüstri tesisi olarak düşünülmektedir. Yatkin ve Bayram (2008a) tarafından İzmir'de yapılan bir çalışmada Demir çelik endüstrisinden yayılan başlıca elementler Zn, Pb ve Mn olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Manoli ve arkadaşları (2002)'nin ince ve kaba partiküllerde kimyasal karakterizasyon ve kaynak belirleme çalışmalarının sonuçlarında da trafik en önemli kaynak olarak belirtilmektedir.

Körfez bölgesinde Ev-3 örnekleme noktasında PM10 ve PM2.5 örnekleri yüksek Cu yüzdesi ile dikkat çekmektedir. Örnekleme noktasının yüksek binaların arasında kalması ve araç giriş çıkışının yoğun olduğu bir alan olması öncelikli Cu kaynağının motorlu taşıt araçları olduğuna işaret etmektedir. Bakır, motorlu araçlardan kaynaklanan bir elementtir ve bu konuda yapılan bir çalışma sonucunda Batı Avrupa'da havaya verilen toplam Cu emisyonlarından %50-75'inden fren balatalarının aşınmasının sorumlu olabileceği belirtilmektedir (Denier van der Gon ve diğ., 2007).

Ofis-6, bir başka farklı elementel kompozisyona sahip örnek olarak dikkat çekmektedir. Kocaeli'de ısınma amaçlı doğal gaz kullanımına başlanmasına rağmen hala birçok yerde kömür ve fuel oil kullanılmaktadır. Kocaeli İl Çevre ve Orman Bakanlığında alınan verilere göre bölgede evsel ısınma amaçlı kullanılan yakıt türleri % 62 kömür, % 18 doğal gaz, % 17 odun, % 3 fuel oil şeklindedir. Yaz örneğinden farklı olarak yüksek V, Cr ve As içeriğinin bu örnekleme noktasının bulunduğu bölgede ağırlıklı olarak kullanılan ısınma amaçlı kömür ve fuel oil yakılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yaz örnekleme bölümünde de belirtildiği gibi İzmit merkez yoğun nüfus ve trafiğin olduğu bir bölgedir. Yoğun araç trafiğinden kaynaklanan emisyonlar sıkışık düzendeki evler, yüksek ticari binalar ve kentin çanak şeklindeki topoğrafik yapısı nedeni ile kirleticiler çoğu zaman yeterince dağılamamakta aynı bölgede kalmakta veya çökelmektedir. Bu nedenle bu tür bölgelerin en önemli kirletici kaynağı trafik olmakta ve diğer kaynaklardan gelebilecek kirleticilere göre daha baskın görülmektedirler. Bununla birlikte kış mevsiminde trafiğe ek olarak evsel ısınma amaçlı yakıtların yakılması sonucu oluşan kirleticilerin ortam havasına yayılması beklenen bir durumdur. Ancak İzmit Merkezde ısınma amaçlı doğal gaz kullanımının yaygın olması kış mevsiminde de trafik kaynağını ön plana çıkmasına neden olmuştur. Dolayısıyla İzmit Merkezde yer alan örnekleme noktaları tüm rüzgar sektörlerinde baskın olarak trafikten etkilenmektedir. İzmit kent merkezi dışında seçilen noktada (Ev-6) kış örnekleme yapıldığı gün hakim rüzgar yönü yaz örneğinde olduğu gibi kuzeybatıdır. Dolayısı ile kış örneklerinin rüzgar yönüne göre kaynak bölgeleri yaz örneklemesindeki benzer olarak kabul edilebilir. Aynı zamanda yaz örneklerine benzer şekilde PM10 ve PM2.5 örnek kompozisyonları ağırlıklı olarak Zn, Pb ve Mn içermektedir. Göze çarpan farklılık ise kış örnek kompozisyonunda PM10 örneğinde %2, PM2.5 örneğinde %3 oranında As elementinin yer almasıdır. Arseniğin kömürün önemli bir iz elementi olması ve bölgede kış mevsiminde evsel ısınma amaçlı olarak doğal gazın yanında temel yakıt olarak kömürün yakıldığı dikkate alındığında başlıca kirletici kaynakları olarak düşünülen endüstri kuruluşları ve trafiğin yanında, kömür yanması da diğer bir kirletici kaynağı olarak sınıflandırılabilir. Ev-14 ve Ofis-9 yine kent merkezi dışında seçilen iki noktadır ancak çok küçük bir yüzölçümüne sahip İzmit'te kent dışında oluşturulan yerleşim yerleri ile endüstri tesislerinin birbirinden uzaklığı fazla değildir. Kış mevsiminde her iki örnekleme noktasında da hakim rüzgar yönü Güneydoğudur. Bu bölgede ısınma amaçlı en fazla kullanılan yakıt doğal gazdır. Dolayısıyla örnek kompozisyonlarındaki baskın elementler (Zn ve Pb) dikkate alındığında bu yöndeki en önemli kaynak trafik ve endüstri olarak görülmektedir. Bu örnekleme noktalarının yaklaşık 500 metre güneydoğusundan TEM otoyolu geçmektedir ve yaklaşık 2-3 km güneydoğusunda otomobil lastiği ve yan sanayileri, gıda sanayi, ilaç sanayi gibi büyük ölçekli endüstriyel üretim yapan fabrikalar yer almaktadır.

4.9. Sağlık Risk Değerlendirmesi

Tez kapsamında örneklenen kirleticilerin kişisel ve toplumsal boyutta bir “risk” ya da “tehlike” oluşturup oluşturmadığının belirlenmesi amacıyla ilgili kirleticiler için kişisel maruziyet konsantrasyonlarını kullanarak risk değerlendirme çalışması yapılmıştır. Bu çalışma ile Türkiye’de ilk defa iç ortamda kirletici düzeyleri ve oluşturdukları sağlık riski ile ilgili büyük bir veri seti oluşturulmuş, ülkemizde iç ortam hava kirliliğinin boyutu ve önemi konusunda bir değerlendirme yapılmıştır.

İç ortam hava kalitesinin belirlenmesi amacıyla birçok ülkede yapılan benzer çalışmalarda da tanımlandığı gibi sağlık risk değerlendirme çalışmaları tehlikenin tanımlanması, toksisite değerlendirmesi, maruziyet değerlendirmesi ve risk karakterizasyonunu içeren dört aşamadan oluşmaktadır (Durmuşoğlu ve diğ. 2007; Hoddinott ve Lee, 2000; Guo ve diğ. 2004).

4.9.1. Tehlikenin tanımlanması

Bu aşamada; belli bir kimyasal maddenin insan sağlığı üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin (örneğin, kanser) olup olmayacağı belirlenir. Bu etkilerin belirlenmesinde genellikle hayvanlar üzerine yapılan çalışmalar kullanılır ve eğer hayvanlar üzerinde herhangi bir olumsuz etki varsa bu etkinin insanlarda da olacağı kabul edilir. Yapılan çalışmalar neticesinde bazı kirleticiler için kanserojen etki düzeyleri, bazı kirleticiler için kanserojen olmayan etki düzeyleri, bazı kirleticiler için de hem kanserojen hem de kanserojen olmayan etki düzeyleri belirlenmiştir. Çalışmamızda incelenen kirleticiler arasında mangan, krom, alüminyum ve titanyum bileşiklerinin kanserojen olmayan etki düzeyleri; arsenik, krom, nikel ve kurşun bileşiklerinin de kanserojenik etki düzeyleri literatürde verilmektedir. Tablo 4.65’de bu çalışmada incelenen kirleticiler ile ilgili toksisite değerlendirme parametreleri ve kanserojenlik sınıflandırmaları verilmektedir.

Tablo 4.65: Kirleticiler İçin Toksikite Değerlendirme Parametreleri ve Çeşitli Kanserojenlik Sınıflandırmaları

Kirletici	^a RfC (mg/m ³)	^b RfD (mg/kg.gün)	^c UR (µg/m ³)	^d CPF (kg.gün/mg)	Kaynak	^h USEPA sınıfı	ⁱ IARC sınıfı
Al	5,00E-03	1,43E-03	-	-	^f RAIS	-	-
Ti	-	8,60E-03	-	-	RAIS	-	3
Cr	1,00E-04	2,86E-05	1,20E-02	4,20E+01	IRIS	A	1
Mn	5,00E-05	1,43E-05	-	-	IRIS	D	-
Ni	-	-	2,40E-04	8,40E-01	IRIS	A	1
As	-	-	4,30E-03	1,51E+01	^e IRIS	A	1
Pb	-	-	1,20E-05	4,20E-02	^g CalEPA	B2	2B

^aRfC: Referans Konsantrasyon, ^bRfD: Referans Doz, ^cUR: Birim Risk, ^dCPF: Kanserojenlik Potansiyel Faktörü, ^eIRIS:USEPA Integrated Risk Information System, ^fRAIS: Risk Assessment Information System, ^gCalEPA:California Environmental Protection Agency, ^hUSEPA sınıflandırması (A:kanserojen , B2:olası kanserojen, D: kanserojenik etki bakımından sınıflandırılmayan), ⁱIARCSınıflandırması (1:kanserojen, 2B: olası kanserojen, 3:kanserojenik etki bakımından sınıflandırılmayan).

4.9.2. Toksikite değerlendirme

Eğer kimyasal maddenin risk veya tehlike belirlenmesi safhasında pozitif bir bulgu varsa, bu ikinci aşama gerçekleştirilir. Burada, belirli bir kimyasal madde dozuna karşı risk ihtimalinin (yani istenmeyen sağlık tepkilerinin) değerlendirilmesi yapılır. Böylece, doz ile risk ihtimali arasında ilişki ortaya konulur. Bu çalışmalar ile bazı toksisite değerlendirme parametreleri elde edilmektedir. Bunlardan bazıları; referans doz (RfD), referans konsantrasyon (RfC), birim risk (UR) ve kanserojenlik potansiyel faktörü (CPF) değerleridir. CPF; çok düşük maruziyetlerde temel olarak doz-cevap eğrisinin eğimi olarak tanımlanır. CPF'nin birimi günlük alım biriminin tersi olarak ifade edilir. RfD, ise hiçbir olumsuz sağlık etkisinin gözlenmediği günlük minimum doz olarak tanımlanır (Lagrega, 1994). Bu çalışmada hava yoluyla alınan kirleticilerden kaynaklanabilecek sağlık riskinin belirlenmesi planlandığı için maruziyetin yalnızca hava yolu ile gerçekleştiği kabul edilerek risk değerlendirmesi yapılmıştır.

Kanserojen olmayan bileşiklerin toksisiteleri belirlenirken RfC ve RfD değerleri kullanılır.

$$RfD=RfC \times \text{soluma hızı} / \text{vücut ağırlığı} \quad (4.1)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Kanserojenik bileşiklerin toksisiteleri ise; UR veya CPF terimleriyle ifade edilir. Bu iki değişken, aşağıdaki ilişki ile birbirleri ile bağlantılıdır.

$$CPF = UR \times \text{vücut ağırlığı} / \text{solunum hızı} \quad (4.2)$$

4.9.3. Maruziyet değerlendirme

Bu aşama, örnekleme yapılan ortamlarda kirleticilere maruz kalan kişilerin bu maddelere maruziyetinin neden olduğu kronik günlük alım (CDI) değerlerinin belirlenmesini içerir.

$$CDI = (C \times CR \times EF \times ED) / (BW \times AT) \quad (4.3)$$

Burada;

CDI; Kronik günlük alım (mg/kg.gün)

C; Konsantrasyon (mg/l, mg/kg)

CR; Kontak oranı (m³/gün)

EF; Maruziyet frekansı(gün/yıl)

ED; Maruziyet süresi(yıl)

BW; Vücut ağırlığı (kg)

AT; Ortalama maruziyet zamanı (gün) alınır. (Eğer kronik maruziyet söz konusu ise bu süre ortalama insan ömrü kabul edilir.)

Kişisel örnekleme yapılmadığı durumlarda, kronik günlük alım değerleri, iç ortam ve/veya dış ortam konsantrasyonları ve bazı modeller kullanılarak

hesaplanmaktadır. Bu çalışmada; iç ortam ve dış ortam örneklemelerine ilaveten kişisel örneklemeler de gerçekleştirildiği için alım değerlerinin hesaplanmasında kişisel örneklemeler sonucunda elde edilen günlük konsantrasyon değerleri doğrudan kullanılmıştır. Bu çalışmada kronik günlük alım (CDI) hesaplamaları için Tablo 4.66'da verilen değerler kullanılmıştır.

Tablo 4.66: Çalışmada Kronik Günlük Alım Hesaplamasında Kullanılan Parametreler

Ortam	CR (m ³ /gün)	EF (gün/yıl)	ED (yıl)	BW (kg)	AT (gün)
Ev	19.92	365	70	^a 70- ^b 60	25550
Ofis	19.92	230	30	70-60	25550
Okul	19.92	170	30	70-60	25550

^aErkekler için vücut ağırlığı 70 kg, ^bKadınlar için vücut ağırlığı 60 kg kabul edildi.

Burada; EF değeri, ofis ve okul çalışanları için yıllık tatil süreleri çıkarılarak belirlenmiştir. Maruziyet süresi, kontak oranı (burada solunum hızı), vücut ağırlığı için USEPA tarafından belirlenen değerler kullanılmıştır. Ortalama maruziyet zamanı ise ortalama insan ömrü üzerinden hesaplanmıştır (USEPA, 1989).

4.9.4. Risk karakterizasyonu

Kanserojen olmayan maddeler için risk değerlendirmesi tehlike indeksi (HQ) ile ifade edilir.

$$HQ = CDI / RfD \quad (4.4)$$

$$\text{Toplam risk} = \sum \text{Kirleticilerin bireysel tehlike indeksleri} \quad (4.5)$$

Kanserojen maddeler için risk değerlendirmesi ise; ELCR (Hayat boyu kanser riski) ile ifade edilir.

$$ELCR = CDI \times SF \quad (4.6)$$

$$\text{Toplam risk} = \sum \text{Kirleticilerin bireysel kanser riskleri} \quad (4.7)$$

4.9.4.1. Ev, ofis ve okullarda kanserojenik ve kanserojenik olmayan risklerin karakterizasyonu

Çalışma kapsamında örneklenen kişilerin günlük kişisel maruziyet konsantrasyonları kullanılarak belirlenen kanser riski değerlendirme sonuçları ortalama değerler ve en kötü senaryo durumu için Tablo 4.67’de verilmektedir. Her üç mikroçevrede de örneklenen kişilerin ortalama maruziyet konsantrasyonlarının yanı sıra bu ortamlarda elde edilen en yüksek maruziyet konsantrasyonları kullanılarak en kötü senaryo durumu için belirlenen kanser riski hesaplamaları Tablo 4.67 ve Şekil 4.25’de verilmektedir.

Kanser Riski değerlendirme çalışmaları sonucunda elde edilen sayıların öneminin ifade edilmesinde literatürde farklı yorumlar bulunmaktadır. Kanserojenik risk değeri genellikle 1×10^{-6} (1 milyonda 1 kişinin kanser riski taşıdığı) veya büyük olduğunda önemli kabul edilir (USEPA, 1991b, Tam ve Neumann 2004, Sax ve diğ. 2004, Guo ve diğ. 2004). Kanser riski olarak 1×10^{-6} değerine karşılık gelen konsantrasyonlara maruziyetin söz konusu olması durumu 1 milyon kişiden 1 kişinin kanser riskine işaret etmektedir. Diğer bir tanımlamada risk değeri 1.000’de 1 kişi (1×10^{-3}) veya büyük olduğunda önemli sayılmaktadır (Rodrics ve diğ 1987). Bu tanımlamalara ilave olarak kabul edilebilir risk seviyesi 10.000’de 1 (1×10^{-4}) olarak da önerilmektedir (Tam ve Neumann 2004, NJDEP, 1994, Hoddinott ve Lee, 2000). Bu çalışmada değerlendirmeler 1×10^{-6} değeri temel alınarak yapılacaktır.

Evler için “Ortalama Konsantrasyonlar” göz önüne alındığında kanser riski değerlerinin arsenik ve krom kirleticilerinin her biri için kanser risk sınır değeri olarak kabul ettiğimiz 1×10^{-6} (Milyonda 1 kişi) değerini aştığı görülmektedir. Evler için elde edilen en yüksek kirletici konsantrasyonlarının dikkate alındığı “En Kötü Senaryo” göz önüne alındığında ise bütün kirleticiler için sınır değerin aşıldığı görülmektedir.

Ofisler için “Ortalama Konsantrasyonlar” ve “En Kötü Senaryo” göz önüne alındığında kanser risk değerlerinin, arsenik ve krom kirleticilerinin her biri için kanser risk sınır değeri olan 1×10^{-6} değerini aştığı görülmektedir.

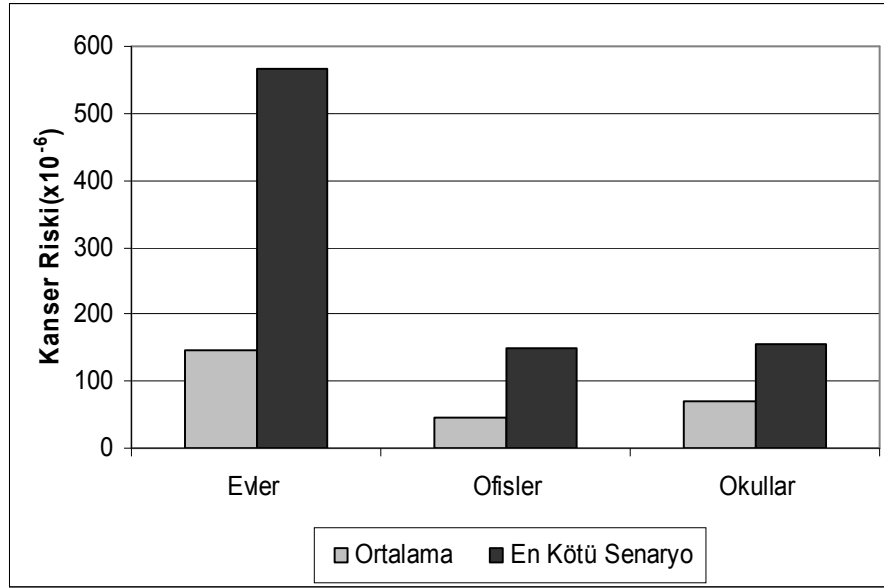
Okullar için “Ortalama Konsantrasyonlar” göz önüne alındığında kanser risk değerlerinin arsenik ve krom kirleticilerinin her biri için kanser risk sınır değeri olan 1×10^{-6} değerini aştığı görülmektedir. Okullar için elde edilen en yüksek kirletici konsantrasyonlarının dikkate alındığı “En Kötü Senaryo” göz önüne alındığında ise bu kirleticilere Nikel’de eklenmektedir.

Örneklenen her üç ortamda da her bir kirletici için bile hesaplanan kanser risk değerlerinin sınır değerleri aşıyor olması çalışılan bölge olan Kocaeli’de yaşayan kişilerin maruz kaldıkları kirlilik nedeniyle kanser hastalığına yakalanma risklerinin ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir. Kişilerin vakitlerinin %80’inden fazlasını iç ortamlarda geçirdiği düşünülecek olursa yaşadığımız ve çalıştığımız iç ortamların sağlığımız açısından ne kadar büyük bir risk oluşturduğunu söyleyebiliriz. Okul, ofis ve evler için “Toplam Kanser Riski” değerleri her bir kirleticinin neden olduğu sağlık riskinin toplamaları alınmak suretiyle Tablo 4.67’de verilmektedir. Ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda toplam kanser risklerinin, evlerde sınır değerin 147 katı ($1,47E-04$, 1 milyonda 147 kişinin kanser riski taşıdığı), ofislerde sınır değerin 46.1 katı ($4.61E-05$, 1 milyonda 46 kişinin kanser riski taşıdığı), okullarda ise sınır değerin 68.8 katı ($6.88E-04$, 1 milyonda 69 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. Her üç ortamda en yüksek konsantrasyonlar göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda “En Kötü Senaryo” değerlerinin ise, evlerde sınır değerin 565 katı ($5.65E-04$, 1 milyonda 565 kişinin kanser riski taşıdığı), ofislerde sınır değerin 148 katı ($1.48E-04$, 1 milyonda 148 kişinin kanser riski taşıdığı), okullarda ise sınır değerin 156 katı ($1.56E-04$, 1 milyonda 156 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. Hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo dikkate alındığında en yüksek kanser riski altında bulunan kişilerin ev hanımları olduğu Tablo 4.67 ve Şekil 4.25’den görülmektedir. Bunları, öğretmenler ve ofis çalışanlarının takip ettiğini söyleyebiliriz.

Tablo 4.67: Ev, Ofis ve Okullarda Kanser Risk Değerlendirmesi

Kirlenici	EVLER		OFİSLER		OKULLAR	
	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo
Cr	1.22E-04	3.84E-04	4.02E-05	1.19E-04	6.15E-05	1.30E-04
Ni	7.31E-07	2.65E-06	2.30E-07	7.57E-07	4.01E-07	1.13E-06
As	2.35E-05	1.74E-04	5.50E-06	2.73E-05	6.66E-06	2.39E-05
Pb	9.24E-07	4.00E-06	2.15E-07	4.73E-07	2.46E-07	7.53E-07
Σ Kanser Riski	1.47E-04	5.65E-04	4.61E-05	1.48E-04	6.88E-05	1.56E-04

Tabloda koyu ile yazılanlar, kanser riski için sınır değer olan $1,00E-06$ 'yı aşan değerlerdir.



Şekil 4.25: Ev, Ofis ve Okullarda Kanser Risk Değerlendirmesi

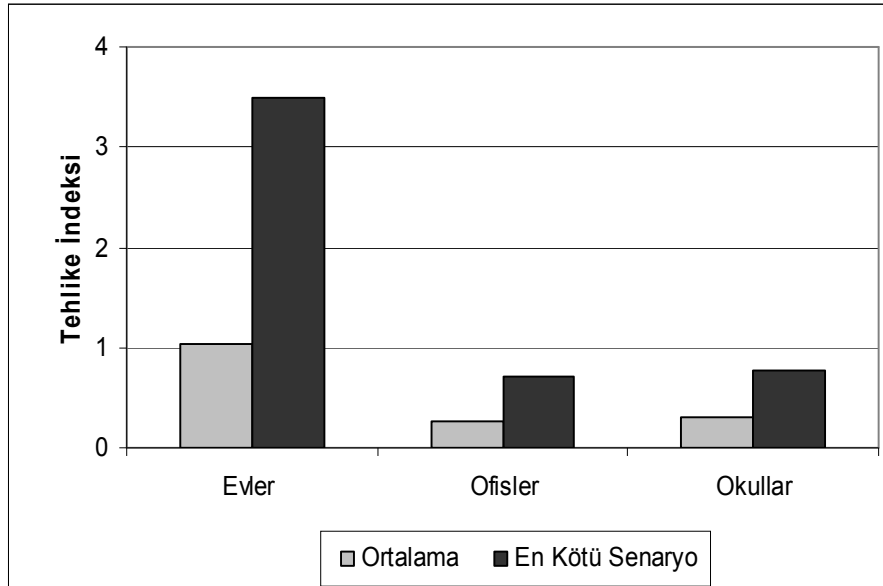
Kimyasalların kanserojenik olmayan etkilerinin belirlenebilmesi için kullanılan “Tehlike İndeksi” değeri bire eşit veya küçük ise risk önemsiz sayılır (USEPA, 2003, Hoddinott ve Lee, 2000). Ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda “Toplam Tehlike İndeksleri” evlerde sınır değer olarak kabul ettiğimiz 1’e eşitken, ofislerde ve okullarda sınır değer altında kalmıştır. Her 3 ortamında en yüksek konsantrasyonları göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda belirlenen “En Kötü Senaryo” değerlerinin ise, evlerde sınır değer 3.49 katı iken, ofislerde ve okullarda sınır değer altında olduğu tespit edilmiştir. Kanserojen olmayan kirleniciler için hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo durumu için belirlenen konsantrasyonlar dikkate alındığında yapılan hesaplamalarda “Toplam Tehlike İndeksinin” ev hanımlarında en yüksek olduğu Tablo 4.68 ve Şekil

4.26'dan görülmektedir. Ofis çalışanları ve öğretmenler için ise hemen hemen benzer değerler bulunduğunu söyleyebiliriz.

Tablo 4.68: Ev, Ofis ve Okullarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

Bileşikler	EVLER		OFİSLER		OKULLAR	
	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo
Alüminyum	1.02E-02	8.15E-02	6.37E-03	2.33E-02	9.54E-03	2.27E-02
Titanyum	2.01E-03	5.82E-03	5.68E-04	2.31E-03	6.36E-04	1.17E-03
Krom	1.02E-01	3.20E-01	3.34E-02	9.90E-02	5.12E-02	1.08E-01
Mangan	9.24E-01	3.08E+00	2.32E-01	5.82E-01	2.40E-01	6.37E-01
Σ Tehlike İndeksi	1.04E+00	3.49E+00	2.72E-01	7.07E-01	3.01E-01	7.69E-01

Tabloda koyu ile yazılanlar, tehlike indeksi için sınır değer olan 1'i aşan değerlerdir.



Şekil 4.26: Ev, Ofis ve Okullarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

4.9.4.2. Kentsel, endüstriyel, endüstri ve trafikten uzak alanlarda kanserojenik ve kanserojenik olmayan risklerin karakterizasyonu

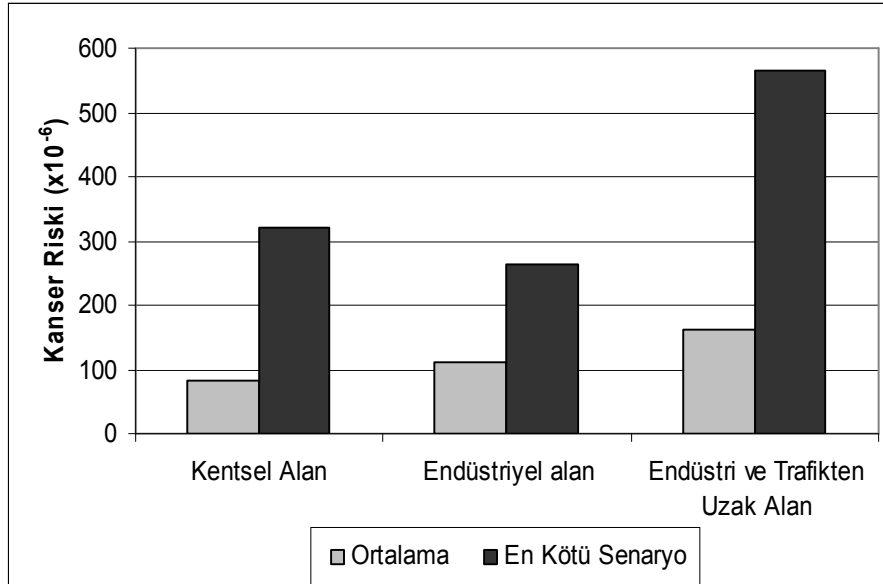
Önceki bölümde okul, ofis ve evler için yapılan sağlık risk değerlendirmesi bu bölümde kentsel, endüstriyel, endüstri ve trafikten uzak alanlar için yapılmıştır. Kentsel, endüstriyel, endüstri ve trafikten uzak alanlar için “Toplam Kanser Riski” değerleri her bir kirleticinin neden olduğu sağlık riskinin toplamı alınarak

Tablo 4.69’da verilmektedir. Ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda toplam kanser risklerinin kentsel alanlarda sınır değerin 82.4 katı ($8.24E-05$, 1 milyonda 82 kişinin kanser riski taşıdığı), endüstriyel alanlarda sınır değerin 111 katı ($1.11E-04$, 1 milyonda 111 kişinin kanser riski taşıdığı), endüstri ve trafikten uzak alanlarda ise sınır değerin 162 katı ($1.62E-04$, 1 milyonda 162 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. Her üç alanında en yüksek konsantrasyonları göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda “En Kötü Senaryo” değerlerinin ise, kentsel alanlarda sınır değerin 320 katı ($3.20E-04$, 1 milyonda 320 kişinin kanser riski taşıdığı), endüstriyel alanlarda sınır değerin 263 katı ($2.63E-04$, 1 milyonda 263 kişinin kanser riski taşıdığı), endüstri ve trafikten uzak alanlarda ise sınır değerin 564 katı ($5.64E-04$, 1 milyonda 564 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. Hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo dikkate alındığında her üç alanda da yaşayan kişilerin birbirine yakın ve yüksek kanser riski taşıdıkları Tablo 4.69 ve Şekil 4.27’den görülmektedir. Burada dikkati çeken nokta endüstri ve trafikten uzak alanlardan elde edilen kanser risklerinin diğer alanlardan yüksek olmasıdır. Kocaeli, 300’ büyük yaklaşık 1000’in üzerinde endüstri kuruluşu ile sanayileşme bakımından Türkiye’nin önde gelen bölgelerinden biri olmuştur. Ayrıca bölge, D-100 karayolu ve TEM otoyolunun etkisi altındadır. Yüzölçümünün küçük olması konut alanlarının ağır trafik ve endüstri alanları ile çok yakın olmasına neden olmuştur. Bu nedenle bölgede hava kirliliği açısından yüzölçümünün de küçük olması nedeniyle kentsel, endüstriyel ve endüstri ve trafikten uzak alan olarak önemli farklılıklar göstermemiştir. Ayrıca; endüstri ve trafikten uzak alanlardan elde edilen kanser risklerinin diğer alanlardan yüksek olması risk oluşturucu kirleticilerin diğer bölgelerden bu alanlara taşınımının da yüksek olduğunu işaret etmektedir.

Tablo 4.69: Kentsel Alan, Endüstriyel Alan, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Kanser Riski Değerlendirmesi

Bileşikler	KENTSEL ALAN		ENDÜSTRİYEL ALAN		ENDÜSTRİ VE TRAFİKTEN UZAK ALAN	
	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo
Krom	4.06E-07	2.04E-06	6.26E-07	1.47E-06	6.84E-07	2.65E-06
Nikel	7.18E-05	2.66E-04	9.28E-05	1.86E-04	1.26E-04	3.84E-04
Arsenik	9.63E-06	4.97E-05	1.65E-05	7.36E-05	3.35E-05	1.74E-04
Kurşun	4.71E-07	2.27E-06	6.64E-07	2.51E-06	9.29E-07	4.00E-06
ΣKanser Riski	8.24E-05	3.20E-04	1.11E-04	2.63E-04	1.62E-04	5.64E-04

Tabloda koyu ile yazılanlar, kanser riski için sınır değer olan 1,00E-06'yı aşan değerlerdir.



Şekil 4.27: Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Kanser Riski Değerlendirmesi

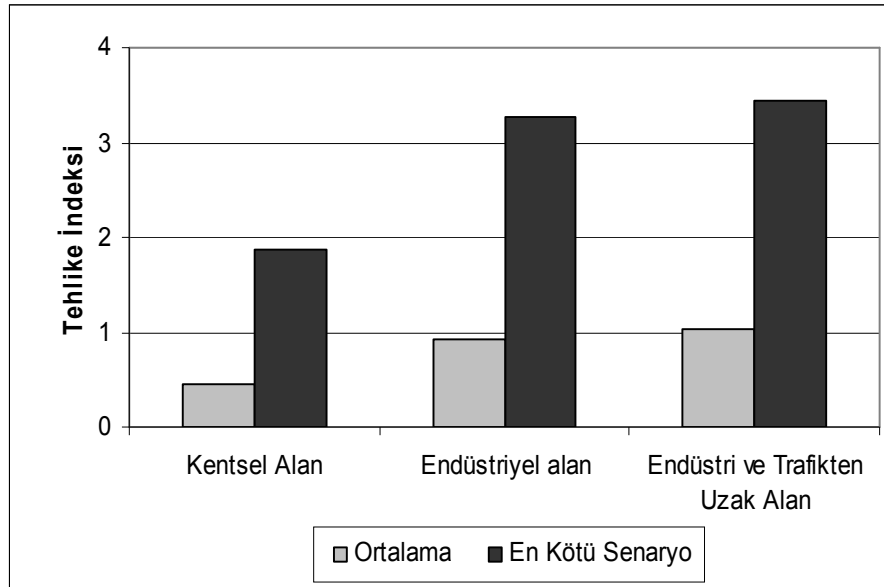
Kanserojenik olmayan etkilerinin belirlenebilmesi için kullanılan “Toplam Tehlike İndeksi” değerlerine ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak bakıldığında endüstri ve trafikten uzak alanlarda ve endüstriyel alanlarda sınır değer olarak kabul ettiğimiz 1 civarında iken kentsel alanlarda sınır değerinin altında bulunmuştur. Her üç alanda da en yüksek konsantrasyonlar göz önüne alınarak belirlenen “En Kötü Senaryo” değerlerinin ise, kentsel alanlarda sınır değerinin 1.86 katı, endüstriyel alanlarda sınır değerinin 3.28 katı, endüstri ve trafikten uzak alanlarda ise sınır değerinin 3.44 katı olduğu tespit edilmiştir. Kanserojen olmayan kirlenmeler için hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo dikkate alındığında

yapılan hesaplamalarda “Toplam Tehlike İndeksi” değerinin her 3 alanda da birbirine yakın olduğu Tablo 4.70 ve Şekil 4.28’de görülmektedir.

Tablo 4.70: Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

Bileşikler	KENTSEL ALAN		ENDÜSTRİYEL ALAN		ENDÜSTRİ VE TRAFİKTEN UZAK ALAN	
	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo
Alüminyum	7.09E-03	8.15E-02	8.49E-03	4.33E-02	1.57E-02	7.09E-02
Titanyum	1.22E-03	5.25E-03	1.38E-03	3.70E-03	1.75E-03	5.82E-03
Krom	5.98E-02	2.22E-01	7.73E-02	1.55E-01	1.05E-01	3.20E-01
Mangan	3.80E-01	1.55E+00	8.42E-01	3.08E+00	9.05E-01	3.04E+00
\sum Tehlike İndeksi	0.448	1.862	0.929	3.278	1.027	3.438

Tabloda koyu ile yazılanlar, tehlike indeksi için sınır değer olan 1’i aşan değerlerdir.



Şekil 4.28: Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

4.9.4.3. Sigara kullanan ve kullanmayan kişilerde kanserojenik ve kanserojenik olmayan risklerin karakterizasyonu

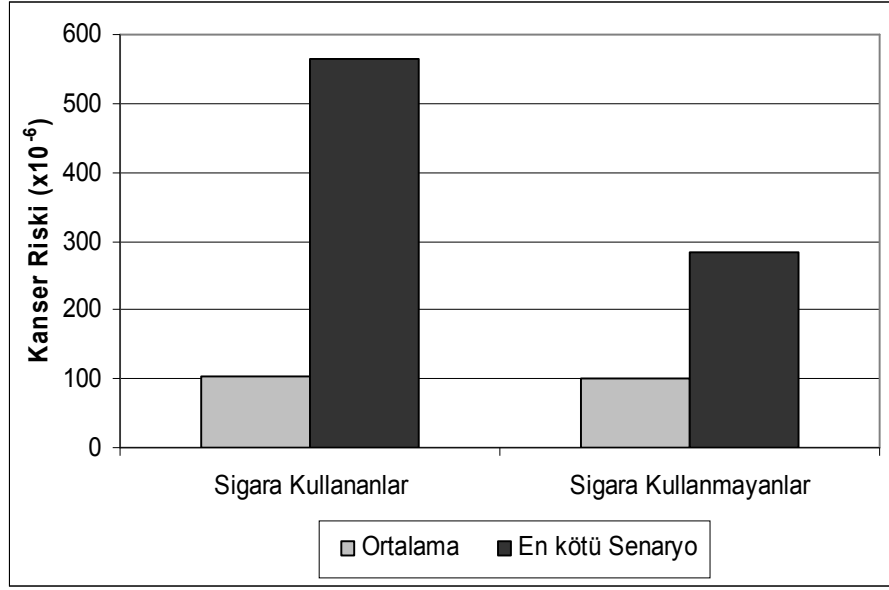
Önceki bölümlerde farklı mikroçevreler ve farklı alanlar için yapılan sağlık risk değerlendirmesi bu bölümde sigara kullanan ve kullanmayan kişiler için yapılmıştır.

Sigara kullanan ve kullanmayan kişiler için “Toplam Kanser Riski” değerleri her bir kirleticinin neden olduğu sağlık riskinin toplamları alınmak suretiyle Tablo 4.71’de verilmektedir. Ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda, toplam kanser risklerinin sigara kullanan kişilerde sınır değer 104 katı ($1.04E-04$, 1 milyonda 104 kişinin kanser riski taşıdığı), sigara kullanmayan kişilerde sınır değer 99.1 katı ($9.91E-05$, 1 milyonda 99 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. Her iki grubun en yüksek konsantrasyonları göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda “En Kötü Senaryo” değerlerinin ise, sigara kullananlarda sınır değer 564 katı ($5.64E-04$, 1 milyonda 564 kişinin kanser riski taşıdığı), sigara kullanmayanlarda sınır değer 283 katı ($2.83E-04$, 1 milyonda 283 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. En kötü senaryo değerleri dikkate alındığında sigara kullanan kişilerin kullanmayanlara nazaran yaklaşık %50 daha fazla kanser riski taşıdıkları Tablo 4.71 ve Şekil 4.29’den görülmektedir. Bu durum da sigara kullanımının kirletici bir kaynak olarak tek başına ne kadar önemli bir sağlık riski oluşturduğunu söyleyebiliriz.

Tablo 4.71: Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Kanser Riski Değerlendirmesi

Bileşikler	SİGARA KULLANANLAR		SİGARA KULLANMAYANLAR	
	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo
Krom	5.28E-07	2.65E-06	4.88E-07	1.47E-06
Nikel	8.67E-05	3.84E-04	8.57E-05	2.05E-04
Arsenik	1.66E-05	1.74E-04	1.23E-05	7.36E-05
Kurşun	5.69E-07	4.00E-06	6.72E-07	2.51E-06
Σ Kanser Riski	1.04E-04	5.64E-04	9.91E-05	2.83E-04

Tabloda koyu ile yazılanlar, kanser riski için sınır değer olan $1,00E-06$ 'yı aşan değerlerdir.



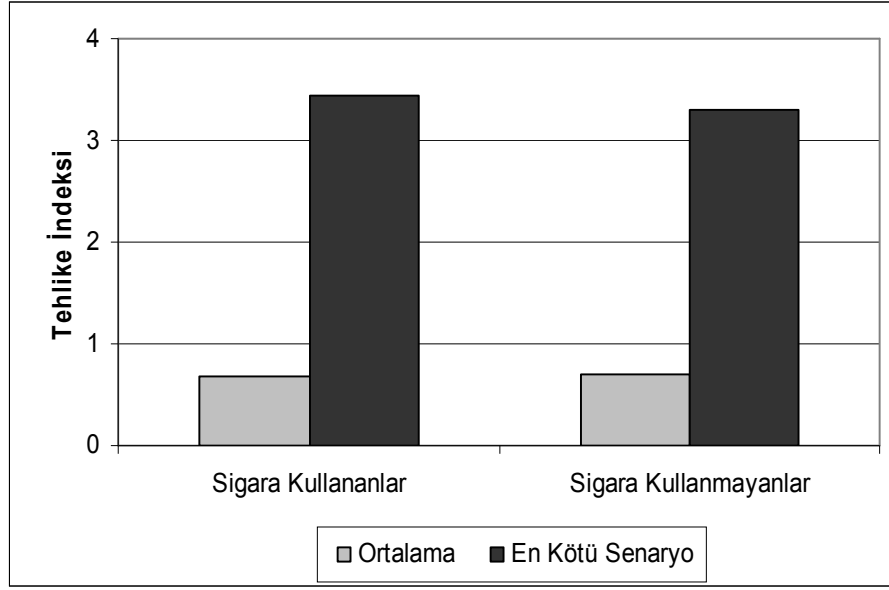
Şekil 4.29: Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Kanser Riski Değerlendirmesi

Kanserojenik olmayan etkilerinin belirlenebilmesi için kullanılan “Toplam Tehlike İndeksi” değerlerine, ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak bakıldığında hesaplanan değerlerin hem sigara kullananlarda hem de sigara kullanmayanlarda sınır değerinin altında tespit edilmiştir. Her iki grubun da en yüksek konsantrasyonları göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda “En Kötü Senaryo” değerlerinde ise sonuçların sınır değerinin üzerinde ve birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Kanserojen olmayan kirleticiler için hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo durumları dikkate alındığında yapılan hesaplamalarda “Toplam Tehlike İndeksi” sonuçların sigara kullananlarda ve kullanmayanlarda birbirine yakın değerler aldığı Tablo 4.72 ve Şekil 4.30’da görülmektedir.

Tablo 4.72: Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

Bileşikler	SİGARA KULLANANLAR		SİGARA KULLANMAYANLAR	
	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo
Alüminyum	9.44E-03	8.15E-02	7.11E-03	4.33E-02
Titanyum	1.32E-03	5.82E-03	1.39E-03	3.70E-03
Krom	7.22E-02	3.20E-01	7.13E-02	1.71E-01
Mangan	6.00E-01	3.04E+00	6.11E-01	3.08E+00
∑Tehlike İndeksi	6.83E-01	3.45E+00	6.91E-01	3.29E+00

Tabloda koyu ile yazılanlar, tehlike indeksi için sınır değer olan 1’i aşan değerlerdir.



Şekil 4.30: Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

Bu bölümde yapılan değerlendirmeler, iç ortam havasındaki bütün kirleticiler için değil yalnızca literatürde toksisite değerlendirme parametreleri belirlenmiş sınırlı sayıda inorganik kirletici için yapılabilmektedir. Ayrıca, bu tez çalışmasında inorganik kirleticiler incelendiğinden, ortamda bulunan organik kirleticiler hesaba katılmamıştır. Bu nedenle burada elde edilen ve değerlendirilen sonuçlar büyük bir sorunun küçük bir kısmını aktarmaktadır.

4.10. Reseptör (Alıcı Ortam) Modelleme Tekniği Kullanılarak Kirletici Kaynakların Belirlenmesi

Çalışma bölgesinde belirlenen kirlilik düzeylerine neden olan kirletici kaynakların belirlenmesi amacıyla veri setine çok değişkenli istatistik analiz yöntemlerinden biri olan ve son yıllarda yaygın olarak kullanılan PMF (Pozitif Matris Faktörizasyonu) modeli uygulanmıştır. PMF modeli iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet veri setleri için ayrı ayrı uygulanmıştır. Partikül madde örnekleri iç ve dış ortam örneklemelerinde her iki partikül fraksiyonu için (PM_{2.5} ve PM₁₀) belirlendiğinden PMF modeli bu iki partikül fraksiyonu için ayrı ayrı uygulanarak kaynak profilleri arasında farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Kişisel maruziyet örneklemeğinde sadece PM_{2.5} partikül fraksiyonunda örnekleme yapılmıştır.

Farklı mikroçevrelerde (ev, okul ve ofis) kaynak profillerini belirlemek için ilk olarak tez kapsamında incelenen tüm değişkenlerle model çalıştırılmıştır. Elde edilen kaynak profilleri ve bunların her faktörde açıklanabilirliği incelendiğinde PMF modeli için iç ve dış ortamlarda en iyi sonuç veren 20 değişkenin kullanılmasına karar verilmiştir. Modelde kullanılan 20 değişken (Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb, NO₂, SO₂, O₃, CO, CO₂) kirleticiler hakkında bilgi sahibi olmak için çok elverişli bir imkan tanımıştır. Dış ortam örneklemelelerinde adı geçen 20 değişkenin tamamı kullanılmış, iç ortam örneklemelelerinde ise bir iç ortam kirleticisi olmayan ozon, kirleticilerin kaynak dağılımlarını olumsuz etkilediğinden PMF modeli ozon çıkarılarak 19 değişken üzerinden yapılmıştır. Kişisel maruziyet örneklemelelerinde ise CO, CO₂ ölçümleri yapılmadığından PMF modeli 18 değişken üzerinden yapılmıştır. Bu kadar çok sayıda değişken ile modeli çalıştırmak hata paylarının da oldukça düşük olması gibi avantajlar sağlamaktadır. Ancak çok sayıda değişken ile çalışmak ancak yeterli sayıda örnek ile daha anlamlı hale gelmektedir. Bu nedenle modelde yaz ve kış mevsimlerinde elde edilen veri setleri birleştirilerek tüm veri seti değerlendirilmiştir. Aynı düşünce ile çalışma kapsamında incelenen 3 okul için elde edilen veri setine PMF modelini uygulamak yüksek belirsizliklere neden olacağından her ikisi de çalışma ortamı kapsamında ele alınan “Ofis ve Okul” veri setleri birleştirilerek incelenmiştir. Ev iç ortamlarına ait veri seti ise ayrı olarak incelenmiştir. Dış ortam ve kişisel maruziyet veri setleri de ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Bölüm 2’de belirtildiği üzere diğer reseptöre yönelik modellere nazaran PMF’in ölçülemediği ya da belirleme sınırı altında kalmış değerleri de uygun belirsizlikler atayarak modellemeye dahil etmesi gibi bir avantajı bulunmaktadır. Dolayısı ile bu belirsizlikleri saptamak PMF analizlerinde en önemli parametre olmaktadır. Bu çalışmada Bölüm 2’de anlatılan, Paatero (2002) tarafından geliştirilen yöntem kullanılarak belirsizlikler hesaplanmıştır. Polissar ve arkadaşları (2001) tarafından uygulanan yaklaşım ile kayıp değerler ve belirleme limitinin altında kalan değerlerin belirsizlikleri hesaplanmıştır. Bu nedenle veri seti hazırlanırken, belirleme sınırının altındaki değerler, o parametrenin belirleme sınırının yarısı ile değiştirilmiştir. Ölçülemeyen değerlerin yerine ise o parametrenin geometrik ortalama değeri yazılmıştır. Herhangi bir sebepten dolayı ölçülemediği olan veri noktaları için yüksek

belirsizlik değerleri atanmaktadır. Bu çalışmada ölçülememiş verilerin belirsizlik değerleri parametrelerin geometrik ortalamasının dört katı olarak alınmıştır. Belirleme sınırının altında kalan değerlerin belirsizlikleri belirleme sınırının altında beşi olarak hesaplamaya dahil edilmiştir. Belirleme sınırının üstündeki veri noktalarının belirsizlikleri hesaplanırken ölçülen değerin yüzde beşi ile belirleme sınırı toplanmıştır.

PMF analizi için Paatero (2002) tarafından geliştirilen PMF versiyon 4.2 yazılımı kullanılmıştır. Modellemeler sırasında aykırı eşik mesafe değeri, α , olarak modelin standart değeri olan 4.0 alınmıştır. Teorik Q ile model sonucu elde edilen Q arasında en iyi yaklaşımı sağlayan C3 değerinin belirlenmesi için 0.01, 0.05 ve 0.10 değerleriyle denemeler yapılmış ve en iyi sonuç C3'n 0.10 değerinde elde edilmiştir. Her bir veri seti modellenirken 10 kadar seed denenmiş ve minimum Q değeri elde edilmeye çalışılmıştır. Minimum Q değeri elde edilen seed değeri sabitleştirildikten sonra çeşitli F-PEAK değerleri denenmiş ve her bir model çalışması sonrasında faktörlerin G-skor değerleri arasındaki korelasyona ve Q değerinin ne kadar arttığına bakılmıştır. Modellemeler sonucunda standartlaştırılmış hata dağılımı 2.0 ile -2.0 arasında bulunmayan parametrelerin belirsizlikleri 2 katına kadar arttırılmıştır. Eğer hala uygun bir dağılım elde edilemiyorsa o bileşik modelden çıkarılmıştır.

4.10.1. Dış ortam kirletici kaynaklarının belirlenmesi

Dış ortam veri setine uygulanan PMF modeli 2 farklı partikül fraksiyonu (PM10 ve PM2.5) için uygulandığında birbirine benzer kaynak profilleri elde edilmiştir. Bu nedenle dış ortam için elde edilen kaynak profilleri her iki partikül fraksiyonu (PM10 ve PM2.5) için birlikte açıklanmıştır.

PM10 veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” Şekil 4.31’de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi dış ortam (PM10) kirlilik düzeylerine 8 kaynak etki etmektedir. Burada her bir kaynak kirliliğe neden olan her bir kaynak profiline işaret etmektedir. Elde edilen kaynak profillerinin katkı oranları yüzdesel olarak Şekil 4.32’de verilmektedir.

Ayrıca modelin başarısını ortaya koyabilmek amacıyla modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki korelasyon Şekil 4.33’de verilmektedir. Şekil 4.33’den görüleceği gibi model sonucunda elde edilen yüksek korelasyon ($R^2=0.9774$) modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir.

PM2.5 veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” ise Şekil 4.34’de verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi dış ortam (PM2.5) kirlilik düzeylerine 8 kaynak etki etmektedir. Elde edilen kaynak profillerinin katkı oranları yüzdesel olarak Şekil 4.35’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki yüksek korelasyon ($R^2=0.9441$) PMF modelinin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir (Şekil 4.36).

Dış ortam için PM10 partikül fraksiyonunda elde edilen 8 kaynak profilinin, dış ortam PM2.5 partikül fraksiyonu için elde edilen 8 kaynak profili içerisinde yer alması nedeniyle dış ortama ilişkin PMF modeli sonuçları ayrı ayrı açıklanmak yerine PM2.5 partikül fraksiyonunda elde edilen 8 kaynak profili ile açıklanmış, olası farklılıklar aynı faktör altında açıklanmaya çalışılmıştır. Kaynak profillerini belirlemek amacıyla USEPA’nın SPECIATE versiyon 4.0 (USEPA, 2006) veri tabanı ve literatürden faydalanılmıştır. EPA’nın sözü geçen veri tabanı 1215’i Gaz Profili ve 2865’i Partikül Madde Profili olmak üzere toplam 4080 kaynak profili içeren çok kapsamlı bir veri setidir.

Faktör 1: Toprak

Dış ortamlarda kirlilik kaynakları PM2.5 veri seti ile birlikte ele alındığında Şekil 4.34’de görüldüğü gibi Faktör 1’de Al, Si, K, Ca, Ti, V, Cr gibi toprak elementleri yüksek Kütle Profiline sahiptir. Bu faktörde bulunan bütün elementler (V dışında) toprak elementleridir (Salomons and Förstner, 1984; Huang ve diğ., 1994). Bu faktörde V’unda bulunması fosil yakıt yanması gibi bazı antropojenik kaynaklarında bu faktöre etki ettiğini göstermektedir. Toprak elementlerinin kaba partiküller üzerinde tutunma eğilimi nedeniyle değerlendirmeyi PM10 veri seti için

yaptığımızda Faktör 4’de yer kabuğunda fazla miktarda bulunan Fe elementini de görebilmekteyiz (Şekil 4.31). Özellikle Al, Si, K, Ca, Ti, Fe elementlerinin bu faktör altında yüksek kütle profillerinde bulunması USEPA SPECIATE veri tabanındaki “Yer Kabuğu” için verilen kaynak profilleri ile çok uyumlu bulunmuştur (USEPA, 2006). Faktör 1’nin PM2.5 veri setinde toplam kirlilikteki payı %13 (Şekil 4.35) iken PM10 veri setinde %16 (Şekil 4.32) olması bu faktör altında gözlenen yer kabuğu elementlerinin daha çok kaba partikül boyutunda bulunma eğiliminden kaynaklanmaktadır.

Faktör 2: Fosil Yakıt Yanması

Dış ortam kirlilik kaynakları PM2.5 veri seti ile birlikte ele alındığında Şekil 4.34’de görüldüğü gibi Faktör 2; Al, Ti, V, Cr, Cu, As ve SO₂ için yüksek kütle profillerine sahiptir. USEPA SPECIATE veri tabanında verilen çok sayıda kaynak profili incelendiğinde bu faktör altında çıkan Al, Ti, V, Cr, Cu, As ve SO₂ bileşenlerinin yanma olayına ilişkin kirleticiler olduğu görülmüştür (USEPA, 2006). Özellikle Arsenik ve Vanadyum elementleri sırasıyla kömür ve Fuel-Oil yanması sonucu açığa çıkan elementlerdir. Bu 2 elementin yanı sıra Cr ve Cu elementleri ve inorganik gaz kirletici olan SO₂’nin de aynı faktör altında bulunması bu faktörü “Fosil Yakıt Yanması” kaynağı olarak ön plana çıkarmaktadır. Evsel ısınmanın yanısıra endüstride ve taşıt araçlarında kullanılan fosil yakıtlar düşünüldüğünde bölgede “Yanma” kaynaklı önemli bir kirliliğin söz konusu olduğunu göstermektedir. Yanma kaynaklı kirliliğin toplam kirlilikteki payının %7 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.35).

PM10 veri seti kullanılarak uygulanan PMF sonuçlarına (Şekil 4.31) bakıldığında Faktör 6’nın benzer özelliklere sahip kirleticilerden oluştuğu görülmektedir. PM10 veri setinde yüksek kükürt içeren fosil yakıtların yakılması nedeniyle S elementi yüksek kütle profiline sahiptir. Şekil 4.31’de gösterilen PM 10 veri setinde Faktör 6 fosil yakıt yanmasını gösterirken Faktör 7 yüksek SO₂ profili içeren bir başka yanma kaynağına işaret etmektedir. Bu nedenle PM10 veri setinde yanma kaynaklı kirliliğin iki farklı faktör altında toplandığı söylenebilir. Şekil 4.32’ye bakıldığında Yanma kaynaklı kirliliğin toplam kirlilikteki payının %13, SO₂ kaynaklı kirliliğin toplam kirlilikteki payının ise %6 olduğu görülmektedir.

Kocaeli’de ısınma amaçlı doğal gaz kullanımına başlanmasına rağmen hala birçok konutta kömür ve fuel oil kullanılmaktadır. Çalışma bölgesinde evsel ısınma amaçlı kullanılan yakıt türleri %62 kömür, %18 doğal gaz, %17 odun, %3 fuel oil (Çetin ve diğ., 2007) şeklindedir. Fosil yakıt yanması işaretçileri olan V, Cr ve As elementlerinin konsantrasyonlarının yaz örneklemesine oranla kış mevsiminde yaklaşık 2 kat fazla olması ısınma amaçlı kömür ve fuel oil yanmasına işaret etmektedir. Evsel ısınmanın yanısıra endüstride ve taşıt araçlarında kullanılan fosil yakıtlar da düşünüldüğünde bölgede “Yanma” kaynaklı önemli bir kirliliğin söz konusu olduğu söylenebilir.

Faktör 3: Dizel Araç Emisyonu

Şekil 4.34 incelendiğinde Faktör 3’de Si, S, K, Ti, Cr, As, CO, CO₂’nin ön planda olduğu görülmektedir. Dizel araçların en önemli iz bileşiklerinden olan S, CO ve CO₂’nin aynı faktör altında yer alması faktörün tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır. Diğer bileşenlerin yanında Kükürt özellikle dizel araçlardan kaynaklanmaktadır (USEPA, 2006; Begum ve diğ., 2004). Bu nedenle Faktör 3 “Dizel Araç Emisyonları” olarak tanımlanmıştır. PM₁₀ veri seti sonuçlarına (Şekil 4.31) bakıldığında Faktör 1’in benzer özelliklere sahip kirleticilerden oluştuğu görülmektedir. Şekil 4.35’e ve Şekil 4.32’ye bakıldığında dizel araçlardan kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının hem PM 2.5 hem de PM₁₀ partikül fraksiyonu için %10 olduğu görülmektedir.

Faktör 4: Katı Atık Yakma Tesisi + Trafik

Bu faktör (Şekil 4.34) incelendiğinde Al, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Pb, NO₂ ve CO₂ gibi kirleticilerin ön planda olduğu görülmektedir. Bu kirleticilerin aynı faktör altında toplanması USEPA SPECIATE veri tabanındaki kaynak profilleri ile de uyumlu olarak, bölgede kurulu olan katı atık yakma tesisi ve trafik emisyonlarının varlığına işaret etmektedir (USEPA, 2006). Bölgede bulunan katı atık yakma tesisinin yaklaşık 4 km güneybatısında yer alan örnekleme noktalarında (Ev-12, Ev-13, Ev-14) toplanan partikül madde örneklerinin ağırlıklı olarak V, Cr, Ni, Cu, Zn, As ve Pb elementlerini içerdikleri daha önceki bölümlerde yapılan

değerlendirmelerde söz edilmiştir. Tehlikeli ve klinik atıkların yakıldığı bu tesiste Bakoğlu ve arkadaşları (2003) tarafından yapılan çalışmada bu tesisin alt kül, uçucu kül, filtre keki ve baca gazındaki Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb ve Sn konsantrasyonları incelenmiş ve daha çok ince partiküllere tutunan bu kirleticilerin mevcut atık gaz kontrol sistemleri ile tam olarak tutunamadığı tespit edilmiştir. “Katı Atık Yakma Tesisi” ve “Trafik” kaynaklarının aynı faktör altında düşünülmesi yanma kaynaklı Ni ve V ile trafik kaynaklı Cu, Pb, NO₂ ve CO₂'in aynı faktörde bulunmasıdır (Mazzei ve diğ., 2008; Yuan ve diğ., 2006; Wang ve diğ., 2006). PM 10 veri seti için benzer bir faktör belirlenememesi katı atık yakma tesisi emisyonlarının daha küçük partikül fraksiyonlarında tutunduğunu göstermektedir. Özellikle ince partiküllerde toplanma eğilimi gösteren V, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb gibi elementlerin katı atık yakma tesisleri ve trafik gibi antropojenik kaynaklardan ortam havasına yayıldığı düşünülmektedir (Wang ve diğ., 2006; Song ve diğ., 2004; Gao ve diğ., 2002). Şekil 4.35'e bakıldığında katı atık yakma tesisi ve trafik emisyonlarından kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %17 gibi büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir.

Faktör 5: Endüstri

Şekil 4.34 incelendiğinde Faktör 5'de S, V, Cr, Mn, Cu, Zn, As ve Pb elementlerinin yüksek kütle profili sergiledikleri görülmektedir. Şekil 4.31'de ise bu elementlere ilave olarak PM10 partikül boyutunda Faktör 2 altında Fe, NO₂ ve CO'in bir arada bulunduğu görülmektedir. Bu elementler antropojenik kaynaklara işaret etmektedir. Kocaeli, Türkiye'nin en gelişmiş endüstriyel bölgelerinden biridir. Kocaeli'nin hava kalitesi büyük ölçüde, bölgede bulunan çok sayıda endüstriyel tesisin emisyonları ile belirlenmektedir.

Bu faktörle tanımlanan antropojenik orijinli kaynak türüne karar verebilmek amacıyla her bir örnekte belirlenen elementlerin toplam kütle içindeki yüzdeleri ve bu örneklere karşılık gelen rüzgar sektörleri birlikte değerlendirilerek Faktör 5 için etkili olan kirletici kaynaklar hakkında bilgi sahibi olunmaya çalışılmıştır. Özellikle bu faktörde yüksek yüklerle çıkan Zn ve Pb elementlerinin Batı-kuzeybatı sektörünün hakim olduğu günlerde toplanan örneklerde yüksek miktarlarda olduğu belirlenmiştir. Batı-kuzeybatı yönündeki en önemli kaynak alanı olarak başlıca Boya,

Demir-Çelik ve Çimento fabrikalarının yer aldığı endüstri bölgesinin bu faktörde etkili olduğu görülmektedir. Faktör 5 altında yüksek faktör yüklerine sahip olan Cr, Mn, Fe, Zn, As ve Pb elementleri literatürde Boya (Owen ve Sandhu, 2000; Lin ve diğ., 2002; Santos ve diğ., 2005; Zhou ve diğ., 2007), Demir-Çelik ve Çimento endüstrilerinin (Jervis ve diğ., 1993; Nkono ve diğ., 1999; Kumar ve diğ., 2001; Lin ve diğ., 2002; Gallego ve diğ., 2002; Loska ve diğ., 2004; Yatkın and Bayram, 2008) iz bileşikleri olarak verilmektedir. Bu nedenle; Türkiye'nin neredeyse tüm boya ihtiyacını karşılayan Dilovası bölgesinde kurulu boya fabrikalarının, yüksek As içeren kömür yakmaları ve prosesten açığa çıkan Cr, Mn, Fe elementleri ile yine aynı bölgede kurulu Demir-Çelik Endüstrilerinin ve proseste yüksek As içeren kömür yakmalarının yanısıra partikül maddede Cr, Mn, Fe ve Pb elementlerinin yüksek miktarda açığa çıktığı Çimento Fabrikasının kirlilikte etkili rol oynadığını söyleyebiliriz. Bu faktörün açıklanmasında, kimyasal ölçümlerin tek başına yeterli olmadığı durumlarda kirlilik düzeylerinin meteorolojik parametrelerle ilişkilendirilmesi faydalı olmuştur. Bütün bu değerlendirmelerin ardından Faktör 5 "Endüstri" olarak adlandırılmıştır. Her iki partikül boyutunda da Dilovası ve Gebze kaynak bölgelerinin toplam kirlilikteki payının %12 olduğu Şekil 4.32 ve Şekil 4.35'den görülmektedir.

Faktör 6: Benzinli Araç Emisyonu

Şekil 4.34 incelendiğinde Faktör 6'da Al, V, Cr, Ni, Cu, As, NO₂, SO₂, CO ve CO₂'in ön planda olduğu görülmektedir. Krom, Ni, Cu, NO₂, SO₂, CO, CO₂ USEPA SPECIATE veri tabanındaki kaynak profillerinde ve literatürde bulunan çeşitli çalışmalarda genellikle benzinli araç emisyonları ile ilişkilendirilmektedir (USEPA, 2006, Weckwerth, 2001; Han ve Naeher, 2006; Dongarra ve diğ., 2007). Son yıllarda trafik yoğunluğunun her geçen gün artması hava kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kocaeli şehir merkezinde trafik yoğunluğu yüksek olan birçok otoyol bulunmaktadır (2005 yılı verilerine göre 300,000 taşıt/gün; Cetin ve diğ. 2007). Açıklamalar ışığında Faktör 6 "Benzinli Araç Emisyonları" olarak adlandırılmıştır. Şekil 4.35'e bakıldığında PM 2.5 veri seti için benzinli araç emisyonlarından kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %13 olduğu görülmektedir. PM 10 veri seti için yapılan değerlendirmede ise Faktör 5'in (Şekil 4.31.) benzinli araç

emisyondarından kaynaklanan kirliliği gösterdiği ve toplam kirlilikteki payının %14 olduğu Şekil 4.32.'de görölmektedir.

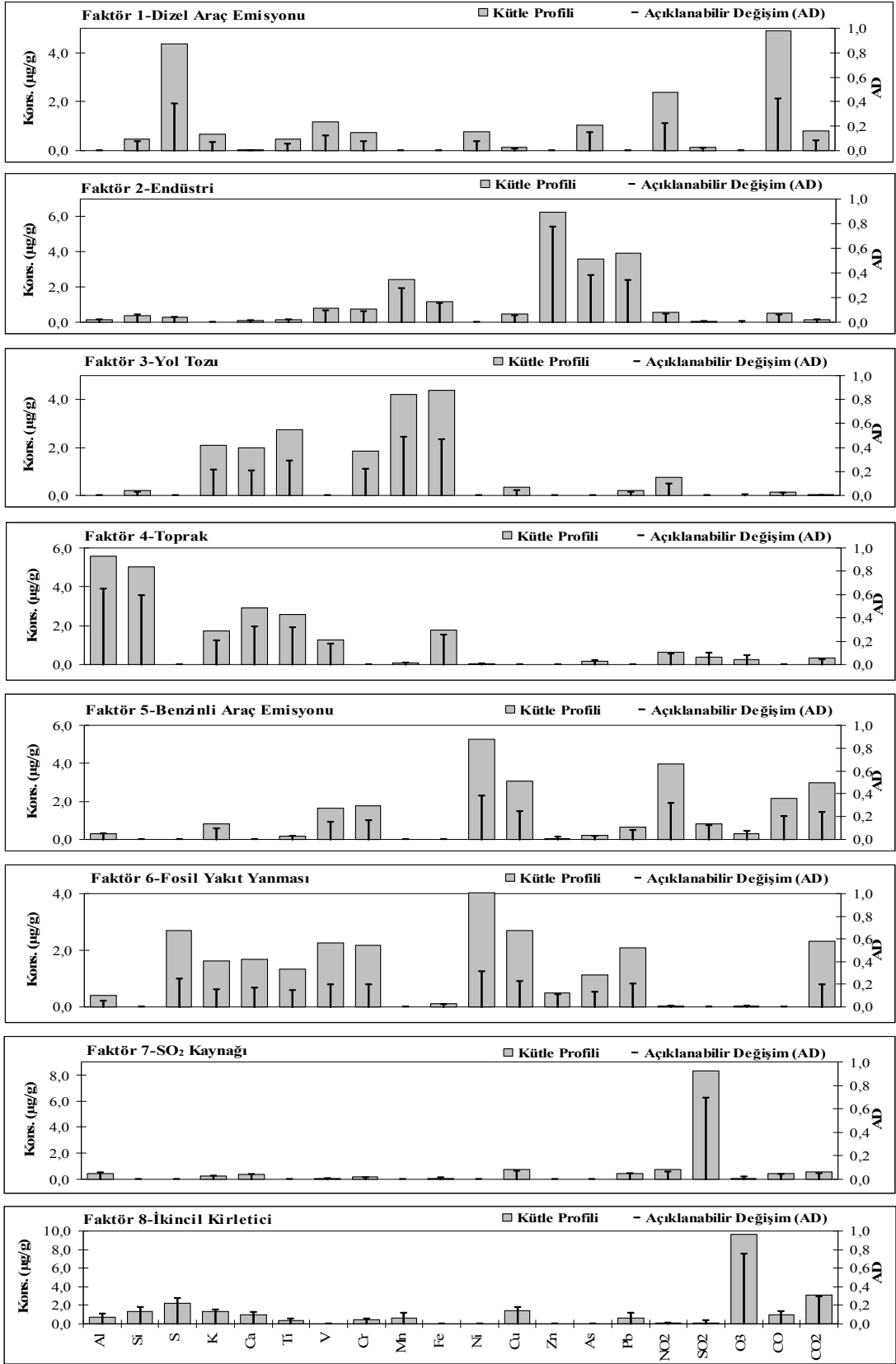
Faktör 7: Yol Tozu

Şekil 4.34 incelendiğinde Faktör 7'de Si, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, NO₂ ve CO'in ön planda olduğu görölmektedir. Bu faktörde toprak kaynaklı elementler (Si, K, Ca, Ti, Fe, gibi) ile araç emisyonları ile ilişkilendirilen elementler ve inorganik gazlar (Cr, Ni, NO₂ ve CO gibi) görölmektedir (Viana ve diğ., 2008; Begum ve diğ., 2004; Kummer ve diğ., 2009; Yue ve rak., 2008; Kim ve diğ., 2003). Ayrıca, USEPA SPECIATE veri tabanında yapılan incelemede de yol tozuna ilişkin olarak verilen kaynak profillerinde toprak elementleri ile bazı antropojenik elementler bir arada bulunmaktadır (USEPA, 2006). Bu nedenle, Faktör 7 "Yol Tozu" olarak tanımlanmıştır. Taşıt emisyonları yol kenarlarında ve taşıdıkları diğer noktalarda toprak üzerine tutunabilir. Bu kirlenmiş toprak, taşıtların veya rüzgar gibi meteorolojik faktörlerin etkisiyle havaya karışabilir. Birçok kaynaktan kirlenmiş toprak faktörü "Yol Tozu" olarak tanımlanmaktadır (Laupsa ve diğ., 2008; Ke ve diğ., 2008; Song ve diğ., 2007). PM₁₀ veri seti sonuçlarına (Şekil 4.31) bakıldığında Faktör 3'ün benzer özelliklere sahip kirleticilerden oluştuğu görölmektedir. PM₁₀ partikül fraksiyonunda PM_{2.5} partikül fraksiyonundan farklı olarak taşıt emisyonları sonucu ortaya çıkabilen Cu ve Pb gibi elementlerde bulunmaktadır (Mazzei ve diğ., 2008). Şekil 4.35'e ve Şekil 4.32 incelendiğinde yol tozundan kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının hem PM_{2.5} hem de PM₁₀ partikül fraksiyonu için %12 olduğu görölmektedir.

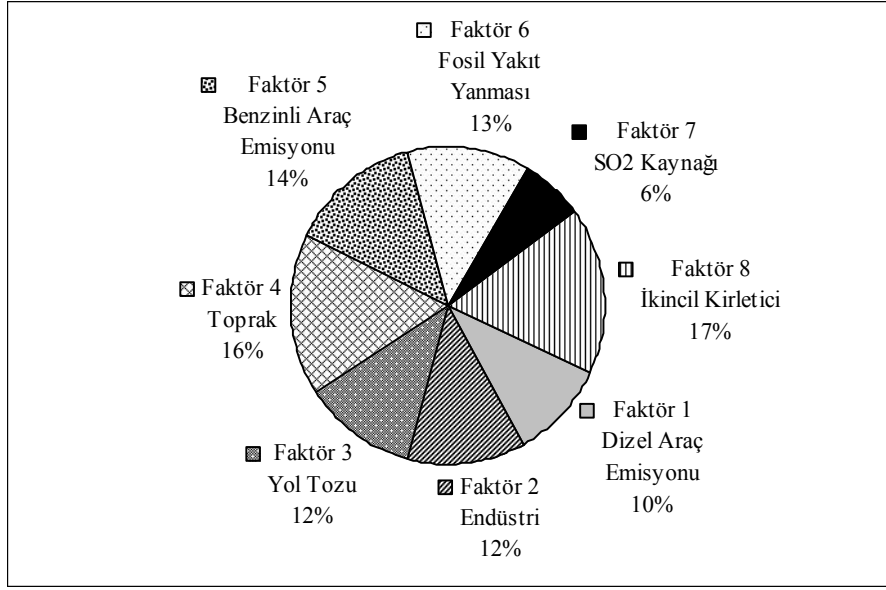
Faktör 8: İkincil Kirleticiler

Şekil 4.34 bakıldığında, Faktör 8'de ikincil bir kirleticiler olan Ozon yüksek kütle profiline sahiptir. Bölge 300'ü büyük olmak üzere 1000'in üzerinde endüstri kuruluşunu bünyesinde bulundurması nedeniyle büyük bir kirlilik tehdidi altındadır. Bu sanayi kuruluşları arasında özellikle Türkiye'nin en büyük üç Lastik endüstrisi birbirlerine çok yakın konumda bulunmaktadır. Yine Türkiye'nin tek Tehlikeli ve Klinik Atıkları Yakma ve Depolama Tesisi'de aynı bölgede bulunmaktadır. USEPA'nın veri tabanından (USEPA, 2006) elde edilen bilgiler ışığında sözü geçen

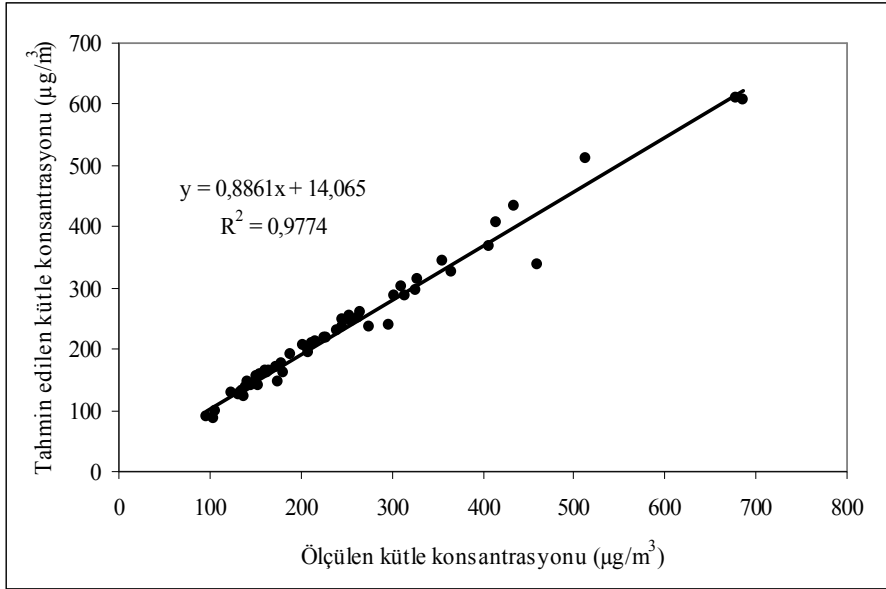
tesisler öncelikli olmak üzere çok sayıda tesisin farklı bölümlerinden oluşan proses kayıpları nedeniyle yüksek molekül ağırlıklı UOB'ler (Uçucu Organik Bileşikler) açığa çıkmaktadır. Atmosferde çeşitli mekanizmalar sonucunda bu UOB'ler daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi ortamdaki NO'leri tüketerek Ozon oluşumuna sebep olmaktadır (Bell ve Treshow, 2003). Dolayısıyla Faktör 8'de yüksek miktarda Ozon görülmesi nedeniyle bu faktör "İkincil kirletici" olarak tanımlanmıştır. Şekil 4.35'e bakıldığında ikincil kirleticiden kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %16 olduğu görülmektedir. Aynı faktör PM10 veri setinde (Şekil 4.31) yine Faktör 8 altında görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %17 olarak bulunmuştur.



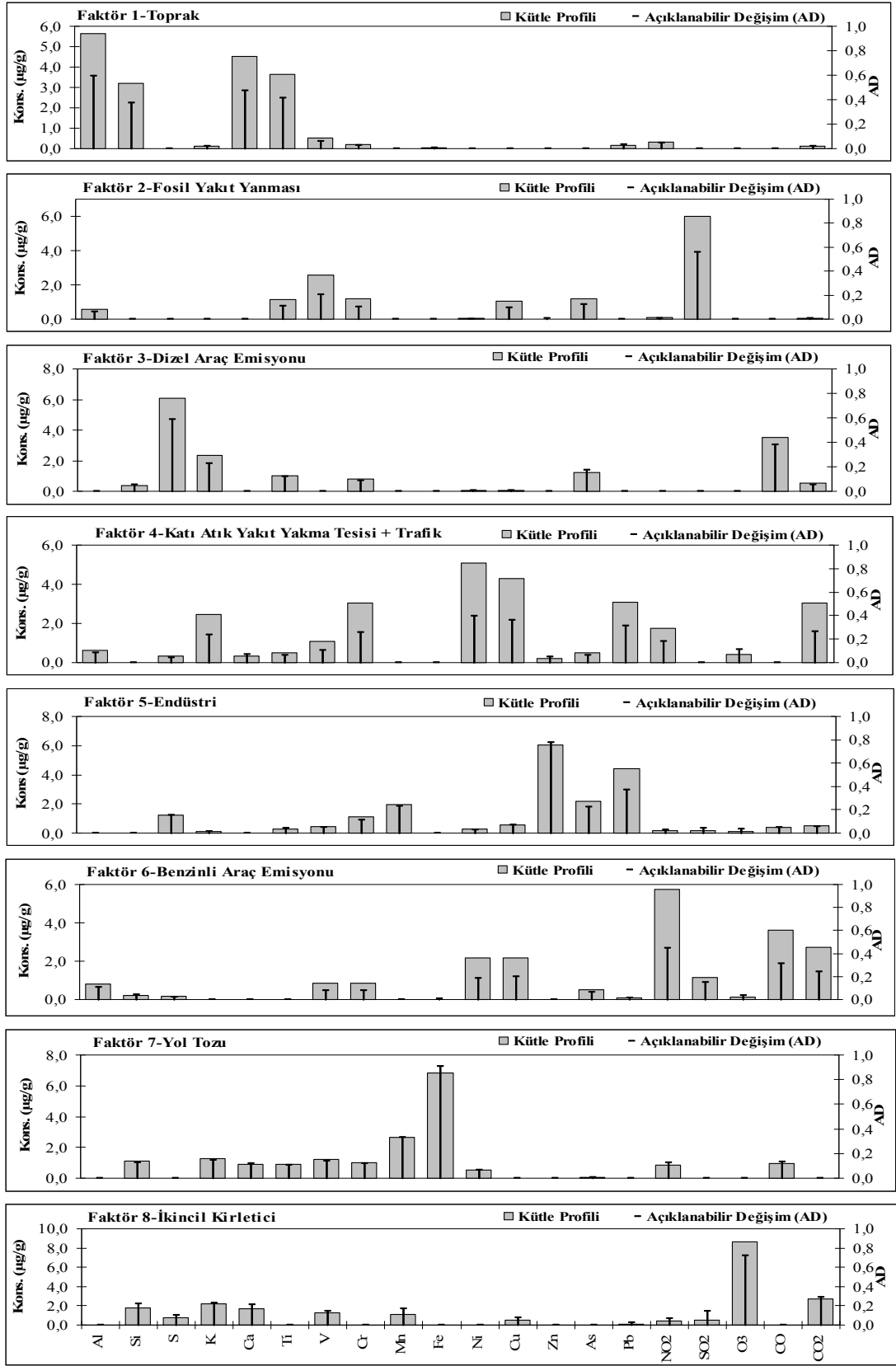
Şekil 4.31: Dış Ortam PMF Sonuçları - (PM10 Partikül Fraksiyonu)



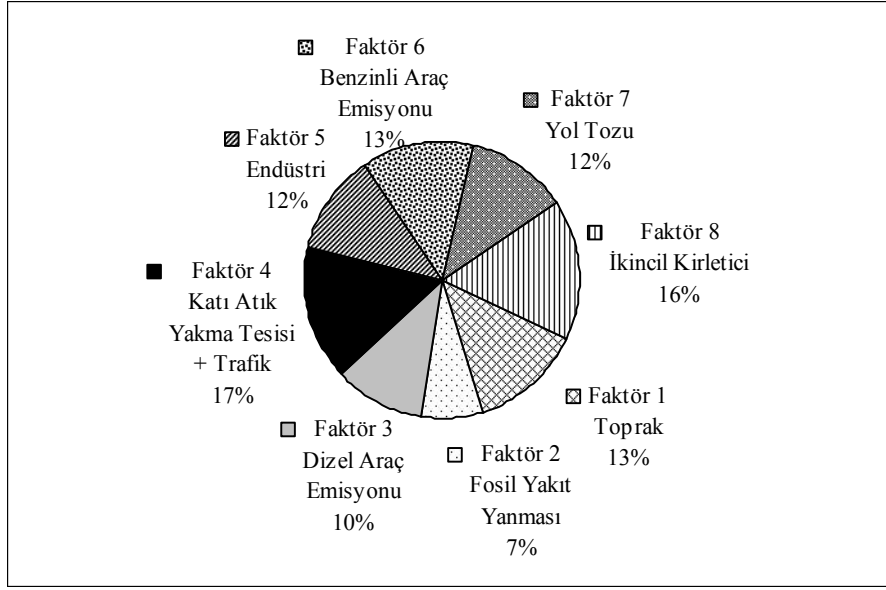
Şekil 4.32: Dış Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



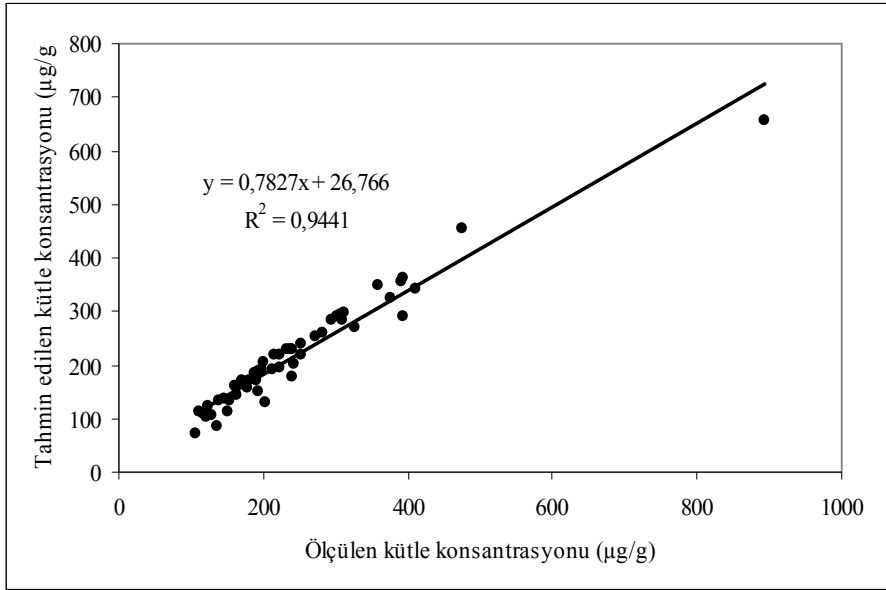
Şekil 4.33: Dış Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 4.34: Dış Ortam PMF Sonuçları - (PM_{2.5} Partikül Fraksiyonu)



Şekil 4.35: Dış Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 4.36: Dış Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)

4.10.2. İç ortam kirletici kaynaklarının belirlenmesi

İç ortam kirletici kaynaklarının belirlenmesi amacıyla;

1-) Evler,

2-) Ofis ve Okullar için model ayrı ayrı uygulanmıştır.

Sonuçlar PM2.5 ve PM10 partikül fraksiyonlarında çalışılan 2 grup (1-Evler, 2-Okullar ve Ofisler) için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Dış ortam kirletici kaynakların belirlendiği bir önceki bölümde olduğu gibi iç ortamda da 2 farklı partikül boyutunda benzer kirletici profilleri elde edildiğinden iç ortam için elde edilen kaynak profilleri her iki partikül fraksiyonu için birlikte açıklanmıştır.

4.10.2.1. Evlerde iç ortam kirletici kaynaklarının belirlenmesi

Evlerin iç ortamları için PM10 veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” Şekil 4.37’de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi evlerin iç ortam (PM10) kirlilik düzeylerine 7 kaynak etki etmektedir. Elde edilen kaynak profillerinin yüzdesel olarak katkı oranları Şekil 4.38’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasında görülen yüksek korelasyon ($R^2=0.9736$) modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir (Şekil 4.39).

Evlerin iç ortamları için PM2.5 veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” Şekil 4.40’da görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi iç ortam (PM2.5) kirlilik düzeylerine 7 kaynak etki etmektedir. Elde edilen kaynak profillerinin yüzdesel olarak katkı oranları Şekil 4.41’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki yüksek korelasyon ($R^2=0.9495$) modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir (Şekil 4.42).

Evlerin iç ortamları için PM10 partikül fraksiyonunda elde edilen 7 kaynak profili ile PM2.5 partikül fraksiyonunda elde edilen 7 kaynak profilinin aynı olması nedeniyle

evlerin iç ortamlarına ilişkin PMF modeli sonuçları PM10 ve PM2.5 için ayrı ayrı açıklanmak yerine PM2.5 partikül fraksiyonunda elde edilen kaynak profilleri ile açıklanmaya çalışılmıştır. Kaynak profillerini belirlemek amacıyla USEPA'nın SPECIATE versiyon 4.0 (USEPA, 2006) veri tabanı ve literatürden faydalanılmıştır. EPA'nın sözü geçen veri tabanı 1215'i Gaz Profili ve 2865'i Partikül Madde Profili olmak üzere toplam 4080 kaynak profili içeren çok kapsamlı bir veri setidir.

Faktör 1: Yol Tozu

Şekil 4.40 incelendiğinde Faktör 1'de Al, Si, S, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Pb, NO₂ ve SO₂'nin ön planda olduğu görülmektedir. Bu faktör altında toplanan kirleticiler bu faktörün işaret ettiği kaynağın araç emisyonları ile kirlenmiş toprak faktörü olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle, Faktör 1 "Yol Tozu" olarak tanımlanmıştır. Bu faktörde gözlenen yüksek kütle profiline sahip "S" elementi dizel araç emisyonlarının ve trafik faktörünün önemli bir işaretçisidir (Begum ve diğ., 2004). PM10 veri seti sonuçlarına (Şekil 4.37) bakıldığında da Faktör 1'in benzer özelliklere sahip kirleticilerden oluştuğu görülmektedir. Şekil 4.41'e ve Şekil 4.38'e bakıldığında yol tozundan kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının PM2.5 partikül fraksiyonu için %17, PM 10 partikül fraksiyonu için %21 olduğu görülmektedir.

Faktör 2: Sigara

Bu faktör altında tespit edilen kirleticilerin büyük bir kısmının en büyük özelliği yanma kaynaklı kirleticiler olmalarıdır. Faktör 2'de Si, S, K, Ca, Ti, Ni, Cu, NO₂, SO₂, CO ve CO₂'in yüksek kütle profillerine sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.40). Daha önceki bölümlerde sigara kullanımı ile inorganik kirletici konsantrasyonları arasındaki ilişki incelendiğinde S, K, V, Cr, Ni, Cu, As, Pb, SO₂ ve NO₂ konsantrasyonlarının sigara kullanan kişilerde daha yüksek ortalama konsantrasyonlar elde edildiğini göstermiştir. Yapılan bir çalışmada, PM10 ve PM2.5 partikül fraksiyonundaki K, V, Cr, Mn, Ni, Zn, As, Br, Pb ve Cd elementlerinin sigara içilen ortamlarda %30-1800 arttığını göstermiştir (Slezakova ve diğ., 2009). Bu faktör altında bir arada gözlenen S, K, Ni, Cu, NO₂, SO₂ ve CO kirleticileri Faktör 2'nin "Sigara" olarak tanımlanmasına yardımcı olmuştur. PM 10 veri seti için

Şekil 4.37 incelendiğinde yine Faktör 2'nin benzer özelliklere sahip kirleticilerden oluştuğu görülmektedir. Ayrıca yukarıda sayılan kirleticilerin yanı sıra önemli sigara işaretçileri olan V, Cr, As, Pb elementleri de (Slezakova ve diğ., 2009) PM 10 partikül fraksiyonun da sigara faktörü altında toplanmıştır. Bu kirleticiler arasında her iki kütle fraksiyonunda da yüksek bir kütle profiline sahip olan K elementi sigaranın en önemli işaretçilerindendir (Na ve diğ., 2004). Çalışma kapsamında Faktör 2'nin toplam kirlilikteki payının %11 olduğu Şekil 4.41'den görülmektedir. Aynı faktörün evlere ilişkin PM10 veri setinde (Şekil 4.38) toplam kirlilikteki payı %18 olarak bulunmuştur.

Faktör 3: Fosil Yakıt Yanması

Şekil 4.40 incelendiğinde Faktör 3'de Si, S, Ca, Ti, V, As, NO₂, SO₂, CO gibi kirleticilerin yüksek kütle profilleri elde edilmiştir. PM10 veri seti için Faktör 5 incelendiğinde (Şekil 4.37) ise PM2.5 veri setinde gözlenen kirleticilere ilave olarak Cr, Ni, Cu, Pb, CO₂ kirleticileri de yüksek kütle profilleri ile dikkat çekmektedir. Her iki partikül fraksiyonunda gözlenen kirleticiler yanma kaynaklı kirleticilerden oluşmaktadır. Bu nedenle, bu faktör "Fosil Yakıt Yanması" kaynağı olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında, "Fosil Yakıt Yanması" nedeniyle açığa çıkan kirleticilerin evlerin iç ortamlarına taşınım yoluyla ulaştığını ve iç ortam kirliliğine önemli düzeylerde katkı sağladığını söyleyebiliriz. Şekil 4.41'de bakıldığında Yanma kaynaklı kirliliğin evlerin iç ortamlarında toplam kirlilikteki payının %13 olduğu görülmektedir. Şekil 4.38'e bakıldığında ise Yanma kaynaklı kirliliğin toplam kirlilikteki payının %15 olduğu görülmektedir.

Faktör 4: Endüstri

Şekil 4.40 incelendiğinde Faktör 4'de Al, Cr, Mn, Fe, Zn, As ve Pb elementlerinin yüksek kütle profili sergiledikleri görülmektedir. Bu kirleticilerin birlikte yer aldığı faktör dış ortam kirletici kaynaklarında Demir-Çelik, Boya ve Çimento Endüstrileri faktörü olarak tanımlanmıştır. PMF sonuçlarından elde edilen bulgular, kirlilik düzeylerinin meteorolojik parametrelerle ilişkilendirilmesi bölümünde kirletici kaynak bölgelerine ilişkin olarak yapılan değerlendirmelerle birleştirildiğinde Boya, Demir-Çelik ve Çimento fabrikalarının yer aldığı Dilovası ve Gebze bölgesinin bu

faktörde etkili olduğu görülmektedir. Bütün bu değerlendirmelerin ışığında Faktör 6'nın iç ortam kirletici düzeylerine etki eden diğer bir dış ortam kirletici kaynağı olup "Demir-Çelik, Boya ve Çimento Endüstrileri" olarak adlandırılmıştır. PM2.5 partikül boyutunda Dilovası ve Gebze kaynak bölgelerinin toplam kirlilikteki payının %12 (Şekil 4.41), PM10 partikül boyutunda ise %11 (Şekil 4.38) olduğu görülmektedir.

Faktör 5: Trafik

PM 2.5 (Şekil 4.40) partikül fraksiyonlarında Faktör 5'de V, Al, Cr, Ni, Cu, NO₂, SO₂, CO, CO₂ için kütle profilleri yüksek bulunmuştur. PM 10 (Şekil 4.40) partikül fraksiyonlarında Faktör 6'da ise Al, V, S, Cr, Mn, Ni, Cu, As, Pb, NO₂, SO₂, CO, CO₂ için kütle profilleri yüksek bulunmuştur. Bu faktörler altında yüksek kütle profillerine sahip bileşenler EPA SPECIATE veri tabanındaki "Motorlu Araç Emisyonları" için verilen kaynak profilleri ile uyumlu bulunmuştur (USEPA, 2006). Dış ortam PMF sonuçlarında benzinli ve dizel araç emisyonları şeklinde ayrılan faktörlerin kompozisyonları iç ortam için uygulanan PMF sonuçlarında tek bir faktör altında birleşmişlerdir. Bu faktör altında yüksek kütle profiline sahip S ve SO₂ dizel araç emisyonlarını tanımlarken; yüksek kütle profiline sahip NO₂ benzinli araç emisyonlarına işaret etmektedir. Taşıtlardan, fren ve lastik aşınmaları nedeniyle, egzoz emisyonları dışında farklı emisyonlarda yayılmaktadır. Bu emisyonlar da As, Cr, Ni ve Pb içermektedir. (Kummer ve diğ., 2009). Bakır elementinin trafik faktörü altında yüksek kütle profiline bulunması ise araçların yağ pompalarında bulunan sinterlenmiş malzemelerin aşınmasını düşündürmektedir (Dongarra ve diğ., 2007) Benzinli ve dizel araçların tümünü ifade etmesi nedeniyle Faktör 5 "Trafik" faktörü olarak adlandırılmıştır. Böylece Faktör 5, dış ortamdan iç ortama taşınan ve iç ortam kirlilik düzeylerine etki eden bir diğer kaynağı göstermektedir. Şekil 4.41 ve Şekil 4.38'e bakıldığında trafikten kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının PM2.5 ve PM10 partikül fraksiyonları için sırasıyla %14 ve %15 olduğu görülmektedir.

Faktör 6: İç Ortam Faaliyetleri

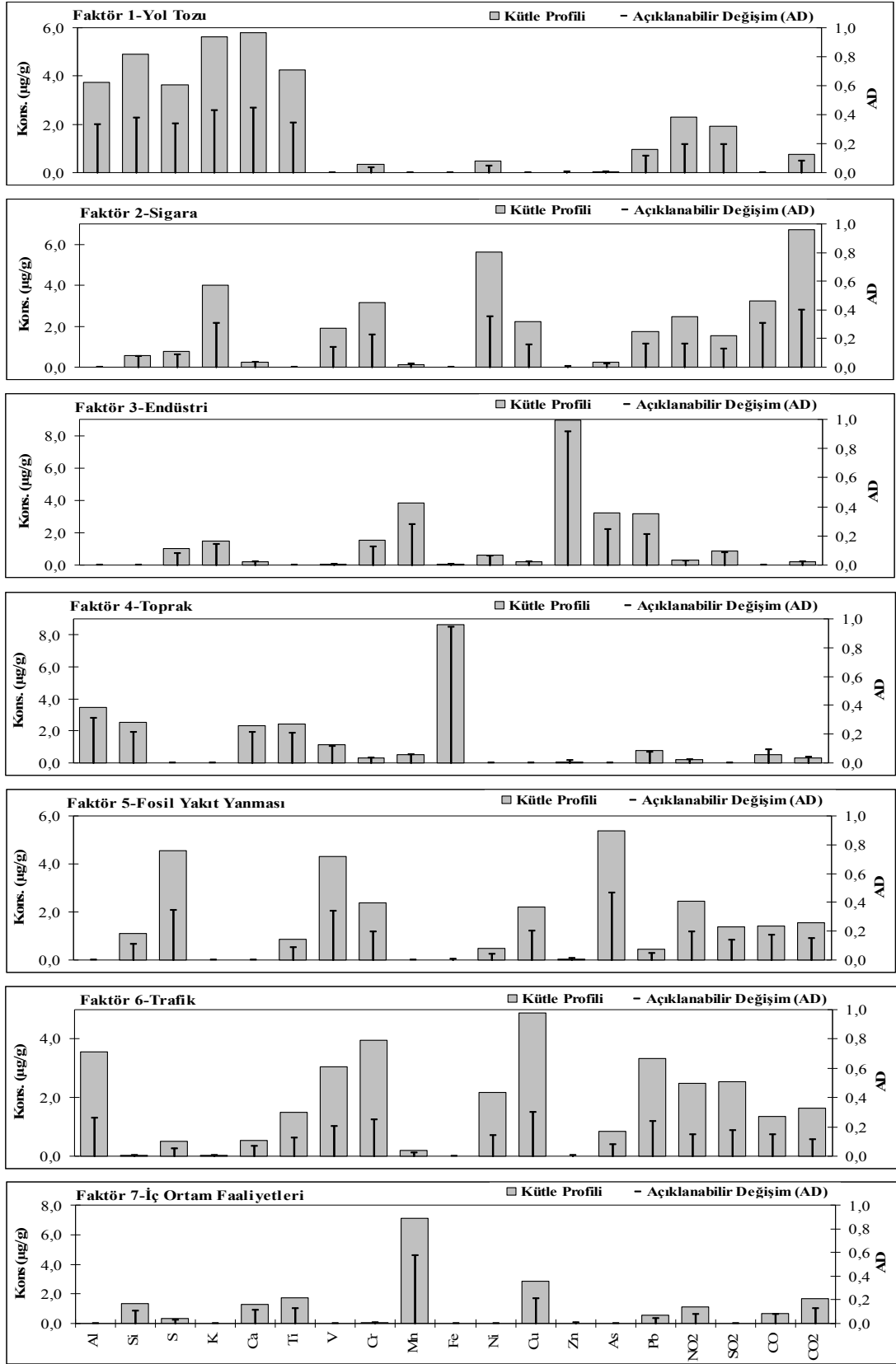
Şekil 4.40'dan görüldüğü gibi Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Ni, NO₂, SO₂, CO ve CO₂ bu faktör altında yüksek kütle profillerine sahip bulunmuştur. EPA SPECIATE veri tabanında iç ortama ilişkin verilen çok sayıda kaynak profili incelendiğinde bu faktör altında görülen kirleticiler iç ortam kaynaklarının neden olduğu kirliliğe işaret etmektedir (USEPA, 2006). PMF tekniği uygulaması sonucunda da bu bileşiklerin aynı faktörde yüksek kütle profillerine sahip olması ev iç ortamlarında kirliliğe neden olan bileşiklerin belirlenmesinde kolaylık sağlamıştır. Bu nedenle Faktör 6 “İç Ortam Kirletici Kaynakları” olarak adlandırılmıştır. Faktör 6'nın toplam kirlilikteki payının %11 olduğu Şekil 4.41'den görülmektedir. Aynı faktör evlere ilişkin PM10 veri setinde (Şekil 4.38) Faktör 7'de görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %8 olarak bulunmuştur.

Faktör 7: Mutfak

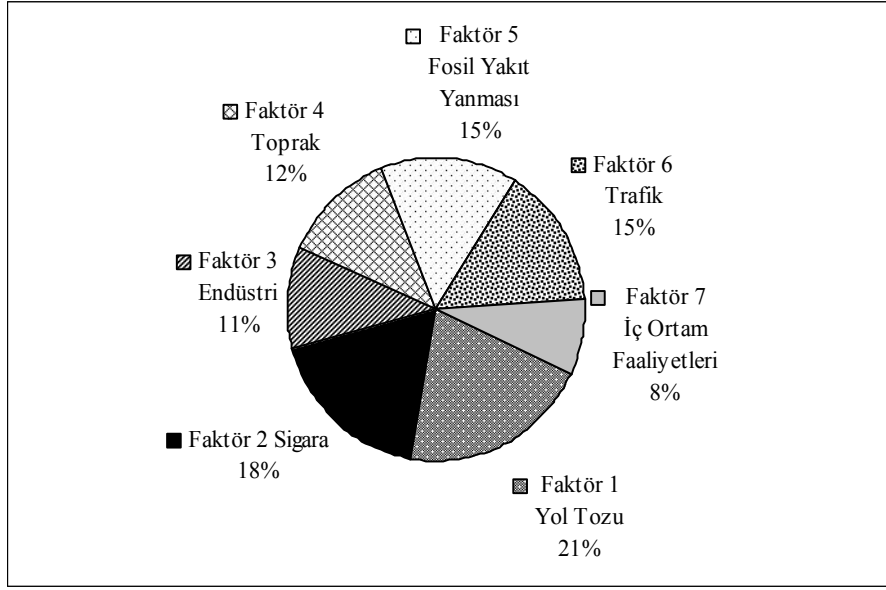
Şekil 4.34 incelendiğinde Faktör 7'de Si, S, Ti, Cr, Ni, Cu, As, Pb, NO₂, SO₂, CO ve CO₂'in ön planda olduğu görülmektedir. Örneklenen evlerin %80'inin mutfağında ocaklarda pişirme amacıyla doğalgaz %20'sinde LPG kullanılmaktadır. Bu faktörde yüksek yüklerle bulunan CO ve NO₂ doğalgaz ve LPG yanmasına, Cu ise pişirme faaliyetlerine işaret etmektedir. Birçok farklı ticari sıvı ve katı yağ ürünleri üzerine yapılan analizler, bu ürünlerin insan sağlığını ve ürünün kalitesini etkileyebilecek miktarlarda Ni ve Cu elementlerini içerdiğini göstermiştir. Bakırın pişirme faaliyetleri sırasında pişirme dumanında en fazla bulunan üç metal arasında yer aldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Cr, Fe, Ni gibi metaller paslanmaz çelik tava ve spatula gibi mutfak araçlarının yemek pişirme sırasında yüksek sıcaklıklara maruz kalmasıyla ortama yayılabilmektedir (See ve Balasubramanian, 2008). Bu nedenle Faktör 7 “Mutfak” faktörü olarak belirlenmiştir. PM10 veri seti sonuçlarına bakıldığında benzer özelliklere sahip kirleticilerden oluşan bir faktör görülmemektedir. Pişirme faaliyetleri ince partiküller (PM_{2.5}) için önemli bir iç ortam kaynağıdır. Buğulama, kaynatma, yağda pişirme gibi farklı pişirme yöntemlerinden kaynaklanan PM_{2.5} boyutundaki partiküllerin kimyasal özellikleri incelenmektedir (See ve Balasubramanian, 2008). Pişirme faaliyetleri sonucu ağırlıklı olarak ince partiküllerin meydana gelmesi, bu faktörün yalnızca PM_{2.5} veri seti için varlığını

açıklamaktadır. Şekil 4.41'e bakıldığında mutfaktan kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %22 olduğu görülmektedir.

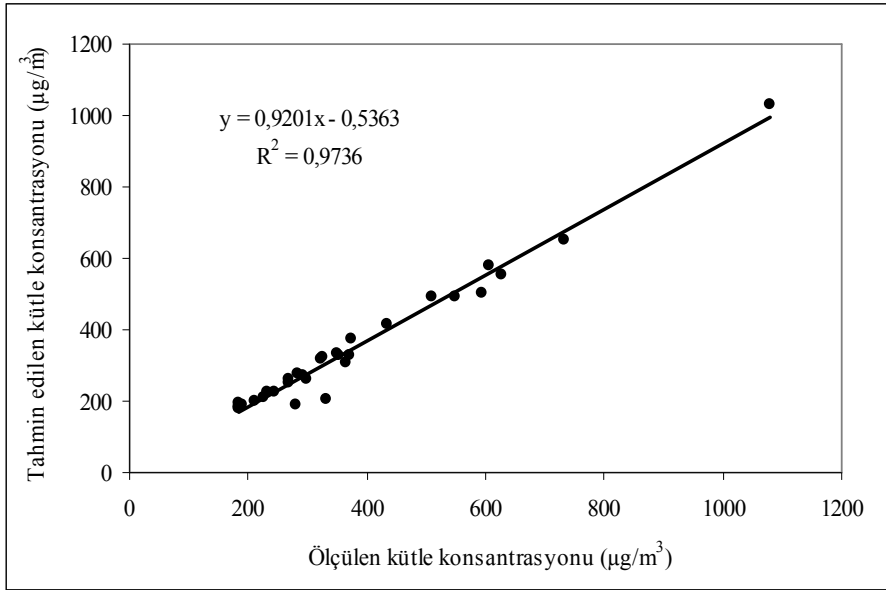
Pay grafiklerinden (Şekil 4.38 ve Şekil 4.41) elde edilen sonuçlar dikkate alındığında evlerin iç ortamlarında elde edilen kirliliğin yaklaşık %25-45'i iç ortam kaynaklı iken %55-75 gibi büyük dilimin ise dış ortam kirleticilerinden kaynaklandığı görülmektedir.



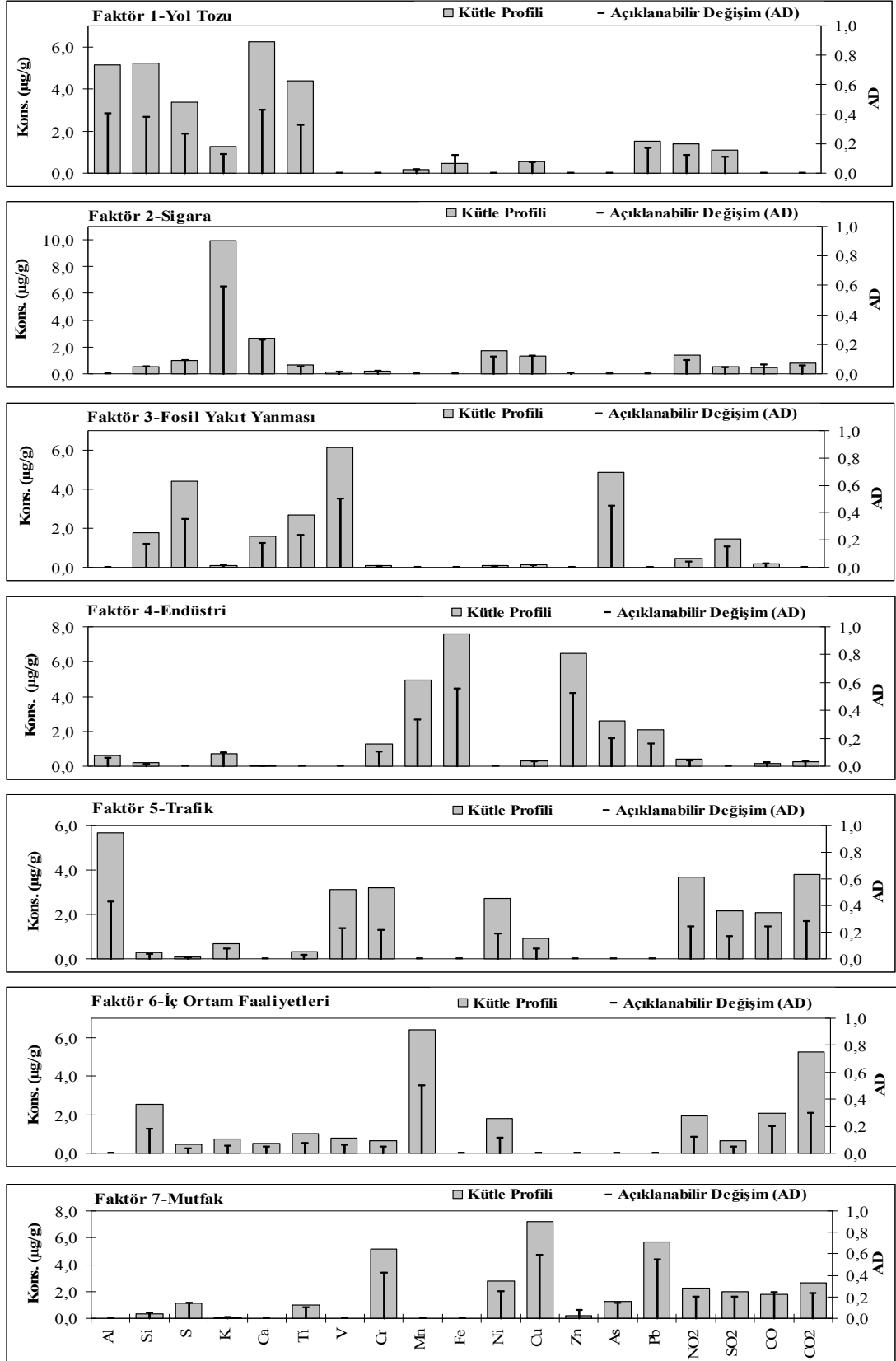
Şekil 4.37: Evler için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM10 Partikül Fraksiyonu)



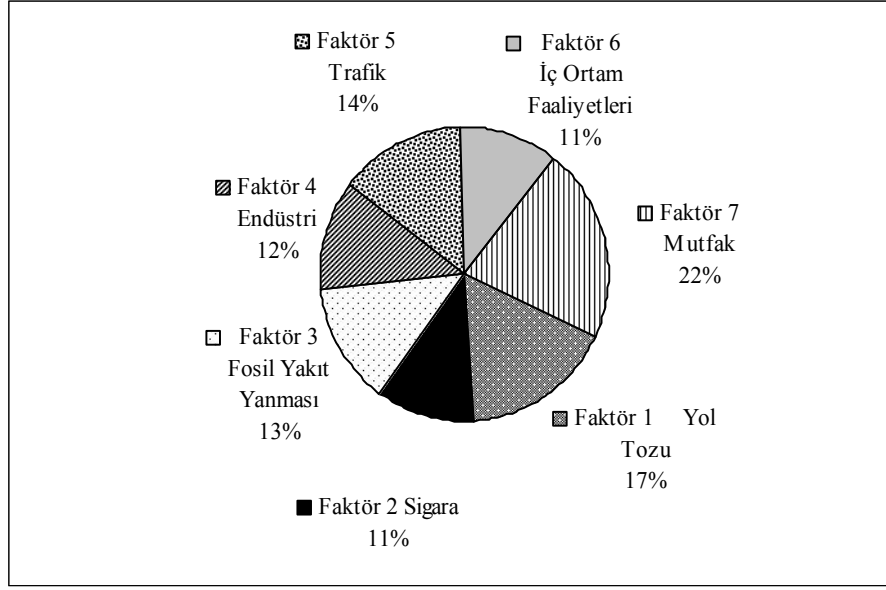
Şekil 4.38: Evler için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



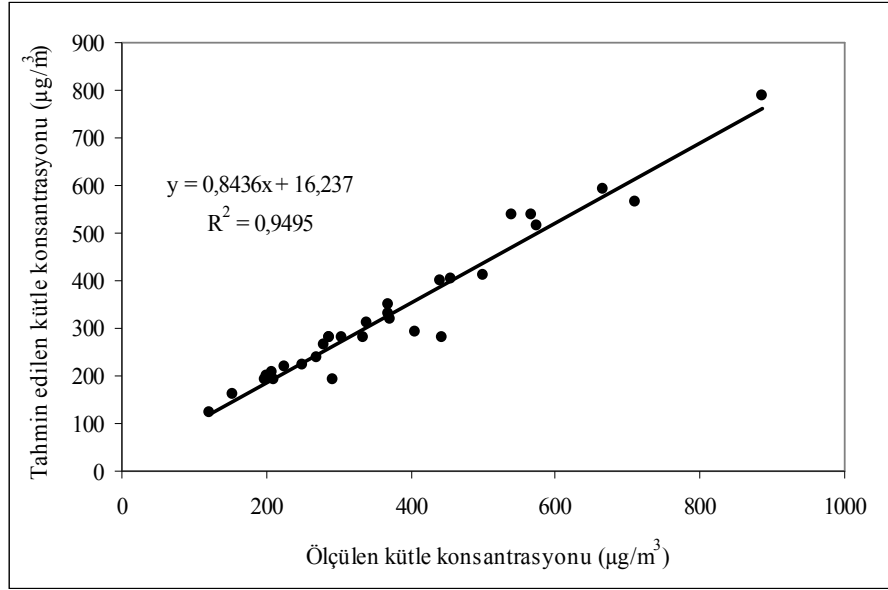
Şekil 4.39: Evlerde İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 4.40: Evler için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM_{2.5} Partikül Fraksiyonu)



Şekil 4.41: Evler için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 4.42: Evlerde İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)

4.10.2.2. Ofis ve okullarda iç ortam kirletici kaynaklarının belirlenmesi

Ofis ve okulların iç ortamları için PM10 veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” Şekil 4.43’de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi ofis ve okulların iç ortam (PM10) kirlilik düzeylerine 6 kaynak etki etmektedir. Elde edilen kaynak profillerinin yüzdesel olarak katkı oranları Şekil 4.44’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki korelasyonun yüksek ($R^2=0.9885$) olması modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir. Ofis ve okulların iç ortamları için PM2.5 veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” Şekil 4.46’da görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi iç ortam (PM2.5) kirlilik düzeylerine 6 kaynak etki etmektedir. Elde edilen kaynak profillerinin yüzdesel olarak katkı oranları Şekil 4.47’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki korelasyonun ($R^2=0.9755$) yüksek olması modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir.

Ofis ve okulların iç ortam PM10 partikül fraksiyonunda elde edilen 6 kaynak profili ile PM2.5 partikül fraksiyonunda elde edilen 6 kaynak profilinin aynı olması nedeniyle ofis ve okulların iç ortamlarına ilişkin PMF modeli sonuçları PM10 ve PM2.5 için ayrı ayrı açıklanmak yerine PM2.5 partikül fraksiyonunda elde edilen kaynak profilleri ile açıklanmaya çalışılmıştır. Kaynak profillerini belirlemek amacıyla USEPA’nın SPECIATE versiyon 4.0 (USEPA, 2006) veri tabanı ve literatürden faydalanılmıştır. EPA’nın sözü geçen veri tabanı 1215’i Gaz Profili ve 2865’i Partikül Madde Profili olmak üzere toplam 4080 kaynak profili içeren çok kapsamlı bir veri setidir.

Faktör 1: Toprak

Ofis ve okullarda iç ortam kirlilik kaynakları PM2.5 veri seti ile birlikte ele alındığında Şekil 4.46’da görüldüğü gibi Faktör 1’de Al, Si, K, Ca ve Ti gibi toprak elementleri yüksek kütle profillerine sahiptir. Bu elementler yer kabuğu elementleri

olup aynı faktör altında bulunmaları nedeniyle PM2.5 veri setinde Faktör 1 “Toprak” faktörü olarak tanımlanmıştır. Toprak kaynağının PM2.5 veri setinde toplam kirlilikteki payı %13 (Şekil 4.47) iken PM10 veri setinde %23 (Şekil 4.44) bulunmuştur.

Faktör 2: Yol Tozu

Şekil 4.46 incelendiğinde Faktör 2’de Al, Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Fe, As, Pb, NO₂, SO₂ ve CO’in ön planda olduğu görülmektedir. Bu faktör, daha önceki bölümlerde yapılan değerlendirmelerde “Yol Tozu” ile uyumluluk göstermektedir. Bu nedenle, Faktör 2 “Yol Tozu” faktörü olarak tanımlanmıştır. PM10 veri seti sonuçlarına (Şekil 4.43) bakıldığında da Faktör 1’in benzer özelliklere sahip kirleticilerden oluştuğu görülmektedir. Şekil 4.47’ye ve Şekil 4.44 incelendiğinde yol tozundan kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının PM2.5 ve PM10 partikül fraksiyonları için sırasıyla %17 ve % 16 olduğu görülmektedir.

Faktör 3: Fosil Yakıt Yanması

Şekil 4.46 ve Şekil 4.44 incelendiğinde her iki partikül fraksiyonu için de yapılan PMF çalışmasında Faktör 3’ün Al, Si, S, K, V, Cr, Mn, Ni, Cu, As, Pb, NO₂, SO₂, CO, CO₂ kirleticileri için yüksek kütle profillerine sahip olduğu görülmüştür. Her iki partikül fraksiyonunda da gözlenen bu kirleticiler yanma kaynaklı kirleticilerden oluşmaktadır. Özellikle Arsenik ve Vanadyum elementleri başta olmak üzere yanma kaynaklı elementlerin yüksek kütle profilleri ile aynı kaynak altında bulunması nedeniyle Faktör 3 “Fosil Yakıtların Yanması” kaynağı olarak isimlendirilmiştir. Bu bilgiler ışığında, önemli bir dış ortam kirlilik kaynağı olan “Fosil Yakıt Yanması” nedeniyle açığa çıkan kirleticilerin evlerin iç ortamlarında olduğu gibi ofis ve okulların iç ortamlarına da taşınım yoluyla ulaştığını ve iç ortam kirliliğine önemli düzeylerde katkı sağladığını söyleyebiliriz. Faktör 3’ün toplam kirlilikteki payının PM 2.5 partikül fraksiyonu için %16, PM10 partikül fraksiyonu için %18 olduğu Şekil 4.47 ve Şekil 4.44’ten görülmektedir.

Faktör 4: Trafik

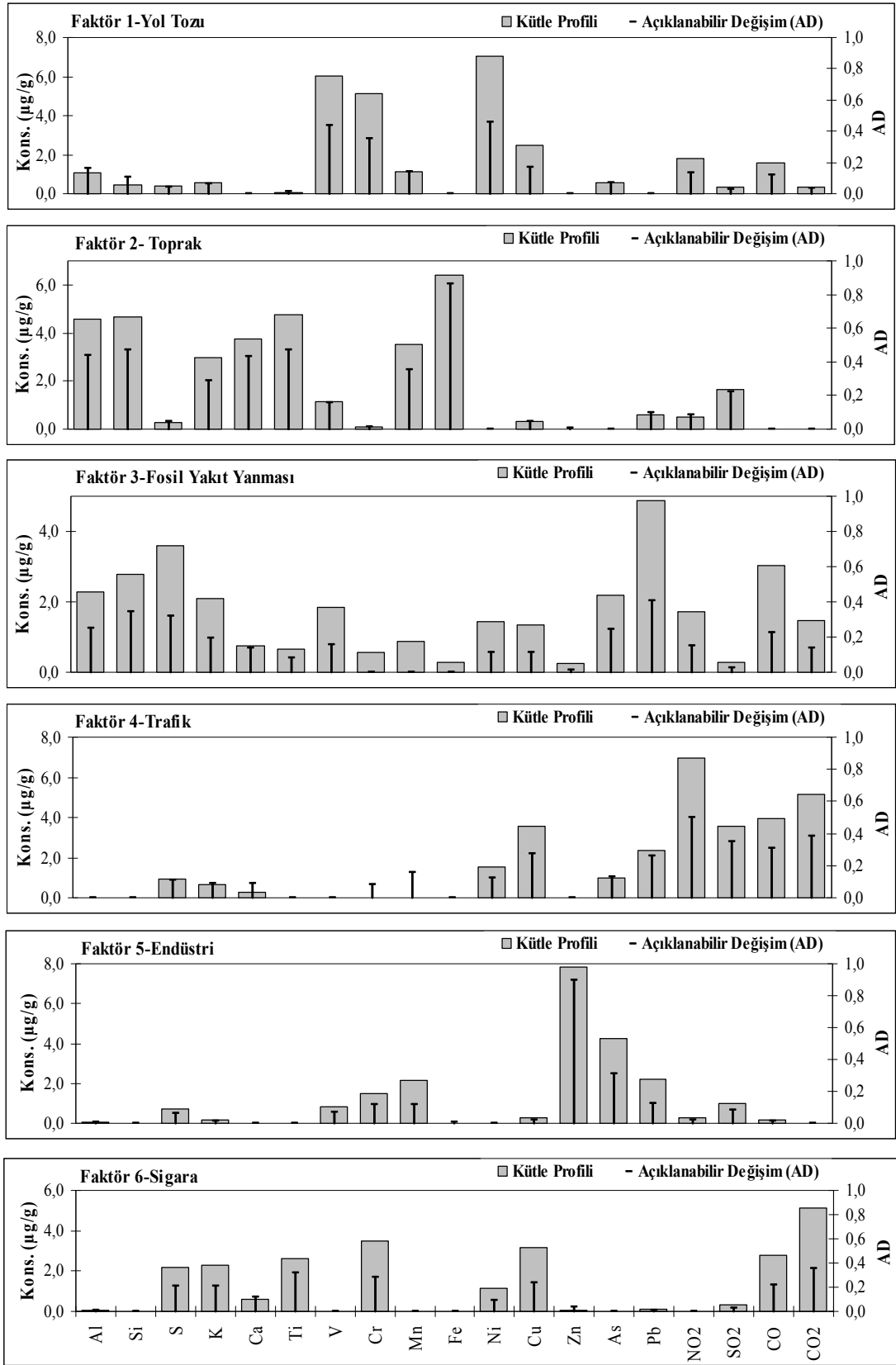
PM2.5 partikül fraksiyonunda (Şekil 4.46) ve PM10 partikül fraksiyonunda (Şekil 4.43) Faktör 4 benzer özellikler taşımaktadır. Şekil 4.46'ya bakıldığında bu faktörde, S, V, Cr, Ni, Cu, As, Pb, NO₂, SO₂, CO, CO₂ için kütle profilleri yüksek bulunmuştur. Bu faktör altında yüksek kütle profillerine sahip bileşenler daha önceki bölümlerde “Trafik” için verilen kaynak profilleri ile çok uyumlu bulunmuştur. Bu nedenle Faktör 4 “Trafik” olarak adlandırılmıştır. Şekil 4.47'ye bakıldığında trafikten kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %27, PM10 partikül boyutunda ise %21 (Şekil 4.44) olduğu görülmektedir.

Faktör 5: Sigara

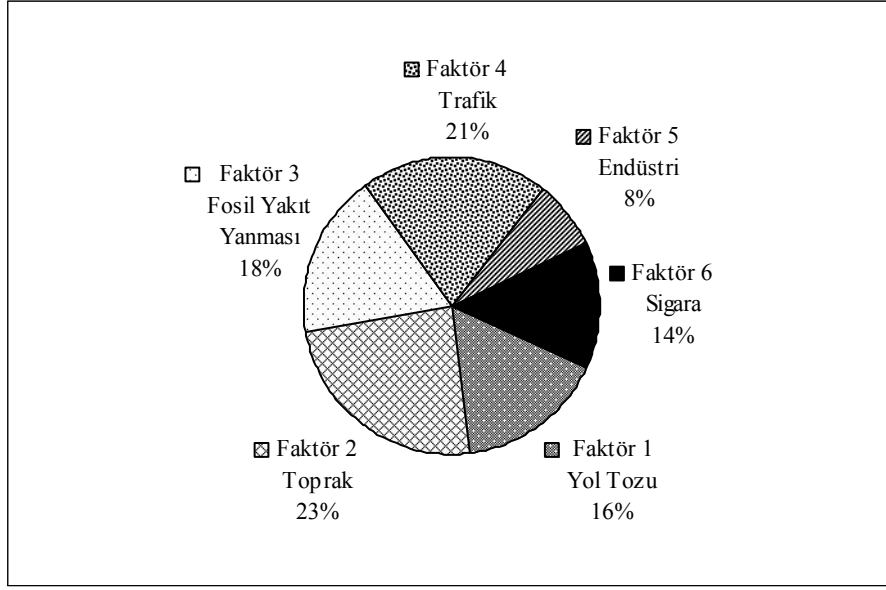
Kükürt, K, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu Pb, CO, CO₂ bileşikleri Faktör 5'de yüksek kütle profiline (Şekil 4.46) sahiptir. Bu nedenle ofisler ve okulların iç ortamları için Faktör 5 “Sigara Kullanımı” olarak adlandırılmıştır. Faktör 5'in toplam kirlilikteki payının %15 olduğu Şekil 4.47'den görülmektedir. Aynı faktör ofis ve okullara ilişkin PM10 veri setinde (Şekil 4.43) Faktör 6 altında görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %14 bulunmuştur.

Faktör 6: Endüstri

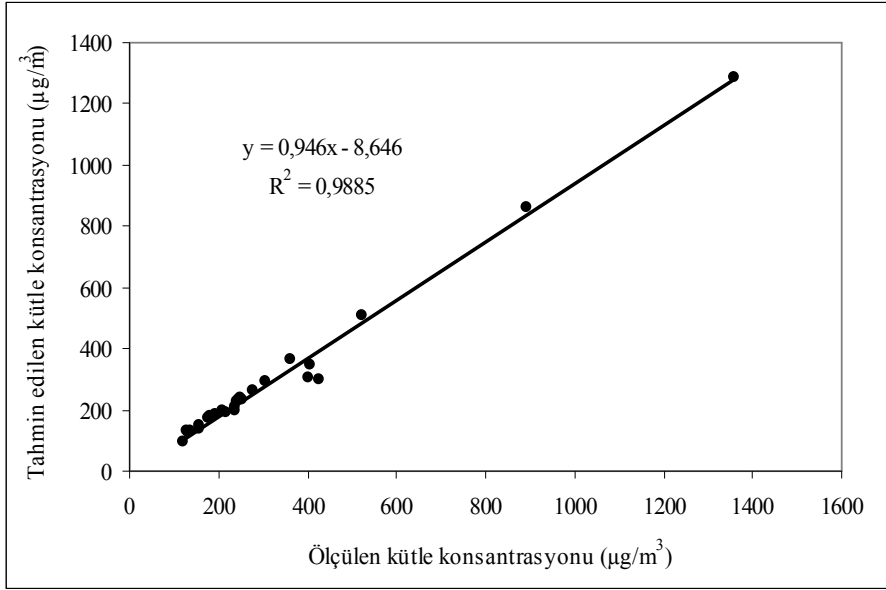
Şekil 4.46 incelendiğinde Faktör 6'da S, V, Cr, Mn, Zn, As, Pb, NO₂, SO₂, CO ve CO₂'in yüksek kütle profili sergiledikleri görülmektedir. Daha önceki bölümlerde yapılan değerlendirmelerde Boya, Demir-Çelik ve Çimento fabrikalarının yer aldığı Dilovası ve Gebze bölgesinin bu faktörde etkili olduğu belirtilmektedir. Faktör 6 iç ortam kirletici düzeylerine etki eden diğer bir dış ortam kirletici kaynağı olup Dilovası ve Gebze kaynak bölgelerini işaret eden “Endüstri” olarak adlandırılmıştır. PM2.5 partikül boyutunda Dilovası ve Gebze kaynak bölgelerinin toplam kirlilikteki payının %12 (Şekil 4.47) , PM10 partikül boyutunda ise %8 (Şekil 4.44) olduğu görülmektedir.



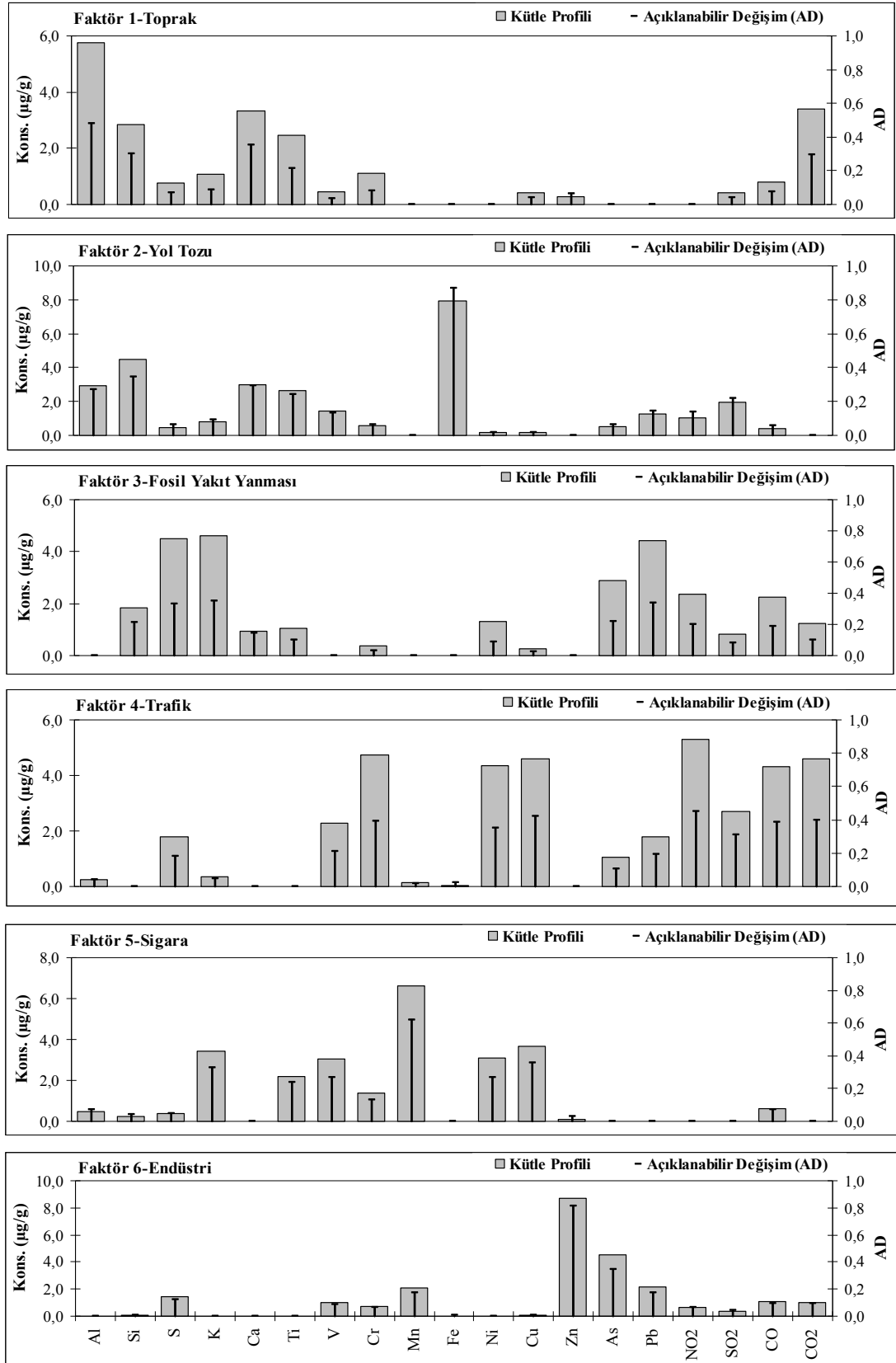
Şekil 4.43: Ofis ve Okullar için İç Ortam PMF Sonuçları – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



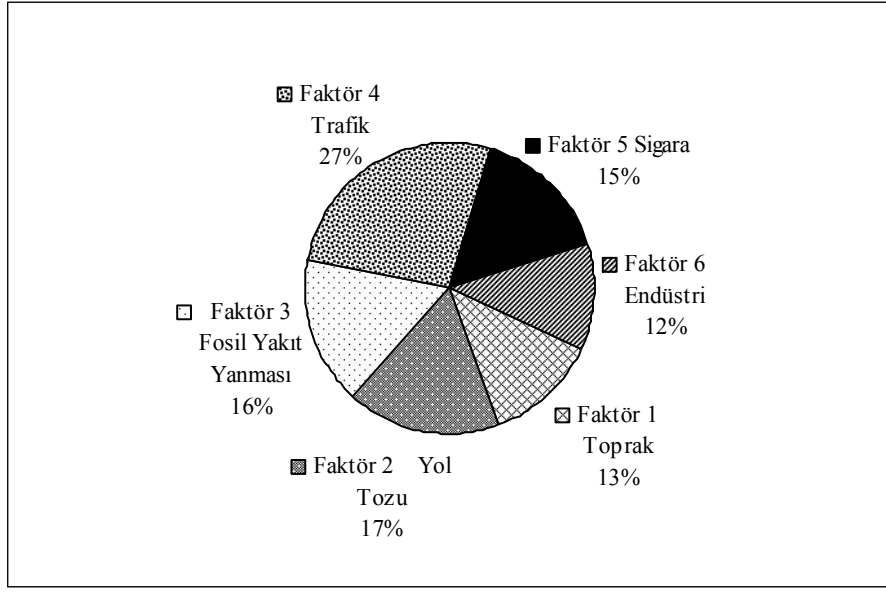
Şekil 4.44: Ofis ve Okullar için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



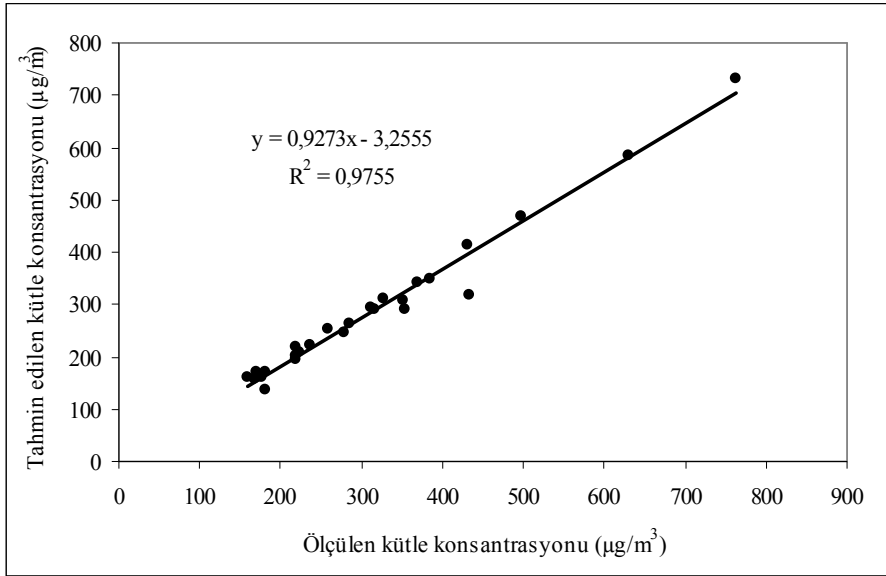
Şekil 4.45: Ofis ve Okullarda İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 4.46: Ofis ve Okullar için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 4.47: Ofis ve Okullar için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 4.48: Ofis ve Okullarda İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)

4.10.3. Kişisel maruziyet kirlenici kaynaklarının belirlenmesi

Kişisel Maruziyet veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” Şekil 4.49’da görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi gözlenen kişisel maruziyet kirlilik düzeylerine 7 kaynak etki etmektedir. Burada her bir kaynak kirliliğe neden olan her bir kaynak profilini göstermektedir. Elde edilen kaynak profillerinin yüzdesel olarak katkı oranları Şekil 4.50’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki korelasyonun ($R^2=0.9729$) yüksek bir değere sahip olması modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir (Şekil 4.51).

Kaynak profillerini belirlemek amacıyla USEPA’nın SPECIATE versiyon 4.0 (USEPA, 2006) veri tabanı ve literatürden faydalanılmıştır. EPA’nın sözü geçen veri tabanı 1215’i Gaz Profili ve 2865’i Partikül Madde Profili olmak üzere toplam 4080 kaynak profili içeren çok kapsamlı bir veri setidir.

Faktör 1: Toprak

Bu faktör altında Al, Si, S, K, Cr, Ni ve Cu gibi toprak elementleri yüksek kütle profiline sahiptir. Dış ortam veri seti PMF sonuçlarında “Toprak” faktörü altında gözlenen kaynak profili ile benzerlik göstermektedir. Bu elementler yer kabuğu elementleri olup aynı faktör altında bulunmaları nedeniyle Faktör 1 “Toprak” faktörü olarak tanımlanmıştır. Bu faktörün kişisel maruziyet kirliliğindeki toplam payının %10 olduğu Şekil 4.50’de görülmektedir.

Faktör 2: Yol tozu

Şekil 4.49’da Faktör 2’de görülen Si, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, As, Pb elementleri dış ortam ve iç ortam PMF sonuçlarında “Yol Tozu” faktörü altında bulunan elementlerle benzerlik taşımaktadır. Bu nedenle Faktör 2 “Yol Tozu” faktörü olarak tanımlanmıştır. Şekil 4.50’ye bakıldığında yol tozundan kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %17 olduğu görülmektedir.

Faktör 3: Fosil Yakıt Yanması

Şekil 4.49 incelendiğinde Faktör 3’de S, Ca, V, Cr, Cu, As, NO₂, SO₂ ve O₃’ün yüksek kütle profiline sahip olduğu görülmektedir. Bu faktör, yanma kaynaklı elementleri ve gazları içermektedir. Faktör 3 “Fosil Yakıt Yanması” olarak tanımlanmakta ve kişisel maruziyet kirliliğindeki toplam payının %15 olduğu Şekil 4.50’de görülmektedir.

Faktör 4: Endüstri

Bu faktörde Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Pb, ve SO₂’nin yüksek kütle profiline sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.49). Faktör 4, iç ortam ve dış ortamların yanısıra kişisel maruziyet düzeylerine de etki eden Boya, Demir-Çelik ve Çimento fabrikalarının yer aldığı Dilovası ve Gebze bölgesine işaret etmektedir. Bu nedenle Faktör 4 bir dış ortam kirleticisi olarak “Endüstri” olarak adlandırılmıştır. Dilovası ve Gebze kaynak bölgelerinin kişisel maruziyet kirliliğindeki toplam payının %13 olduğu Şekil 4.50’de görülmektedir.

Faktör 5: Trafik

Kükürt, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb, NO₂, SO₂ ve O₃ için kütle profilleri bu faktörde yüksek bulunmuştur (Şekil 4.49). Faktör 5’te elde edilen kaynak profili dış ortamda “Benzinli Araç Emisyonları” ve “Dizel Araç Emisyonları” faktörlerinde elde edilen kaynak profilleri ile büyük benzerlikler göstermektedir. Bu nedenle Faktör 5 “Trafik” faktörü olarak adlandırılmıştır. Şekil 4.50’ye bakıldığında trafikten kaynaklanan kirliliğin kişilerin maruz kaldığı kirlilikteki toplam payının %19 olduğu görülmektedir.

Faktör 6: Sigara

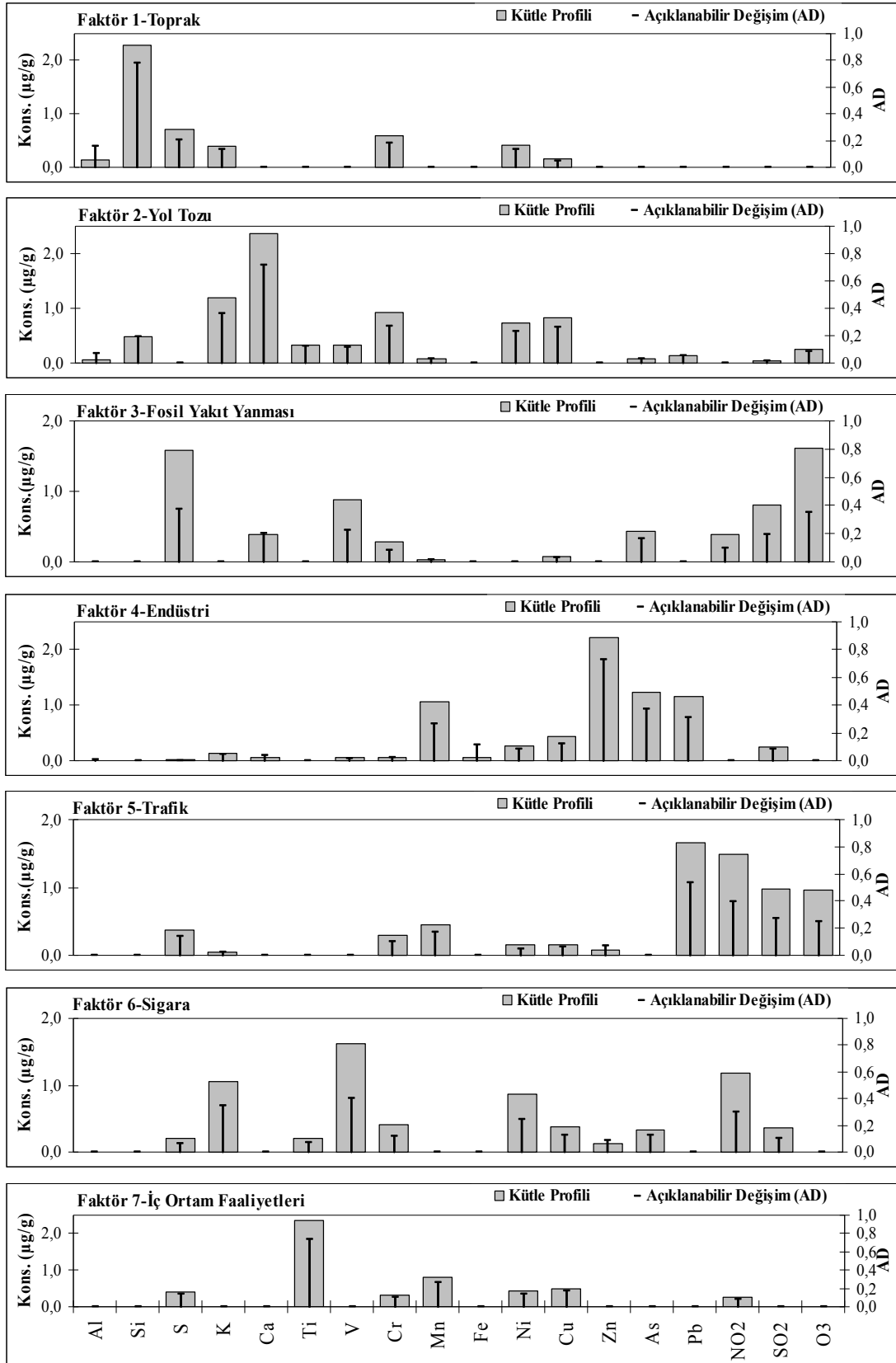
Hem evler, hem de ofisler ve okullar için uygulanan PMF modelindeki sonuçlara benzer şekilde kişisel maruziyet veri seti PMF uygulamasında da S, K, V, Cr, Ni, Cu, As, NO₂ ve SO₂ Faktör 6 altında ve yüksek kütle profillerine sahip bulunmuştur (Şekil 4.49). Sigara faktörüne ilişkin olarak daha önce yapılan değerlendirmeler ışığında Faktör 6 içerdiği kirleticiler nedeniyle “Sigara” faktörü olarak

adlandırılmıştır. Faktör 6'nın kişisel maruziyet düzeyleri üzerindeki toplam payının %14 olduğu bulunmuştur (Şekil 4.50).

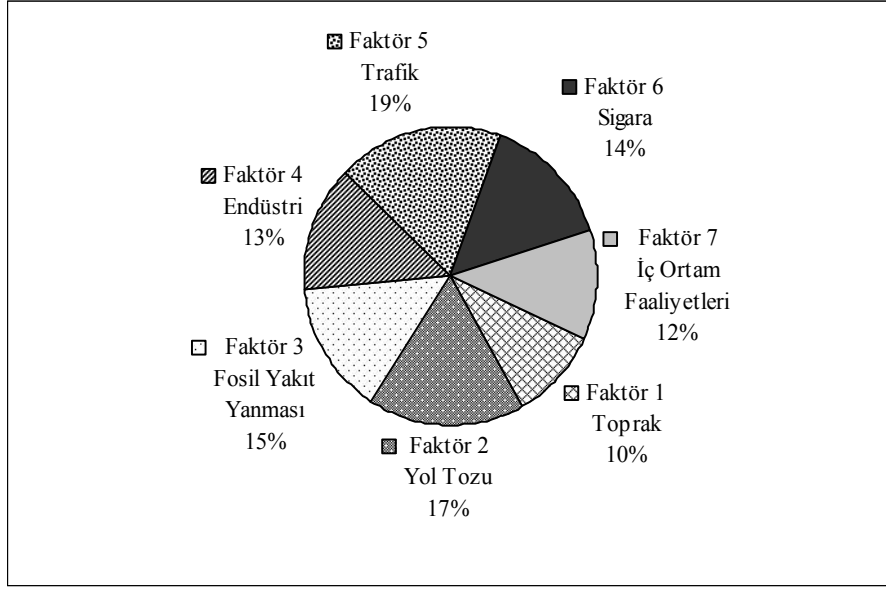
Faktör 7: İç Ortam Faaliyetleri

Şekil 4.49'dan görüldüğü gibi S, Ti, Cr, Mn, Ni, Cu, NO₂ bu faktör altında yüksek kütle profillerine sahip bulunmuştur. Bu faktör altında görülen bileşenlerin iç ortam kaynaklarının neden olduğu kirliliğe işaret etmektedir. Kişisel maruziyet örnekleme 28 kişi ile yapılmıştır ve bu kişilerin bir kısmı ev kadını, bir kısmı ofis çalışanı ve okulda görevli öğretmenlerdir. Bu nedenle Faktör 7 altında görülen kirleticiler ofis ve evlerin iç ortamlarından kaynaklanan kirleticilerden oluştuğu görülmektedir. Kişilerin çalıştıkları ve yaşadıkları çevrelerde maruz kaldıkları kirlilik için evlerde temizlik maddeleri ve çok sayıdaki ticari ürünü ofislerde ise ofis ekipmanları ve büro mobilyalarını gösterebiliriz. Bu nedenle Faktör 7 "İç Ortam Faaliyetleri" olarak adlandırılmıştır. İç ortam kirlilik kaynaklarının kişilerin maruz kaldığı kirlilikteki toplam payı %12 (Şekil 4.50) olarak belirlenmiştir.

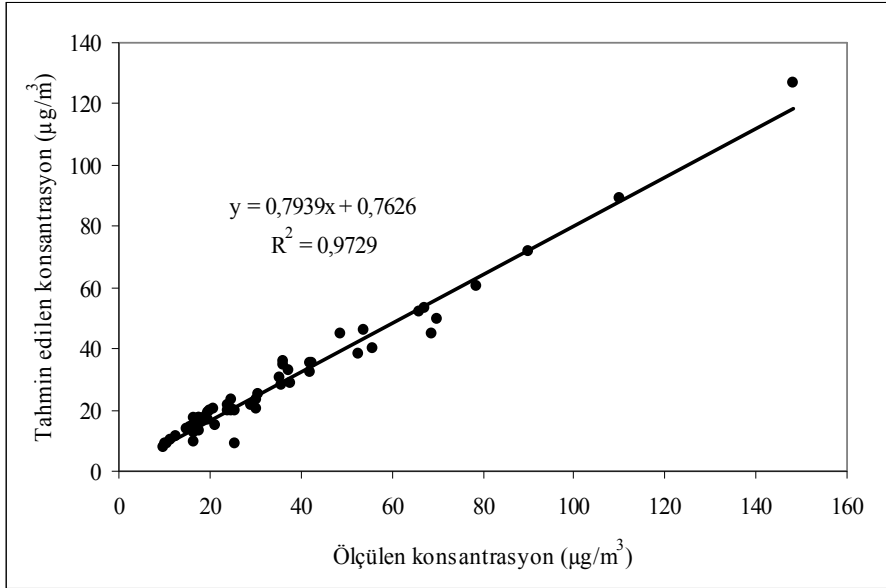
İç ortam PMF sonuçlarında evler, ofisler ve okulların iç ortamlarında elde edilen kirliliğin yaklaşık %25-45'inin iç ortam, %55-75'lik diliminin ise dış ortam kaynaklı olduğu ifade edilmişti. Aynı değerlendirmeyi kişisel maruziyet PMF sonuçları için yaptığımızda iç ortam kirlilik kaynaklarının yaklaşık %25, dış ortam kirlilik kaynaklarının ise %75 gibi büyük bir paya sahip olduğunu görmekteyiz. Kişisel maruziyet PMF sonuçlarında elde edilen kaynak profillerinin iç ortamlardan ziyade dış ortam PMF sonuçlarından elde edilen kaynak profilleri ile daha fazla benzerlik gösterdiği ve bunun sonucu olarak kişisel maruziyet düzeylerinde bu payın dış ortam yönünde artış göstermesi kişilerin iç ve dış ortamlar arasındaki hareketliliğinin yanında dış ortam havasının iç ortama taşınımı nedeniyle etkisinin yüksek olması ile ilişkilendirilebilir.



Şekil 4.49: Kişisel Maruziyet PMF Sonuçları



Şekil 4.50: Kişisel Maruziyet için Kaynak Katkı Oranları (%)



Şekil 4.51: Kişisel Maruziyet için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki

4.11. Sonuçların Benzer Çalışmalar, Ulusal ve Uluslararası Sınır Değerlerle Karşılaştırılması

Tez kapsamında örneklenen kirleticilerin iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet düzeylerinin değerlendirilebilmesi için çalışmada incelenen bölgede elde edilen konsantrasyon düzeyleri, dünyanın diğer bölgelerinde yapılan benzer çalışmalarda elde edilen konsantrasyon düzeyleri ile ve hem ulusal hem de uluslararası yönetmeliklerde ilgili kirleticiler için verilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Ancak ilgili yönetmeliklerde iç ortam havası için verilen sınır değerler sadece endüstrilerde, işçi sağlığının korunması amacıyla geliştirildiğinden, bu çalışmada ev, ofis ve okullarda iç ortamda ölçülen konsantrasyonların bu değerlerle karşılaştırılması anlamlı olmayacaktır. Bu nedenle Kocaeli iç ortam havası kirletici seviyeleri, literatürde benzer sonuçlardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak değerlendirilecektir.

4.11.1. İnorganik gaz kirletici konsantrasyonlarının benzer çalışmalar ile karşılaştırılması

Çalışma kapsamında incelenen bölgenin iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet düzeyleri dünyanın diğer bölgelerinde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Tablo 4.73’de literatürde yaygın olarak çalışılan inorganik gaz kirleticiler (NO_2 , SO_2 , O_3) için bu çalışmada ve yapılan diğer benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlar bir arada verilmektedir.

Tablo 4.73’de de görüldüğü gibi, iç ortam hava kirliliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda inorganik gaz kirleticiler arasından en fazla NO_2 ile çalışılmaktadır. Bu durum, iç ortam NO_2 konsantrasyonlarına etki eden dış ortam kaynaklarının yanısıra önemli iç ortam kirletici kaynaklarının da olması ile ilgilidir. Literatürde özellikle iç ortam hava kalitesi çalışmalarında SO_2 seviyelerinin belirlenebilmesi ile ilgili çalışmalar sınırlı sayıda bulunmaktadır. Bu durum, iç ortamda önemli SO_2 kaynaklarının bulunmaması ve ayrıca gelişmiş ülkelerde düşük kükürt içerikli yakıtların kullanılması sebebi ile dış ortamlarda da SO_2 konsantrasyonlarının yüksek olmaması ile ilgilidir. Tablo 4.73 incelendiğinde çalışmamızda elde edilen NO_2 , SO_2 , O_3 düzeylerinin diğer çalışmalarda raporlanan düzeyler ile genel olarak uyumlu

olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen kişisel maruziyet, iç ortam ve dış ortam kirletici düzeyleri trafik ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu ve hava kirliliği açısından sorunlu bir şehir olan Hong Kong (Chao, 2001, Chao ve Law, 2000) ile karşılaştırıldığında düşük, İsviçre ve Finlandiya’da (Monn ve diğ., 1998, Kousa ve diğ, 2001) yapılan çalışmalardan yüksek bulunmuştur. Sonuçların hava kirliliğinin nispeten yüksek olduğu şili (Bracho ve diğ., 2002), ek Cumhuriyeti (Kousa ve diğ, 2001) ve Yunanistan’da (Drakou ve diğ.,1998) şehir merkezlerinde yapılan çalışmalarla karşılaştırılabilir olduğu belirlenmiştir. Ancak, in’de (Zhao ve diğ.,2008) yapılan çalışmanın NO₂ ve O₃ açısından Kocaeli’de yapılan çalışma ile karşılaştırılabilir olmasına rağmen SO₂ yönünden in’de yapılan çalışmada elde edilen sonucun tabloda bulunan bütün çalışmalardan yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 4.73: İnorganik Kirletici Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları ile Karşılaştırılması

Örnekleme Yeri ve Zamanı	Örnekleme Noktası (N)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	Kaynak
Türkiye (Kocaeli) 31/5-29/6 2006 (Yaz) 16/11/06- 20/01/07 (Kış)	Ev (15) Ofis (10) Okul (3)	İç (Ev;Of.;Ok.): 40.3; 41.0; 24.4 YAZ Dış (Ev;Of.;Ok.): 28.1; 4.1; 25.6 Kişisel: 37.8	2.6; 4.2; 4.6 14.2; 21.3; 36.7 4.7	4.6; 4.5; 9.5 36.9; 40.2; 56.1 8.6	Bu Çalışma
		İç (Ev;Of.;Ok.): 62.5; 56.5; 78.7 KIŞ Dış (Ev;Of.;Ok.): 64.0; 53.8; 93.8 Kişisel: 70.4	6.4; 7.2; 13.3 21.4; 21.1; 39.6 6.4	2.7; 2.7; 2.6 6.9; 7.5; 7.2 2.8	
Hong Kong Mayıs- Haziran 1997	Ev (10)	İç Ortam: 53.4 Dış Ortam: 70.9	6.30 8.12	5.3 13.3	Chao, 2001
Belçika (Antwerp) 2001-2003	Ev (18) Okul (27)	İç Ortam (Ev): 33 İç Ortam (Okul): 57 Dış Ortam (Ev): 39 Dış Ortam (Okul): 63.7 Kişisel (Ev): 42	Belirleme Limitinin Altında	3.2 1.9 28 31 5.1	Stranger ve diğ., 2007
Şili (Santiago) 1999-Kış Mevsimi	Ev (20)	İç Ortam: 65.85 Dış Ortam: 67.73 Kişisel: 47.03		Belirleme Limitinin Altında	Bracho ve diğ., 2002
İsviçre Aralık 1993- Aralık 1994	Kişisel (140)	İç Ortam: 21 Dış Ortam: 31 Kişisel: 27			Monn ve diğ., 1998
Hong Kong Mayıs- Haziran 1997	Kişisel (60) Ev (12)	İç Ortam: 55.2 Dış Ortam: 71.8 Kişisel: 46.0 (N=60) Kişisel: 47.3 (N=12)			Chao ve Law, 2000
Finlandiya (Helsinki) İsviçre (Basel) Çek Cumhuriyeti (Prague) 1996-1997	<u>Helsinki</u> Ev-İç (175) Ofis-İç (126) Ev-Dış (163) Kişisel (201) <u>Basel</u> Ev-İç (50) Ofis-İç (29) Ev-Dış (50) Kişisel (50) <u>Prague</u> Ev-İç (33) Ofis-İç (31) Ev-Dış (24) Kişisel (34)	<u>Helsinki</u> Ev-İç Ortam : 18 Ofis-İç Ortam : 27 Ev-Dış Ortam: 24 Kişisel: 25 <u>Basel</u> Ev-İç Ortam: 27 Ofis-İç Ortam: 36 Ev-Dış Ortam: 36 Kişisel: 30 <u>Prague</u> Ev-İç Ortam: 43 Ofis-İç Ortam: 30 Ev-Dış Ortam: 61 Kişisel: 43			Kousa ve diğ., 2001
Yunanistan Selanik , Mart 94 Atina , Eylül 94	Laboratuar (2)	<u>Selanik</u> İç Ortam : 58.32 Dış Ortam : 56.44 <u>Atina</u> İç Ortam : 73.37 Dış Ortam : 116.65		17.67 29.45 15.71 41.23	Drakou ve diğ., 1998
Kore Temmuz- Ağustos 95	Okul (1)		İç: 6.18 Dış: 11.1		Lee ve diğ., 1997
Baltimore Mayıs-Eylül 2003	Ev-NO ₂ (95) Ev-O ₃ (88)	İç Ortam : 58.32		1.96	Breyse ve diğ., 2005
Hong Kong Kasım 97- Ocak 98	Okul (5)	İç Ortam : 31 Dış Ortam : 67	5 16		Lee ve Chang, 2000
Çin, Taiyuan Aralık 2004	Okul (10)	İç Ortam : 39.4 Dış Ortam : 52.3	264.8 712.8	10.1 12.4	Zhao ve diğ., 2008

4.11.2. Partikül madde (PM2.5 ve PM10) konsantrasyonlarının benzer çalışmalar ile karşılaştırılması

Çalışma kapsamında incelenen bölgenin iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet eser element düzeyleri ile PM2.5 ve PM10 kütle konsantrasyonları dünyanın diğer bölgelerinde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Örnekleme ve analiz metotları aynı olsa bile farklı kentsel alanlarda ölçülen partikül madde seviyeleri ve kompozisyonu örnekleme bölgesinin emisyon kaynaklarına yakınlığı ve/veya kaynak kuvvetine göre çok farklı olabilir. Bununla birlikte ölçüm yapılan yerde tespit edilen kirlilik boyutunun diğer bölgelere göre durumunu ortaya koyabilmek için böyle bir karşılaştırma yapmak önemlidir. Tablo 4.74’de literatürde yaygın olarak çalışılan eser elementlerden çalışmamız kapsamında değerlendirilen 16 eser element (Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb) için bu çalışma ve diğer benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlar bir arada verilmektedir. Tablo 4.74 incelendiğinde çalışmamızda partikül madde fraksiyonlarında elde edilen eser element düzeyleri, geçmişten bu yana yüksek PM2.5 yüküne ve çok sayıda PM2.5 kaynaklarına sahip olan (tarımsal veya hareketli kaynaklardan çıkan emisyonların rüzgar yönünde şehre taşınması) Miraloma şehrinde sigara içilen ve içilmeyen (NS: sigara içilmeyen, RS: az sigara içilen, ES: çok fazla sigara içilen 40 sigara/gün’den fazla) ortamlarda yapılan çalışmadan hemen hemen çalışılan tüm eser elementler için düşük bulunmuştur. Çalışma bölgesinde PM kirlilik düzeyleri, trafik ve endüstrinin yoğun olduğu ve hava kirliliği açısından sorunlu bir şehir olan Hong Kong’ta (Chao ve Wong, 2002) yapılan çalışmanın sonuçlarından düşük bulunurken, Amerika’nın Boston Eyaletinde (Long ve Sarnat, 2004) şehirden uzak bir bölgede partiküllerin dış ortamdan iç ortama taşınım oranının ve partikül oluşumuna neden olan aktivitelerin belirlenebilmesi için yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında yüksek ve İngiltere’nin Oxford şehrinde yapılan (Lai ve diğ.,2004) çalışmada elde edilen düzeyler ile karşılaştırıldığında yine yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.75’de ise dünyanın farklı bölgelerinde yapılan benzer çalışmalarda elde edilen PM2.5 ve PM10 kütle konsantrasyonları bu çalışmada elde edilen sonuçlarla birlikte gösterilmektedir. Tablo 4.75 incelendiğinde, çalışmamızda elde edilen iç ve dış ortam PM2.5 konsantrasyonlarının Avrupa ülkelerinde yapılan çalışmalarda elde

edilen sonuçlarla yakın (Monn ve diğ., 1997; Perez ve diğ., 2008) veya daha yüksek (Lachenmyer and G.M. Hidy, 2000; Jones ve diğ., 2000; Lai ve diğ., 2004), Asya ülkelerinde yapılan çalışma sonuçlarından ise (Chao ve Wong, 2002; Li ve Lin, 2003; Hong ve diğ., 2007) daha düşük düzeylerde olduğu görülmektedir. Yine bu çalışmada elde edilen PM2.5 düzeyleri Amerika'da Washington (Jansen ve diğ., 2005) ve California (Geller, 2002)'da yapılan çalışmalar dışında (Na ve diğ., 2004; Breysse ve diğ., 2005; McCormack ve diğ., 2008) daha düşüktür. Ancak PM10 konsantrasyonlarında iç ve dış ortamda Chile'de (Rojas-Bracho ve diğ., 2002) yapılan ölçümler dışında diğer kentlerin hemen hemen hepsinden daha yüksek bir değer tespit edilmiştir.

Tablo 4.74: Element (PM2.5 ve PM10) Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları İle Karşılaştırılması

Şehir, Ülke	Örnekleme Noktası (N)	Boyut Dağılımı, Ortam	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Kaynak
Türkiye (Kocaeli) 21/5-29/6 2006 (YAZ) 16/11/2006- 20/01/2007 (KİŞ)	EV (15) YAZ	PM 2.5 iç	0.0047	0.0530	0.3868	0.4353	0.2146	0.4521	0.0294	0.0034	0.0033	0.0315	0.0443	0.0030	0.0213	0.0512	0.0007	0.0340	Bu Çalışma
		PM 2.5 dış	0.0040	0.0867	0.5809	0.5016	0.1601	0.8031	0.0464	0.0057	0.0039	0.0487	0.1710	0.0019	0.0171	0.0869	0.0018	0.0474	
		PM 10 iç	0.0047	0.1434	0.9605	0.4894	0.3245	1.4747	0.0760	0.0017	0.0068	0.0497	0.1270	0.0038	0.0419	0.0542	0.0011	0.0574	
		PM 10 dış	0.0040	0.3990	2.4987	0.6303	0.4178	4.1084	0.1845	0.0027	0.0100	0.1208	0.6859	0.0011	0.0500	0.1177	0.0014	0.0757	
	EV (15) KİŞ	PM 2.5 iç	0.0059	0.0602	0.4009	0.4894	0.1602	0.3094	0.0393	0.0046	0.0076	0.0283	0.0580	0.0033	0.0583	0.0831	0.0015	0.0851	
		PM 2.5 dış	0.0021	0.1546	0.6013	0.728	0.1468	0.822	0.0876	0.0086	0.0086	0.0275	0.165	0.0033	0.0485	0.0877	0.0038	0.0718	
		PM 10 iç	0.0084	0.1594	0.8848	0.6507	0.3089	1.0266	0.0806	0.0058	0.0155	0.0615	0.2128	0.0044	0.0883	0.1610	0.0025	0.1248	
		PM 10 dış	0.0225	0.6554	3.6704	1.1119	0.6846	7.0464	0.4169	0.0125	0.0226	0.1877	1.3253	0.0046	0.1017	0.3773	0.0070	0.1589	
Mira Loma, Kaliforniya Eylül 2001- Ocak2002	EV (20)	PM2.5 iç (NS)	0.0330	0.124	0.497	0.725	0.132	0.293	0.091	0.0320	0.010	0.011	0.321	0.0110	0.072	0.036	0.0050	0.036	Na ve diğ., 2004
		PM2.5 iç (RS)	0.0400	0.299	1.234	1.000	0.155	0.557	0.102	0.0320	0.012	0.016	0.596	0.0110	0.074	0.029	0.0060	0.038	
		PM2.5 iç (ES)	0.0300	0.037	0.220	1.172	3.442	0.034	0.094	0.0330	0.013	0.006	0.151	0.0100	0.068	0.018	0.0060	0.037	
		PM 2.5 dış	0.0530	0.357	1.377	1.060	0.177	0.681	0.106	0.0320	0.015	0.020	0.739	0.0110	0.071	0.039	0.0050	0.037	
Hong Kong Ekim 1999- Mart 2000	EV (34)	PM2.5 iç	0.0292	0.120	0.362	3.879	1.026	0.138	0.008	0.0046	-	0.011	0.140	0.0018	0.011	0.131	-	0.088	Chao ve Wong, 2002
		PM10 iç	0.1259	0.452	1.170	4.285	1.245	0.668	0.037	0.0053	-	0.016	0.408	0.0021	0.019	0.172	-	0.105	
		PM2.5 dış	0.0397	0.174	0.450	4.830	1.259	0.172	0.012	0.0049	-	0.017	0.212	0.0021	0.013	0.145	-	0.104	
		PM10 dış	0.1430	0.769	2.086	5.301	1.587	1.100	0.065	0.0053	-	0.035	0.756	0.0021	0.016	0.213	-	0.145	
Boston, USA 1998 (4 mevsim)	EV (9)	PM 2.5 iç	0.0240	0.017	0.059	1.212	0.037	0.027	-	-	-	-	0.029	0.0060	0.006	0.010	0.0050	0.007	Long ve Sarnat, 2004
		PM 2.5 dış	0.0250	0.017	0.064	1.510	0.042	0.023	-	-	-	-	0.041	0.0060	0.005	0.014	-	0.008	
Oxford, İngiltere 11/1998- 02/2000	EV iç (42) EV dış (30)	PM 2.5 iç	0.2200	3.500	1.400	1.500	0.290	0.170	0.004	0.0018	-	0.002	-	-	0.099	0.020	0.0047	0.022	Lai ve diğ., 2004
		PM 2.5 dış	0.2000	0.035	0.130	1.600	0.130	0.033	0.001	-	-	0.002	-	-	0.003	0.018	0.0040	0.014	

Tablo 4.75: Partikül Madde (PM2.5 ve PM10) Kütle Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları İle Karşılaştırılması

Sites	Yaz			Kış			Kaynaklar
	İç Ortam	Dış Ortam	Örnekleme Periyodu	İç Ortam	Dış Ortam	Örnekleme Periyodu	
Kocaeli,Turkiye (PM 2.5) EV (15)	29.8	23.5	31 Mayıs- 29 Haziran 2006	24.4	21.8	16 Aralık-20 Ocak 2007	Bu çalışma
Kocaeli,Turkey (PM 10) EV (15)	45.5	59.9		56.9	102.3		
Birmingham, UK (PM 2.5)	16.1	26.5	27 Temmuz- 3 Ekim 1997	11.2	12.2	4 Ocak - 28 Şubat 1998	C. Lachenmyer ve G.M. Hidy, 2000
Barcelona, Spain (PM 2.5)	-	29	Ekim 2005-Ekim 2006	-	-	-	N.Perez ve diğ., 2008
Barcelona, Spain (PM 10)	-	45		-	-		
Antwerp, Belgium(PM 2.5)	36	36	2001-2002	-	-	-	M. Stranger ve diğ., 2007
Antwerp, Belgium (PM 10)	39	41		-	-		
Oxford,UK (PM 2.5)	17.3	9.1	Aralık 1998-Şubat 2000	-	-	-	Lai ve diğ., 2004
Zürich, Switzerland (PM 2.5)	-	-	Haziran 1995	26	21	Aralık 1994 – Ocak 1995	C. Monn ve diğ., 1997
Zürich, Switzerland (PM 10)	26.5	12.8		32.8	23.4		
Guangzhou, China (PM 2.5)	67.7	74.5	2 Temmuz-13 Ağustos 2004	109.9	123.7	24 Ekim 2004 - 6 Ocak 2005	H. Hong ve diğ., 2007
Hong Kong (PM2.5)	-	-	Mayıs-Eylül	45	47	Ekim 1999 – Mart 2000	C.Y. Chao, K. K. Wong, 2002
Hong Kong (PM10)	-	-		63.3	69.5		
Baltimore, USA (PM 2.5)	45.1	-	Mayıs-Eylül	-	-	-	P.N. Breyse ve diğ., 2005
Baltimore, USA (PM 10)	56.5	-		-	-		
Washington,USA (PM 2.5)	-	-	-	7.29	10.47	Kış 2002-2003	K.L.,Jansen ve diğ., 2005
Washington,USA (PM 10)	-	-		11.93	13.47		
Santiago,Chile (PM 2.5)	-	-	-	68.5	68.1	Kış 1998-1999	L.Rojas- Bracho ve diğ., 2002
Santiago,Chile (PM 10)	-	-		103.8	115.5		
Lisbon, Portugal (PM 10)	-	-	-	72.7	68.0	28 Şubat	C. Borrego, ve diğ., 2006
Baltimore, USA (PM 2.5)	39.5	15.6	Eylül 2001-Aralık 2003	-	-	-	M.C. McCormack ve diğ., 2008
Baltimore, USA (PM 10)	56.2	21.8		-	-		
Taipei, Taiwan (PM 2.5)	36.6	36.3	Ağustos-Ekim1999	38.7	38.3	Aralık 1999-Mart 2000	C.S. Li ve C.H. Lin, 2003
California ,USA (PM 2.5)	35.6	48.7	Eylül 2001-Ocak 2002	-	-	-	K. Na ve diğ., 2004
UK (PM10)	25.52	16.14	1998-1999	-	-	-	K.A. BeruBe, 2004
Birmingham, UK (PM 2.5)	7.9	9.1	Yıllık	-	-	-	N.C. Jones ve diğ., 2000
Birmingham, UK (PM 10)	16.5	13.4		-	-		
California, USA (PM 2.5)	-	-	-	15.45	15.02	Kış-İlkbahar 2000	M.D.Geller, 2002
California, USA (PM 10)	-	-		21.08	23.63		

4.11.3. İnorganik gaz kirletici ve partikül madde konsantrasyonlarının ulusal ve uluslararası sınır değerlerle karşılaştırılması

Bölgede kirlilik düzeyi hakkında bilgiler edinebilmek amacıyla çalışmada incelenen inorganik kirleticilerin düzeyleri ulusal ve uluslararası sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Ülkemizde ve diğer ülkelerde karşılaştırma yapabileceğimiz iç ortam sınır değerleri ile ilgili yönetmelikler bulunmadığından değerlendirmeler sadece çalışmamızda elde edilen dış ortam kirlilik düzeyleri ile Tablo 4.76’da verilen ulusal ve uluslararası dış ortam sınır değerleri arasında yapılmıştır. Karşılaştırmalarda ulusal sınır değerler için Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği, uluslararası sınır değerler için ise EU (Avrupa Birliği-AB), USEPA(Amerika Çevre Koruma Ajansı) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) kaynaklarından yararlanılmıştır. Türkiye’de günümüzde geçerli olan standartlar 2012 yılında devreden çıkacak ve yerlerine AB direktifleri ile uyumlu olan yeni standartlar geçecektir. Halihazırda bulunan ve 2012 yılında devreye girmesi planlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Taslak Yönetmeliği’ndeki standart değerler Tablo 4.76’da verilen AB yönetmelik değerleri ile eşdeğer olacaktır. Dolayısı ile çalışmada ölçülen değerler mevcut yönetmelik değerlerine göre çok düşük gibi görülse de gerçekte bu durum günümüzde geçerli olan standartların çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

SO₂ için çalışmamızdan elde edilen değerler Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde verilen günlük 400 µg/m³ sınır değerinin çok altında kalmaktadır. Kükürtdioksit için verilen sınır değerler Avrupa Birliğinde 125 µg/m³ USEPA’da 365 µg/m³ ve WHO’da 20 µg/m³ olduğu dikkate alındığında bölgede elde edilen SO₂ kirlilik düzeyleri sadece Dünya Sağlık Örgütü sınır değerlerini aşmaktadır. Son yıllarda bölgede hem evsel ısınma amaçlı olarak hem de endüstrilerin büyük bir bölümünün proseslerinde doğalgaz kullanımının yaygınlaşması nedeniyle SO₂ değerleri yüksek değildir. Çalışmada elde edilen değerler günlük olduğundan uluslararası sınır değerlerde NO₂ için günlük değerler bulunmadığından değerlendirme Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğindeki sınır değer ile yapıldığında çalışmada elde edilen dış ortam NO₂ kirlilik düzeylerinin HKKY’de verilen günlük 300 µg/m³ sınır değerinin çok altında olduğunu görmekteyiz. Ozon için ulusal ve uluslararası sınır değerler saatlik ve 8 saatlik verildiğinden doğrudan

değerlendirme yapılamamasına rağmen Ozon kirlilik düzeylerinin genellikle düşük olduğu söylenebilir.

PM10 kütlesi değerleri Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde verilen günlük 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve USEPA tarafından verilen günlük 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sınır değerleri aşmadığı, ancak Avrupa Birliği ve WHO tarafından verilen sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir. PM2.5 kütlesi ise sadece USEPA tarafından verilen günlük sınır değer ile karşılaştırıldığında çalışma kapsamında elde edilen PM2.5 kütlesi değerlerimizin USEPA'nın verdiği sınır değer olan 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerine yakın olduğu bulunmuştur. Partikül maddede Pb elementi için ulusal ve uluslararası sınır değerler aylık ve yıllık değerler şeklinde verildiğinden çalışmamızda elde edilen günlük değerlerle doğrudan karşılaştırma yapılamamasına rağmen PM2.5 ve PM10 partikül fraksiyonlarında tespit edilen Pb düzeylerinin sınır değerleri aşmadığı görülmektedir.

Tablo 4.76: İnorganik Kirlenici Konsantrasyonlarının Ulusal ve Uluslararası Sınır Değerlerle Karşılaştırılması

Kirlenici	Bu Çalışma ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ gün) (Ev; Ofis; Okul)	HKKY ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EU Yönetmeliği ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	USEPA Yönetmeliği ^c ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	WHO Talimatnameleri ^d ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO ₂	YAZ : 14.2; 21.3; 36.7	400 (günlük), 150 (yıllık)	350 (saatlik) 125 (günlük) 20 (yıllık)	1300 (3 saatlik) 365 (günlük) 80 (yıllık)	500 (10 dakika) 20 (günlük)
	KIŞ : 21.4; 21.1; 39.6				
NO ₂	YAZ : 28.1; 38.1; 25.6	300 (günlük), 100 (yıllık)	200 (saatlik) 40 (yıllık)	100 (yıllık)	200 (saatlik) 40 (yıllık)
	KIŞ : 64.0; 53.7; 93.8				
O ₃	YAZ : 36.9; 40.2; 56.1	240 (saatlik)	180 (saatlik) 120 (8 saatlik)	235 (1 saatlik) 157 (8 saatlik)	100 (8 saatlik)
	KIŞ : 6.8; 7.5; 7.2				
PM10	YAZ : 59.9; 88.6; 65.8	300 (günlük), 150 (yıllık)	50 (günlük) 40 (yıllık)	150 (günlük) 50 (yıllık)	50 (saatlik) 20 (yıllık)
	KIŞ : 102.3; 70.7; 101.2				
PM2.5	YAZ : 23.5; 20.4; 19.3	-	-	35 (günlük) 15 (yıllık)	25 (saatlik) 10 (yıllık)
	KIŞ : 21.8; 18.7; 35.8				
Pb (PM2.5)	YAZ : 0.08; 0.10; 0.06	2 (yıllık)	0,5 (yıllık)	1.5 (3 aylık)	0.5-1 (yıllık)
	KIŞ : 0.16; 0.11; 0.20				
Pb (PM10)	YAZ : 0.05; 0.02; 0.03				
	KIŞ : 0.07; 0.06; 0.10				

^a Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 1986

^b European Union (EU), Council Directive 1999/30/EC, 2002/3/EC

^c United States Environmental Protection Agency (USEPA), <http://www.epa.gov/ttn/naaqs/>

^d World Health Organization (WHO), <http://www.who.int/peh/>

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Azotdioksit, SO₂, O₃ için aktif ve pasif örnekleme teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen konsantrasyonların birbirine çok yakın bulunması her iki örnekleme tekniğinin de iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet örnekleme çalışmalarında güvenilir olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Mevsimsel farklılıkların kirletici türleri ve konsantrasyon seviyeleri üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır. Azotdioksit ve SO₂ için kış mevsiminde ölçülen konsantrasyon seviyeleri yaz mevsiminde ölçülen seviyelere göre yüksek; Ozon için ise düşük bulunmuştur. Kış mevsiminde, trafik ve ısınma amaçlı olarak fosil yakıtların kullanımındaki artışın NO₂ ve SO₂ seviyeleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ozon için mevsimsel değişimler incelendiğinde ise güneş ışığı şiddeti ve süresi bağlı olarak kış mevsiminde fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle ölçülen konsantrasyon seviyelerinin yaz mevsimine göre oldukça düşük olduğu belirlenmiştir.

Yaz mevsiminde toprağın genellikle kuru olması nedeniyle elementlerin rüzgar hızına bağlı olarak rahatlıkla taşınabilmesi, kış mevsiminde ise yağmur ve kar yağışı nedeniyle elementlerin süspansiyonunun zorlaşması sonucunda hem PM₁₀ hem de PM_{2.5} partikül fraksiyonu için iç ve dış ortamlarda toprak kaynaklı elementlerin Yaz/Kış konsantrasyon oranları genellikle 1'in üzerinde bulunmuştur. İnsan kaynaklı elementler ise toprak kaynaklı elementlerden farklı mevsimsel değişim göstermektedir. Kışın ısınma amacıyla ve endüstride üretimlerin artmasına bağlı olarak fosil yakıt kullanımının artması, motorlu taşıtların soğuk çalışma emisyonlarının daha fazla olması, şehirdeki araç sayısının artması gibi etkenler nedeniyle kış konsantrasyonlarının yüksek olmasına bağlı olarak endüstri ve trafiğin etkisiyle ortaya çıkan insan kaynaklı kirleticilerde Yaz/Kış oranı her iki partikül fraksiyonunda da 1'in altında bulunmuştur.

Tez çalışması sonucunda, kaynak türüne göre partiküllerin boyutunun değiştiği belirlenmiştir. Kalsiyum, Si ve Al gibi toprak kaynaklı elementlerin PM10 partikül fraksiyonuna tutunma eğilimi gösterdiği; S, Cu, Zn, Pb gibi insan kaynaklı elementlerin ise toplam kütle içerisinde tutunma eğiliminin PM2.5 partikül fraksiyonunda ağırlık kazandığı anlaşılmıştır. Kişisel maruziyet düzeylerinin hem PM10 hem de PM2.5 partikül fraksiyonundaki elementler için iç ortam ve dış ortam konsantrasyon düzeylerinden yüksek olması, kişisel maruziyet düzeylerinde kişisel aktivitelerin etkisini göstermiştir.

Meteorolojik parametrelerden biri olan rüzgar yönünün kirleticilerin bir yerden başka bir yere taşınması üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır. Yaz örnekleme boyunca hakim rüzgar yönleri Güneydoğu, Kuzey, Batı-kuzeybatı ve Güney-güneydoğu sektörleridir. Kış örnekleme boyunca hakim rüzgar yönleri ise kuzeybatı, güneydoğu, kuzey-kuzeybatı ve kuzey sektörleridir.

Endüstri ve trafiğin yoğun olarak bulunduğu Körfez bölgesinde örnekleme zamanlarına karşılık gelen rüzgar sektörleri ağırlıklı olarak Batı-kuzeybatı ve Güneydoğu olurken bu yönlerden gelen baskın elementler Zn ve Pb'dir. Körfez bölgesinin Batı-kuzeybatı yönündeki en önemli kaynak birçok endüstri tesisinin yer aldığı Dilovası ve Gebze bölgesi ve noktasal bir kaynak olan çimento fabrikası, TEM Otoyolu ve D-100 karayoludur. Güneydoğu yönündeki en önemli kaynaklar ise rafineri tesisi ve tersanedir. Körfez'de Kurşunun yanında yine baskın olarak tespit edilen Zn ve Cu elementleri ile birlikte kompozisyonda yüksek oranda toprak elementlerinin de bulunması bu elementler için en önemli kaynağın kirlenmiş toprak olduğuna işaret etmiştir.

Yoğun nüfus ve trafiğin hakim olduğu Kocaeli'nin merkez ilçesi İzmit bölgesi için baskın elementler Cu ve Pb'dir. İzmit merkezde yer alan örnekleme noktalarının konumları dikkate alındığında en önemli kirletici kaynak trafiktir. Bununla birlikte özellikle rüzgar yönünün ağırlıklı olarak katı atık yakma tesisinin bulunduğu kuzeydoğudan estiği örnekleme gününde toplanan partikül madde örneklerinin diğer noktalarda ağırlıklı olarak bulunan Cu, Zn ve Pb'dan farklı olarak yüksek oranda Ni, Cr, V ve As elementlerini içerdikleri görülmüştür.

Endüstri ve trafikten nispeten uzak yerleşim bölgelerinde hakim rüzgar yönü batı-kuzeybatı ve batıdır. Bu bölgelerde toplanan partikül örneklerinin element kompozisyonu içerdiği yüksek oranda Cu, Pb ve Zn elementleri ile Körfez bölgesindeki element kompozisyonlarına benzemektedir. Temel kirletici kaynak olarak Gebze ve Dilovası bölgesinde yer alan endüstri kuruluşları ve trafikten kaynaklanan kirleticilerin bu bölgeye hava hareketleri ile taşındığı düşünülmektedir.

Çalışma bölgesinde incelenen farklı mikroçevrelerde gözlenen iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet kirlilik düzeylerine etki eden kirletici kaynakların belirlenmesi amacıyla inorganik kirleticilerin birlikte yer aldığı veri setine çok değişkenli istatistik analiz yöntemlerinden biri olan PMF (Pozitif Matris Faktörizasyonu) modeli uygulanmıştır.

PMF modellemesi sonucunda dış ortam kirlilik düzeylerine etki eden kaynak profilleri PM2.5 partikül fraksiyonu için; 1-) Toprak, 2-) Fosil yakıt yanması, 3-) Dizel araç emisyonu, 4-) Katı atık yakma tesisi + Trafik, 5-) Endüstri, 6-) Benzinli araç emisyonu, 7-) Yol tozu ve 8-) İkincil kirletici olarak tanımlanmıştır. PM10 partikül fraksiyonunda ise; “Katı atık yakma tesisi + Trafik” kaynağı gözlenmezken “Fosil yakıt yanması” dışında ayrı bir “SO₂ kaynağı” belirlenmiştir.

İç ortam kirlilik düzeylerine etki eden kaynak profilleri evlerde PM2.5 partikül fraksiyonu için; 1-) Yol tozu, 2-) Sigara, 3-) Fosil yakıt yanması, 4-) Endüstri, 5-) Trafik, 6-) İç Ortam Faaliyetleri ve 7-) Mutfak; PM10 partikül fraksiyonunda ise; “Mutfak” kaynağı gözlenmezken “Yol tozu” dışında ayrı bir “Toprak” kaynağı belirlenmiştir. Ofis ve okullar için ise her iki partikül fraksiyonunda; 1-) Toprak, 2-) Yol tozu, 3-) Fosil Yakıt yanması, 4-) Trafik, 5-) Sigara, 6-) Endüstri olarak tanımlanmıştır.

Kişisel maruziyet düzeylerine etki eden kaynak profilleri; 1-) Toprak, 2-) Yol tozu, 3-) Fosil Yakıt yanması, 4-) Endüstri, 5-) Trafik, 6-) Sigara 7-) İç Ortam Faaliyetleri olarak adlandırılmıştır.

İç ortam PMF sonuçlarında evler, ofisler ve okulların iç ortamlarında elde edilen kirliliğin yaklaşık %25-45'inin iç ortam, %55-75'lik diliminin ise dış ortam kaynaklı olması, kişisel maruziyet PMF sonuçlarında ise iç ortam kirlilik kaynaklarının yaklaşık %25, dış ortam kirlilik kaynaklarının ise %75 gibi bir paya sahip olması gözlenen iç ortam ve kişisel maruziyet düzeylerinde dış ortamın etkisinin çok yüksek olduğu göstermiştir.

Çalışma kapsamında kişisel maruziyet konsantrasyonları kullanılarak 1-) Okul, ofis ve evler, 2-) Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlar ve 3-) Sigara Kullanan ve Kullanmayan kişilerden oluşan gruplar için incelenen inorganik kirleticilerden kaynaklanan sağlık riski değerlendirmesi yapılmıştır. Risk değerlendirmesi kapsamında kanserojenik etkilerin belirlenebilmesi için "Toplam Kanser Riski", Kanserojenik olmayan etkilerinin belirlenebilmesi için ise "Toplam Tehlike İndeksi" sözü edilen üç grup için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Okul, ofis ve evlerde örneklenen kişiler için "Toplam Kanser Riski" ve "Toplam Tehlike İndeksi" değerleri hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo göz önüne alınarak incelendiğinde en yüksek risk altında bulunan kişilerin ev hanımları olduğu bunları okullardaki öğretmenler ve ofis çalışanlarının takip ettiği söylenebilir.

Kentsel, endüstriyel, endüstri ve trafikten uzak alanlar için "Toplam Kanser Riski" değerleri hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo göz önüne alınarak incelendiğinde her üç alanda da yaşayan kişilerin birbirine yakın ve yüksek kanser riski taşıdıkları belirlenmiştir. Hatta endüstri ve trafikten uzak alanlarda elde edilen kanser risklerinin diğer alanlardan yüksek olması dikkat çekicidir. Aynı durum kanserojenik olmayan etkilerinin belirlenebilmesi için hesaplanan "Toplam Tehlike İndeksi" değerlerinde de görülmüş ve her üç alanda da birbirine yakın değerler bulunmuştur.

Sigara kullanan kişiler için en kötü senaryo durumu dikkate alınarak belirlenen "Toplam Kanser Riski" değerlerinin sigara kullanmayan kişilere göre yaklaşık %50

daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu durum sigara kullanımının kirletici bir kaynak olarak tek başına ne kadar önemli bir sağlık riski oluşturduğuna işaret etmektedir.

5.2. Öneriler

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, incelenen kirleticiler ile meteorolojik parametreler arasında daha anlamlı ilişkilendirmeler yapılabilmesi için çalışma kapsamında bir meteoroloji istasyonu temin edilmesi ve meteorolojik parametrelerin örneklenen her nokta için ayrı ayrı belirlenmesi önerilmektedir.

Bu çalışmada PM_{2.5} kütlesinin sadece yaklaşık %30'u analiz edilebilmiştir. Literatürde yapılan diğer çalışmalar partikül madde kütlesinin belirlenemeyen büyük bir bölümünü elementel karbon (EC) ve organik karbonun (OC) oluşturduğuna işaret etmektedir. Atmosferik partikül maddelerde elementel ve organik karbonun analizinde termal/optik reflektans (TOR), termal/optik transmisyon (TOT) ve termal mangan oksidasyonu (TMO) metotları kullanılabilir. Ülkemizde yukarıda sözü edilen metotlar kullanılarak partikül maddede elementel ve organik karbon henüz belirlenmemiştir. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda EC/OC analizleri yapılması özellikle çalışılan bölgedeki kirliliğe etki eden kaynakların daha iyi açıklanabilmesi açısından önemlidir.

Partikül madde düzeylerinin insan sağlığı üzerinde neden olduğu sağlık etkilerinin daha iyi belirlenebilmesi için farklı partikül fraksiyonlarını bir arada belirleyebilen boyut seçimli örnekleyiciler (PM_{2.5}, PM_{1.0}, PM_{0.5} ve PM_{0.25}) kullanılması önerilmektedir.

Belirleme limitinin altında kalan örneklerin sayısını azaltmak için iç ve dış ortamlarda yapılan örnekleme sürelerinin bir günden iki güne çıkarılması önerilmektedir. Kişisel örnekleme süresinin de iki güne çıkarılması faydalı olacaktır ancak kişisel örnekleyicileri iki gün boyunca üzerlerinde bulunduracak deneklerin bulunması çok zor olacağından çalışma çok geniş bir kesime duyurularak aralarından bu işe gönül verenler seçilmelidir.

KAYNAKLAR

Alexis, N.E., Becker, S., Bromberg, P.A., Devlin, R., Peden D.B., “Circulating CD11b expression correlates with the neutrophil response and airway mCD14 expression is enhanced following ozone exposure in humans”. *Clinical Immunology*, 111(1), 126–131, (2004).

Adachi, A., Asai, K., Koyama, Y., Matsumoto, Y., Okano, T., “Determination of vanadium in cigarettes by atomic absorption spectrophotometry”, *Analytical Letters*, 31(10), 1769-1776, (1998).

Anderson E.L. and Albert, R.E., “Risk Assessment and Indoor Air Quality”, *Lewis Publishers*, New York, USA, (1999).

Anttila, P., Paatero P., Tapper, U., Jarvinen, O., “Source identification of bulk wet deposition in Finland by positive matrix factorization”, *Atmospheric Environment*, 29, 1705–1718, (1995).

Arain, M.B., Kazi, T.G., Jamali, M.K., Jalbani, N., Afridi, H.I., Ghulam Abbas Kandhro, G.A., Ansari, R., Sarfraz, R.A., “Hazardous impact of toxic metals on tobacco leaves grown in contaminated soil by ultrasonic assisted pseudo-digestion: Multivariate study”, *Journal of Hazardous Materials*, 155, 216–224, (2008).

ATSDR, (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), Department of Health and Human Services, Toxicological Profile Information Sheet, 2003, [online], <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>.

Bakoğlu, M., Karademir, A., Ayberk, S., “Partitioning characteristics of targeted heavy metals in IZAYDAS hazardous waste incinerator”, *Journal of Hazardous Materials*, B99, 89–105, (2003).

Begum, B.A., Kim, E., Biswas, S.K., Hopke P.K., “Investigation of sources of atmospheric aerosol at urban and semi-urban areas in Bangladesh”, *Atmospheric Environment*, 38, 3025–3038, (2004).

Bell, J.N.B. and Treshow, M., “Air pollution and plant life”, Second edition, *John Willey & Sons, LTD*, 34-36, 2003

Benner, C. L., Bayona, J.M., Caka, F.M., Tang, H., Lewis, L., Crawford, J., Lamb, J.D., Lee, M.L., Lewis, E.A., Hansen, L.D., Eatough, D.J., “Chemical Composition of Environmental Tobacco Smoke 2”, *Particulate-Phase Compounds. Environ. Sci. Technol* 23, 688-699, (1989).

BeruBe, K.A., Sexton , K.J., Jones , T.P. , Moreno , T., Anderson , S., Richards, R.J., “The spatial and temporal variations in PM10 mass from six UK homes”, *Science of the Total Environment*, 324, 41–53, (2004).

Borrego, C., Tchepel, O., Costa, A.M., Martins, H., Ferreira, J., Miranda, A.I., “Traffic related particulate air pollution exposure in urban areas”, *Atmospheric Environment*, 40, 7205–7214, (2006).

Bozkurt, Z., Pekey, B., Pekey, H., Arslanbaş, D., Doğan, G., Tuncel, G., “ Aktif ve Pasif Örnekleme Teknikleriyle İnorganik Gaz Kirleticilerin İzlenmesi”, *Çevre Sorunları Sempozyumu Kocaeli-2008*, KOU Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmit, 283-291, 14-17 (2008).

Bracho, L.R., Suh, H.H., Oyola, P., Koutrakis, P., “Measurements of children’s exposures to particles and nitrogen dioxide in Santiago, Chile”, *The Science of the Total Environment*, 287, 249–264, (2002).

Breyse, P.N., Buckley, T.J., Williams, D., Beck C.M., Jo, S.J., Merriman, B., Kanchanaraksa, S., Swartz, L.J., Callahan, K.A., Butz, A.M., Rand, C.S., Diette, G.B., Krishnan, J.A., Moseley, A.M., Curtin-Brosnan, J., Durkin, N.B., Eggleston, P.A., “Indoor exposures to air pollutants and allergens in the homes of asthmatic children in inner-city Baltimore”, *Environmental Research*, 98, 167–176, (2005).

Brunekreef, B. and Holgate, S.T., “Air pollution and health”, *Lancet*, 360, 1233–1242, (2002).

Bruno, P., Caselli, M., de Gennaro, G., Traini, A., “Source apportionment of gaseous atmospheric pollutants by means of an absolute principal component scores (APCS) receptor model“, *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 371, 1119–1123, (2001).

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).

CalEPA (California Environmental Protection Agency), 2007, [online], <http://www.calepa.ca.gov/>, (ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2009)

Can, A., Eryener, D., “Sanayi ve Şehir Kaynaklı Hava kirliliği ve Önlemleri”, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 24,6-12, (1997).

Carlton, A.G., Turpin, J.B., Johnson, W., Buckley, B.T., Simcik, M., Eisenreich, S.J., “Methods for characterization of personal aerosol exposures”, *Aerosol Science and Technology*, 31, 66–80, (1999).

Carpenter, R. A., “Risk Assessment”, *Impact Assessment*, 13, 153-187, (1995)

Chameides, W. and Walker, J.C.G., “A photochemical theory of tropospheric ozone”, *Journal of Geophysical Research*, 78, 8751–8760, (1973).

Chang, M.J., Naworal, J.D., Walker, K., Connell, C.T., “Investigations on the direct introduction of cigarette smoke for trace elements analysis by inductively coupled plasma mass spectrometry”, *Spectrochimica Acta Part B*, 58, 1979–1996, (2003).

Chao, C.Y.H., Law, A., “A study of personal exposure to nitrogen dioxide using passive samplers”, *Building and Environment*, 35, 545–553 (2000).

Chao, C.Y.H., “Comparision between indoor and outdoor air contaminant levels in residential buildings from passive sampler study”, *Building and Environment*, 36, 999–1007, (2001).

Chao, C.Y., Wong, K.K., “Residential indoor PM10 and PM2.5 in Hong Kong and the elemental composition”, *Atmospheric Environment*, 36, 265–277, (2002).

Choudhury, A.H., Gordian, M.E., Morris, S.S., “Associations between respiratory illness and PM10 air pollution”, *Archives of Environmental Health*, 52, 113–117, (1997).

Clayton, C.A., Perritt, R.L., Pellizzari, E.D., Thomas, K.W., Withmore, R.W., “Particle total exposure assessment methodology (PTEAM) study: distributions of aerosol and elemental concentrations in personal, indoor, and outdoor air samples in a southern California community”, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 3, 227–250, (1993).

Crutzen, P.J., “A discussion of the chemistry of some minor constituents in the stratosphere and troposphere”, *Pure and Applied Geophysics*, 106, 1385–1399, (1973).

Curtis, I., Rea, W., Smith-Willis, P., Fenyves, E., Pan, Y., “Adverse health effects of outdoor air pollutants”, *Environment International*, 32, 815–830, (2006).

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), 301–311, (2003).

Çetin, Ş., Karademir, A., Pekey, B., Ayberk, S., “Inventory of emissions of primary air pollutants in the city of Kocaeli, Turkey”, *Environmental Monitoring and Assessment*, 128, 165–175, (2007).

ÇOB (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı), “Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği”, *Resmi Gazete*, (1986).

ÇOB (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı), “Ozon kirliliği ve ozon tabakasındaki delinmeler” [online] www.cevreorman.gov.tr/hava_05.htm, (ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2009).

De Nevers, N., “Air Pollution Control Engineering”, *McGraw-Hill, Inc.*, New York, USA, (1995).

Denier van der Gon, H.A.C., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Scaap, M., “A revised estimate of copper emissions from road transport in UNECE-Europe and its impact on predicted copper concentrations”, *Atmospheric Environment*, 41, 8697–8710, (2007).

Dongarra, G., Manno, E., Varrica, D., Vultaggio, M., “Mass levels, crustal component and trace elements in PM10 in Palermo, Italy”, *Atmospheric Environment*, 41, 7977–7986, (2007).

Drakou, G., Zerefos C., Ziomas, I., Voyatzaki, M., “Measurements and numerical simulations of indoor O₃ and NO_x in two different cases”, *Atmospheric Environment*, 32, 595–610, (1998).

Duah, K.A., “Hazardous Waste Risk Assessment”, *Lewis Publishers, SNR Company, Getechnical & Environmental Consultants, Laguna Hills, California, USA*, 53-112, (1993).

Durmuşoğlu, E., Aslan, S., Can, E., Bulut, Z., “Health risk assessment of workers’ exposure to organic compounds in a tire factory”, *Human and Ecological Risk Assessment An International Journal*, 13: 209–222, (2007)

EU, (European Union), Council Directive 1999/30/EC, 2002/3/EC, 2006, [online], <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l28098.htm>, (ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2009)

Gallego, J.L.R., Ordoñez, A., Loreda, J., “Investigation of trace element sources from an industrialized area (Aviles, northern Spain) using multivariate statistical methods”, *Environment International* 27, 589–596, (2002).

Gao, Y., Nelson, E.D., Field, M.P., Ding, Q., Li, H., Sherrell, R.M., Gigliotti C.L., Van Ry, D.A., Glenn, T.R., Eisenreich, S.J., “Characterization of atmospheric trace elements on PM_{2.5} particulate matter over the New York–New Jersey harbor estuary”, *Atmospheric Environment*, 36, 1077–1086, (2002).

Geller, M.D., Chang, M., Sioutas, C., Ostro, B.D., Lipsett, M.J., “Indoor/outdoor relationship and chemical composition of fine and coarse particles in the southern California deserts”, *Atmospheric Environment*, 36, 1099–1110, (2002).

Gemenetzi, P., Moussas, P., Arditoglou, A., Samara, C., “Mass concentration and elemental composition of indoor PM_{2.5} and PM₁₀ in University rooms in Thessaloniki, northern Greece”, *Atmospheric Environment*, 40, 3195–3206, (2006).

Gordon, G.E., “Receptor models”, *Environmental Science and Technology*, 14, 792–800, (1980).

Gordon, G.E., “Receptor models”, *Environmental Science and Technology*, 22(10), 1132–1142, (1988).

Gorecki, T. and Namiesnik, J., “Passive sampling”, *Trends in Analytical Chemistry*, 21(4), 276–290, (2002).

Guerin, M.R., Jenkins, R.A., Tomkins, B.A., “The Chemistry of Environmental Tobacco Smoke: Composition and Measurement”, Second Edition, *CRC Press*, (2000).

Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y., Li, W. M., “Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments”, *Environmental Research*, 94,57–66, (2004).

Güler Ç. ve Çobanoğlu Z., “Kapalı Ortam Hava Kirlenmesi”, *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, No:9, Ankara, 44, (1994).

Han, X., Naeher, L.P., “A review of traffic related air pollution exposure assessment studies in the developing world”, *Environmental International*, 32, 106-120, (2006).

Handler, M., Puls, C., Zbiral, J., Marr, I., Puxbaum, H. and Limbeck, A. “Size and composition of particulate emissions from motor vehicles in the Kaisermühlentunnel, Vienna”, *Atmospheric Environment*, 42 (9), 2173-2186, (2008).

Hays, S.M., Gobbell, R.V. and Ganick, N.R., “Indoor Air Quality: Solutions and Strategies”, *McGraw-Hill, Inc.*, New York, USA, (1995).

Henry, R.C., Lewis, C.W., Hopke, P.K., Williamson, H.J., “Review of receptor model fundamentals”, *Atmospheric Environment*, 18(8), 1507–1515, (1984).

Hoddinott, K.B. and Lee, A.P., “The use of environmental risk assessment methodologies for an indoor air quality investigation”, *Chemosphere*, 41, 77–84, (2000).

Hong, H., Shun-cheng, L., Jun-Ji, C., Chang-wei, Z., Xin-geng, C., Shao-jia, F., “Characteristics of indoor/outdoor PM_{2.5} and elemental components in generic urban, roadside and industrial plant areas of Guangzhou City, China”, *Journal of Environmental Sciences*, 19, 35-43, (2007).

Huang, X., Olmez, I., Aras, N.K., “Emissions of trace elements from motor vehicles: potential marker elements and source composition profile”, *Atmospheric Environment*, 28 (8), 1385-1391, (1994).

IARC (International Agency Research on Cancer), 2009, [online], Agents reviewed by the iarc monographs, <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ListagentsCASnos.pdf>, (ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2009)

Jansen, K.L., Larson, T.V., Koenig, J.Q., Mar, T.F., Fields, C., Stewart, J., and Lippmann, M., “Associations between Health Effects and Particulate Matter and Black Carbon in Subjects with Respiratory Disease”, *Environmental Health Perspectives*, 113-12, 1741-1746, (2005).

Jervis, R.E., Ko, M.M.C., Junliang, T., Puling, L., “Multivariate analyses of trace element patterns for environmental tracking”, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 169 (2), 363–379, (1993).

Jones A.P., “Indoor air quality and health”, *Atmospheric Environment*, 33, 4535–4564, (1999).

Jones, N.C., Thornton, C.A., Mark, D., Harrison, R.M., “Indoor/outdoor relationships of particulate matter in domestic homes with roadside, urban, and rural locations”, *Atmospheric Environment*, 34, 2603–2612, (2000).

Juntto, S., Paatero, P., “Analysis of daily precipitation data by positive matrix factorization”, *Environmetrics*, 5, 127–144, (1994).

Karaca, F., Alagha, O., Ertürk, F., “Statistical characterization of atmospheric PM10 and PM2.5 concentrations at a non-impacted suburban site of Istanbul, Turkey”, *Chemosphere*, 59 (8), 1183–1190, (2005).

Karpuzcu M., “Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü”, *Kubbealti Neşriyat*, İstanbul, 168-185, (2004).

Ke, L., Liu, W, Wang, Y., Russell, A.G., Edgerton, E.S., Zheng, M., “Comparison of M2.5 source apportionment using positive matrix factorization and molecular marker based chemical mass balance”, *Science of the Total Environment*, 394,290-302, (2008).

Kousa, A., Monn, C., Rotko, T., Alm S., Oglesby L., Jantunen M.,J., “Personal exposures to NO₂ in the Expolis-study: relation to residential indoor, outdoor and workplace concentrations in Basel, Helsinki and Prague”, *Atmospheric Environment*, 32, 3405–3412, (2001).

Kim, E., Larson,T.V., Hopke, P.K., Slaughter, C., Sheppard, L.E., Claiborn, C., “Source identification of PM2.5 in an arid Northwest U.S. City by positive matrix factorization”, *Atmospheric Research*, 66, 291–305, (2003)

Kummer, U., Pacyna, J., Pacyna, E., Friedrich, R., “Assessment of heavy metal releases from the use phase of road transport in Europe”, *Atmospheric Environment*, 43, 640–647, (2009).

Kumar, A.V., Patil, R.S., Nambi, K.S.V., “Source apportionment of suspended particulate matter at two traffic junctions in Mumbai, India”, *Atmospheric Environment*, 35, 4245–4251, (2001).

Kuntasal Oğuz, Ö., “Temporal Variations and Sources of Organic Pollution in Two Urban Atmospheres; Ankara and Ottawa”. PhD. Thesis, *Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering*, Ankara, (2005).

Lachenmyer, C. and Hidy, G.M., “Urban Measurements of Outdoor] Indoor PM Concentrations and Personal 2.5 Exposure in the Deep South. Part I. Pilot Study of Mass Concentrations for Nonsmoking Subjects”, *Aerosol Science and Technology*, 51, 32-34, (2000).

Lagrega M.D., Buckingham, P.L., Evans, J.C., “Hazardous Waste Management”, 837–885. *McGraw Hill*, New York, USA, (1994).

Lai, H.K., Kendall, M., Ferrier, H., Lindup, I., Alm, S., Hanninenin, O., Jantunen, M. Mathys, P., Colvile, R., Ashmore, M.R., Cullinan, P., Nieuwenhuijsen, M.J., “Personal exposures and microenvironment concentrations of PM_{2.5}, VOC, NO₂ ve CO in Oxford, UK”, *Atmospheric Environment*, 38, 6399–6410, (2004).

Landsberger, S., Wu, D., “The impact of heavy metals from environmental tobacco smoke on indoor air quality as determined by Compton suppression neutron activation analysis”, *Science of The Total Environment*, Vol. 173-174, 323-337, (1995).

Laupsa, H., Denby, B., Larssen, S., Schaug, J., “Source apportionment of particulate matter (PM_{2.5}) in an urban area using dispersion, receptor and inverse modelling”, *Atmospheric, Environment*, doi:10.1016/j.atmosenv,1–12, (2008).

Lee, H. S., Kang, B-W., Cheongs, J-P., Lee, S.-K., , “Relationships between indoor and outdoor air quality during the summer season in Korea”, *Atmospheric Environment*, 31 (11), 1689–1693, (1997).

Lee, S.C., Chang, M., “Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong”, *Chemosphere*, 41, 109–113, (2000).

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).

Li, C-S., Lin C-H., “Carbon profile of residential indoor PM₁ and PM_{2.5} in the subtropical region”, *Atmospheric Environmet*, 37, 881–888, (2003).

Lin, Y.P., Teng, T.P., Chang, T.K., “Multivariate analysis of soil heavy metal pollution and landscape pattern in Changhua County in Taiwan”, *Landscape and Urban Planning*, 62, 19–35, (2002).

Liu, S., Hu, M., Slanina, S., He, L.-Y., Niu, Y.-W., Bruegemann, E., Gnauk, T. and Herrmann, H., “Size distribution and source analysis of ionic compositions of aerosols in polluted periods at Xinken in Pearl River Delta (PRD) of China”, *Atmospheric Environment*, 42 (25), 6284-6295, (2008).

Long, C.M., Sarnat, J.A., “Indoor-outdoor relationships and infiltration behavior of elemental components of outdoor PM_{2.5} for Boston-Area homes”, *Aerosol Science and Technology*, 38, 91–2004. (2004).

Loska, K., Wiechula, D., Korus, I., “Metal contamination of farming soils affected by industry”, *Environment International*, 30 (2), 159–165, (2004).

- Manoli, E., Voutsas D., Samara C., “Chemical characterization and source identification/apportionment of fine and coarse air particles in Thessaloniki, Greece”, *Atmospheric environment*, 36(6), 949–961, (2002).
- Mamane, Y., Perrino, C., Yossef, O. and Catrambone, M., “Source characterization of fine and coarse particles at the East Mediterranean coast”, *Atmospheric Environment*, 42 (24), 6114-6130, (2008).
- Mazzei, F., D'Alessandro, A., Lucarelli, F., Nava, S., Prati, P., Valli, G., Vecchi, R., “Characterization of particulate matter sources in an urban environment”, *Science of the Total Environment*, 401, 81 – 89, (2008).
- McCormack, M.C., Breysse, P.N., Hansel, N. N. Matsui, E.C., Tonorezos, E.S., Curtin-Brosnan, J., Williams, D.L., Buckley, T. J., Eggleston, P.A., Diette, G.B., “Common household activities are associated with elevated particulate matter concentrations in bedrooms of inner-city Baltimore pre-school children”, *Environmental Research*, 106, 148–155, (2008).
- McDermott, H.J., “Air Monitoring for Toxic Exposures”, 2nd Edition, *John Wiley&Sons, Inc.*, New York, USA, 10, (2004).
- Meininghaus, R., Kouniali, A., Mandin, C., Cicolella, A., “Risk assessment of sensory irritants in indoor air—a case study in a French School”, *Environmental International*, 28, 553–557, 2003.
- Miller, S.L., Nazaroff, W.W., “Environmental tobacco smoke particles in multizone indoor environments”, *Atmospheric Environment*, 35(12), 2053-2067, (2001).
- Miller, S.L., Anderson, M.J., Daly, E.P., Milford, J.B., “Source apportionment of exposure to volatile organic compounds. I. Evaluation of receptor models using simulated exposure data”, *Atmospheric Environment*, 36, 3629–3641, (2002).
- Mirici, A. ve Tutar, Ü., “İnhale edilen partikülün solunum sistemindeki serüveni”, *Toraks Dergisi*, Cilt 3, Ek 2, 3–6, (2002).
- 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).
- Monn, C., Brandli, O., Schindler C., Ackermann-Liebrich U., Leuenberger, P., “Personal exposure to nitrogen dioxide in Switzerland”, *The Science of the Total Environment*, 215, 243–251, (1998).
- Monn C., “Exposure assessment of pollutant: a review on spatial heterogeneity and indoor/outdoor/personal exposure to suspended particulate matter, nitrogen dioxide and ozone”, *Atmospheric Environment*, 35, 1–32, (2001).

Moriske, H.-J., Drews, M., Ebert, G., Menk, G., Scheller, C., Schondube, M., Konieczny, L., “Indoor air pollution by different heating systems: coal burning, open fire place and central heating”, *Toxicology Letters*, 88, 349–354, (1996).

Na, K., Sawant, A.A., Cocker, D.R., “Trace elements in fine particulate matter within a community in western Riverside County, CA: focus on residential sites and a local high school”, *Atmospheric Environment*, 38, 2867–2877, (2004).

NJDEP (New Jersey Department of Environmental Protection) 1994, “Guidance on Preparing a Risk Assessment for Air Contaminant Emissions”, [online], <http://www.state.nj.us/dep/aqpp/downloads/techman/1003.pdf>. (**Ziyaret Tarihi: 20 Eylül 2007**)

Nkono, N.A., Asubiojo, O.L., Ogunsua, O.A., Oluwole, A.F., “Levels, sources and speciation of trace elements in the surface waters of the Lagos Lagoon”, *International Journal of Environmental Studies*, 56, 215–230, (1999).

Okamoto, S., Hayashi, M., Nakajima, M., Kainuma, Y., Shiozawa K., “A factor analysis-multiple regression model for source apportionment of suspended particulate matter”, *Atmospheric Environment*, 24A, 2089–2097, (1990).

Owen, R.B., Sandhu, N., “Heavy metal accumulation and anthropogenic impacts on Tolo Harbour, Hong Kong”, *Marine Pollution Bulletin*, 40, 174-180, (2000).

Ölmez, I., Beal, J.W., Villaume, J.F., “A new approach to understanding multiple-source groundwater contamination: factor analysis and chemical mass balances”, *Water Research*, 28(5), 1095–1101, (1994).

Özkaynak, H., Xue, J., Spengler, J.D., Wallace, L.A., Pellizzari, E.D., Jenkins, P., “Personal exposure to airborne particles and metals: results from the particle TEAM study in Riverside, California”, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 6, 57– 78, (1996).

Paatero, P. and Tapper, U., “Positive matrix factorization: a nonnegative factor model with optimal utilization of error estimates of data values”, *Environmetrics* 5, 111–126, (1994).

Paatero, P., “Least square formulation of robust non-negative factor analysis”. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 37, 23–35, (1997).

Paatero, P., “User’s guide for positive matrix factorization programs PMF2 and PMF3”, Part 1: Tutorial, , *University of Helsinki, Helsinki*, Finland (2000).

Paatero, P., “User’s guide for positive matrix factorization programs PMF2 and PMF3”, Part 2: Reference, *University of Helsinki, Helsinki*, Finland, (2002).

Paatero, P., “User’s Guide for Positive Matrix Factorization Programs PMF2 and PMF3”, Part1: Tutorial, *University of Helsinki, Helsinki*, Finland, 2004.

Palmes, E.D. , Gunnison, A.F. ,Di Mattio, J., Tomczyk, C., “Personal sampler for nitrogen dioxide”, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 37, 570-577, (1976).

Paoletti, L., De Berardis, B., Arrizza, L., Granato, V., “Influence of tobacco smoke on indoor PM10 particulate matter characteristics”, *Atmospheric Environment*, 40, 3269–3280, (2006).

Park, E.S., “Multivariate Receptor Modeling from a Statistical Science Viewpoint”, *Ph.D. Thesis, Texas A&M University*, USA, (1997).

Pauluhn, J., “Hazard identification and risk assessment of pyrethroids in the indoor environment”, *Toxicology Letters*, 107, 193–199, (1999).

Peden, D.B., “Air pollution in asthma: effect of pollutants on airway inflammation. Annals of Allergy”, *Asthma and Immunology*, 87(6), 12–17, (2001).

Pekey, H., Bakoğlu, M., Pekey, B., 2005. Sources of heavy metals in the western Bay of Izmit surface sediments. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 85 (14), 1025–1036.

Perez, N., Pey, J., Querol, X., Alastuey, A., Lopez, J.M., Viana, M., “Partitioning of major and trace components in PM10–PM2.5–PM1 at an urban site in Southern Europe”, *Atmospheric Environment*, 42, 1677–1691, (2008).

Polissar, A.V., Hopke, P.K. and Poirot, R.L., “Atmospheric aerosol over Vermont, chemical composition and sources”, *Environmental Science Technology*, 35, 4604-4621, (2001).

Pope, C.A III, “Respiratory hospital admissions associated with PM10 pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys”, *Archives of Environmental Health*, 46(2), 90–97, (1991).

Quackenboss, J.J., Lebowitz, M.D., Crutchfield, C.D., “Indoor-outdoor relationships for particulate matter: exposure classifications and health effects”, *Environment International*, 15, 353–360, (1989).

Qin, Y., Oduyemi, K. and Chan, L. Y., “Comparative testing of PMF and CFA models”, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 61, 75–87, (2002).

Ragosta, M., Caggiano, R., Macchiato, M., Sabia, S., Trippetta, S., “Trace Elements in daily collected aerosol: level, characterization and source identification in a four-year study”, *Atmospheric Research*, doi: 10.1016/j.atmosres, (2008)

Rodrics, J.V., Brett, S.M., Wrenn, G.C., “Significant risk decisions in Federal regulatory agencies”, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 7, 307–320, (1987).

Radiello, radial diffusive sampler, 2008, [online], <http://www.radiello.com/>, (**ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2009**)

RAIS (Risk Assessment Information System), 2006, [online], <http://rais.ornl.gov/> (**ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2009**)

Rojas-Bracho, L., Suh, H.H., Oyola, P., Koutrakis, P., “Measurements of children’s exposures to particles and nitrogen dioxide in Santiago”, *Chile The Science of the Total Environment*, 287, 249-264, (2002).

RSHM,, “Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri”, Refik Saydam Hıfzıssıha Merkezi Başkanlığı, *Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü*, Ankara, 177, (2001).

RSHM, Refik Saydam Hıfzıssıha Merkezi Başkanlığı, “Hava Kirliliğine Genel Bakış”, *Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü*, Ankara, 60, (2004).

Salomons, W., Förstner, U., “Metals in the Hydrocycle. Springer-Verlag”, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 349, (1984).

Salvador, P., Artıñano, B., Querol, X., Alastuey, A., Costoya, M., “Characterisation of local and external contributions of atmospheric particulate matter at a background coastal site”, *Atmospheric Environment*, 41, 1-17, (2007).

Santos, I.R., Silva, E.V., Schaefer, C.E.G.R., Albuquerque, M.R., Campos, L.S., “Heavy metal contamination in coastal sediments and soils near the Brazilian Antarctic Station, King George Island”, *Marine Pollution Bulletin*, 50, 185-194, (2005).

Sax, S.N., Bennet, D.H., Chillrud, S.N., Kinney, P.L., Spengler, J.D., “Differences in source emission rates of volatile organic compounds in inner-city residences of New York City and Los Angeles”, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14(S1), 95–109, (2004).

Sheffield A.E., Gordon G.E., Currie L.A., Riederer G.E., “Organic, elemental and isotopic tracers of air pollution sources in Albuquerque, NM”, *Atmospheric Environment*, 28, 1371–1384, (1994).

Seaton, A., MacNee, W., Donaldson, K., Godden, D., “Particulate air pollution and acute health effects”, *Lancet*, 345, 176–178, (1995).

See, S.W. and Balasubramanian, R., “Risk assessment of exposure to indoor aerosols associated with Chinese cooking”, *Environmental Research*, 102, 197–204, (2006).

See, S. W. and Balasubramanian, R., “Chemical characteristics of fine particles emitted from different gas cooking methods”, *Atmospheric Environment*, doi:10.1016/j.atmosenv, (2008).

Slezakova, K., Pereira, M.C., Alvim-Ferraz, M.C., “Influence of tobacco smoke on the elemental composition of indoor particles of different sizes”, *Atmospheric Environment*, 43, 486–493, (2009).

Song, G-J, Kim, K-H, Seo, Y-C, Kim, S-C, “Characteristics of ashes from different locations at the MSW incinerator equipped with various air pollution control devices”, *Waste Management*, 24, 99–106, (2004).

Song, Y., Tang, X., Xie, S., Zhang, Y., Wei, Y., Zhang, M, Zeng, L., Lu, S., “Source apportionment of PM_{2.5} in Beijing in 2004”, *Journal of Hazardous Materials*, 146, 124–130, (2007).

Soysal, A., Demiral, Y., 2007, [online] “Kapalı Ortam Hava Kirliliği”, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2007: 6 (3) http://www.korhek.org/khb/khb_006_03-221.pdf (ziyaret tarihi: 17 Nisan 2009).

Spengler, J., Sundell, J., Tanabe, S., Nazaroff, B., “Editorial: Deadly household pollution: a call to action”, *Indoor Air*, 16(1), 2–3, (2006).

Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S.S., Grieken, R. V., “Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium”, *Environment International*, 33, 789–797, (2007).

Tam, B.N. and Neumann, C.M., “A human health assessment of hazardous air pollutants in Portland, OR”, *Journal of Environmental Management*, 73, 131–45, (2004).

Thatcher, T.L. and Laytol, D.W., “Deposition, re-suspension and penetration of particles within a residence”, *Atmospheric Environment*, 29, 1487–1497, (1995).

Tünay, O. ve Alp, K., “Hava Kirlenmesi Kontrolü”, *İstanbul Ticaret Odası, Ç.M.O.*, Yayın no:1996-36, İstanbul, (1996).

USEPA (United States Environmental Protection Agency),. “Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A)”. EPA/540/1-89/002. *Office of Solid Waste and Emergency Response*, Washington, DC, USA, (1989).

USEPA (United States Environmental Protection Agency),. “Risk Assessment for Air Pollutants: A Citizen’s Guide”. EPA-450/3-90-024. *Air Risk Information Support Center, Research Triangle Park*, NC, USA, (1991b).

USEPA (United States Environmental Protection Agency), Guidelines for Exposure Assessment, *Federal Register* 57(104):22888-22938, EPA/600/Z-92/001, (1992).

USEPA (United States Environmental Protection Agency, Integrated Risk Information System (IRIS), Available at <http://www.epa.gov/iriswebp/iris/> (2003).

USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2006, [online], SPECIATE data-base, version 4.0. <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/speciate/index.html> (**ziyaret tarihi: 5 Mart 2008**).

USEPA (United States Environmental Protection Agency) 2007, [online], <http://www.epa.gov/ttn/naaqs/> (**ziyaret tarihi: 5 Mart 2008**)

USEPA (United States Environmental Protection Agency) 2008, [online], <http://www.epa.gov/ttn/naaqs/> (**ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2009**)

Viana, M., Kuhlbusch, T.A.J., Querol, X., Alastuey, A., Harrison, R.M., Hopke, P.K., Winiwarter, W., Vallius, M., Szidat, S., Prevot, A.S.H., Hueglin, C., Bloemen, H., Wahlin, P., Vecchi, R., Miranda, A.I., Kasper-Giebl, A., Maenhaut, W., Hitzemberger, R., “Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results”, *Aerosol Science*, 39, 827–849, (2008).

Wadden, W. A. and Scheff P. A., “Indoor Air Pollution Characterization, Prediction and Control”, *John Willey & Sons, Inc.*, USA, 79-102, (1983).

Wallace, L., “Indoor Particles: A Review”, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 46(2), 98–126, (1996).

Wang, X., Sato, T., Xing, B., “Size distribution and anthropogenic sources apportionment of airborne trace metals in Kanazawa”, *Japan Chemosphere*, 65, 2440–2448, (2006).

Watson, J.G., Zhu, T., Chow, J.C., Engelbrecht, J., Fujita, E.M., Wilson, W.E., “Receptor modeling application framework for particle source apportionment”, *Chemosphere*, 49, 1093–1136, (2002).

Weckwerth, G., “Verification of traffic emitted aerosol components in the ambient air of Cologne (Germany)”, *Atmospheric Environment*, 35, 5525-5536, (2001).

WHO (World Health Organization), “Oxides of Nitrogen”, *Environmental Health Criteria 4*, Geneva, (1977).

WHO (World Health Organization), “Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter”, *Environmental Health Criteria 8*, Geneva, (1979).

WHO (World Health Organization), “Nitrogen Oxides”, *Environmental Health Criteria 188*, Geneva, (1997).

WHO (World Health Organization), “Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Summary of risk assessment”, WHO/SDE/PHE/OEH/06.02, (2005).

WHO (World Health Organization), 2008, [online], <http://www.who.int/peh/>, (**ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2009**)

Yatın, M., Tuncel, S., Aras, N.K., Olmez, I., Aygun, S., Tuncel, G., “Atmospheric trace elements in Ankara, Turkey: 1. factors affecting chemical composition of fine particles”, *Atmospheric Environment*, 34 (8), 1305–1318, (2000).

Yatkın, S. ve Bayram, A., “Determination of major natural and anthropogenic source profiles for particulate matter and trace elements in İzmir, Turkey”, *Chemosphere*, 71, 685–696, (2008).

Yuan, Z., Lau, A.K.H., Zhang, H., Yu, J.Z., Louie, P.K.K., Fung, J.C.H., “Identification and spatiotemporal variations of dominant PM10 sources over Hong Kong”, *Atmospheric Environment*, 40, 1803–1815, (2006).

Yue, W., Stölzel, M., Cyrys, J., Pitz, M., Heinrich, J., Kreyling, W.G., Wichmann, H.E., Peters, A., Wang, S., Hopke, P.K., “Source apportionment of ambient fine particle size distribution using positive matrix factorization in Erfurt, Germany”, *Science of the Total Environment*, 398, 133 – 144, (2008).

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).

Zhao, Z., Zhang, Z., Wang, Z., Ferm, M., Liang, Y., Norback, D., “Asthmatic symptoms among pupils in relation to winter indoor and outdoor air pollution in schools in Taiyuan, China”, *Environmental Health Perspectives*, 116, 90–97, (2008).

Zhou, F., Guo, H., Hao, Z., “Spatial distribution of heavy metals in Hong Kong’s marine sediments and their human impacts: A GIS-based chemometric approach”, *Marine Pollution Bulletin*, 54 (9), 1372-1384, (2007).

EKLER

Ek-A: ANKET ÇALIŞMASI – EVLER

KOCAELİ’DE EVLERDE, OFİSLERDE VE OKULLARDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

ANKET ÇALIŞMASI - EVLER

Projeyi Yürüten Kuruluş : Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü

Destekleyen Kuruluşlar : Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara Nükleer Araştırma
ve Eğitim Merkezi

Bu ankette yeralan tüm bilgiler gizli tutulacaktır ve sadece araştırma amacıyla kullanılacaktır. Anketlerden elde edilecek tüm sonuçlar bütün olarak değerlendirilecektir. Tek bir kişiyi göz önüne alan bilgiler kişisel izin olmadan kullanılmayacaktır. Cevaplarınız evinizdeki iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörleri belirlememize yardımcı olacaktır. Herhangi bir soruyu bilmiyorum şeklinde cevaplamaadan önce lütfen anket sorumlusuna danışınız.

Yardımlarınız için teşekkür ederiz.

A.Ev Halkı ve Katılımcı Bilgileri

- 1) Katılımcı adı :
- 2) Katılımcı adresi :
- 3) Tel. No :
- 4) Ailenin yıllık geliri :

B.Ev Halkı Bilgileri

- 5) Evde kimler yaşıyor? Lütfen aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

	Adı Soyadı	Yaşı	Evde içtiği sigara sayısı (adet/gün)	Eğitimi	Mesleği
1					
2					
3					
4					

6) Evinizde hayvan besliyormusunuz?

- a. Evet b. Hayır

7) Cevabınız evet ise ne tür bir hayvan besliyorsunuz ?

C. Ev Tipi

8) Evinizi tanımlarmısınız? a. Bahçeli b. Apartman dairesi c. Diğer

9) Eviniz kaç odalı ?

10) Eviniz kaç metrekare ? tahminen söylediyse kutuyu işaretleyin

11) Eviniz kaç yaşında?

12) Bu evde kaç yıldır ikamet ediyorsunuz?

13) Eviniz trafiğe yakın mı? Trafiğe yaklaşık uzaklığı ?

- a. Evet b. Hayır

14) Uyku dışında zamanınızın büyük bir kısmını evinizin hangi bölümünde geçiriyorsunuz?

- a. Yatak odası b. Mutfak c. Oturma odası d. Çalışma odası
e. Diğer.....

D. Isıtma ve Havalandırma Sistemleri

15) Evinizin havalandırma sistemi var mı? a. Evet b. Hayır c. Bilmiyorum

16) Cevabınız evet ise ne tür bir havalandırma sistemine sahipsiniz?

.....

17) Oda havalandırması varsa, hangi odalarda bulunuyor?

.....

18) Evinizde havalandırma için ayrıca ne tür bir fan var?

- a. Portatif fan b. Tavan fanı c. Banyo fanı d. Aspiratör e. Fan yok f. Bilmiyorum

19) Eviniz nasıl ısıtılıyor?

Sistem Tipi	Temel ısıtıcı	2.	3.	Isıtıcıların evdeki yerleri
a. Kalorifer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Soba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Diğer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

20) Ne tür yakıt kullanılıyor?

Yakıt Tipi	Temel yakıt	2.	3.
a. Doğal gaz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Fuel-oil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Elektrik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Gaz yağı	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Odun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Kömür	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Diğer.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

21) Evinizi her zaman aynı sıcaklıkta tutuyor musunuz? a. Evet b. Hayır c. Bilmiyorum

22) Hava nemlendiricisi kullanıyormusunuz? Cevabınız evet ise hangi odalarda?

a. Evet b. Hayır c. Bilmiyorum

.....

E) Evsel Kirletici Kaynakları

23) Tüm ev aletleriniz (Fırın, Sıcak su ısıtıcısı, Elbise kurutucusu v.b.) elektrikli mi?

a. Evet b. Hayır c. Bilmiyorum

24) Cevabınız hayır ise lütfen aşağıdaki tabloyu doldurunuz

Cihazın Tipi	Yakıt türü	Diğer (tanımlayınız)	Evin neresinde
Fırın			
Ocak			
Sıcak su ısıtıcısı			
Elbise kurutucusu			
Diğer			

25) Evinizdeki halı sayısını belirtiniz?

26) Evinizin yaklaşık yüzde kaç halı ile kaplı? a. <% 25 b. %25-50 c. %50-75 d. >%75

27) Yakın zaman içerisinde evinizi halı kaplattınız mı? a. Evet b. Hayır

28) Cevabınız evet ise tarihini ve hangi odaları kaplattığınızı belirtirmisiniz? .

.....

29) Yakın zaman içerisinde evinizde boya-badana yapıldı mı? a. Evet b. Hayır

30) Cevabınız evet ise tarihini ve hangi odalarda yapıldığını belirtiniz?

.....

31) Yakın zaman içerisinde evinize mobilya aldınız mı? a. Evet b. Hayır

32) Cevabınız evet ise tarihini ve hangi odada olduğunu belirtiniz?

.....

33) Ev halkı iç ortamda sigara kullanıyor mu? Ne sıklıkla?

a. Evet b. Hayır

34)Evinizde Barbekü, Şömine vb. var mı ? Ne sıklıkla kullanılıyor ? Evin hangi bölümünde?

a. Evet b. Hayır

Eviniz ile ilgili eklemek istediğiniz diğer bilgiler ve yorumlarınız :

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Ek-B: ANKET ÇALIŞMASI – OFİSLER

KOCAELİ'DE EVLERDE, OFİSLERDE VE OKULLARDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

ANKET ÇALIŞMASI - OFİSLER

Projeyi Yürüten Kuruluş : Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü

Destekleyen Kuruluşlar : Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara Nükleer Araştırma
ve Eğitim Merkezi

Bu ankette yer alan tüm bilgiler gizli tutulacaktır ve sadece araştırma amacıyla kullanılacaktır. Anketlerden elde edilecek tüm sonuçlar bütün olarak değerlendirilecektir. Tek bir kişiyi göz önüne alan bilgiler kişisel izin olmadan kullanılmayacaktır. Cevaplarınız ofisinizdeki iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörleri belirlememize yardımcı olacaktır. Herhangi bir soruyu bilmiyorum şeklinde cevaplamaadan önce lütfen anket sorumlusuna danışınız. Yardımlarınız için teşekkür ederiz.

- 1) Katılımcı şirket adı :
- 2) Şirket adresi :
- 3) Tel. No :
- 4) Bina yaşı:
- 5) Şirkette çalışan personel sayısı ?
- 6) Ofiste çalışma günleri ve saatleri ?
- 7) Katılımcının bulunduğu ofiste çalışan personel sayısı ?.....
- 8) Katılımcının bulunduğu ofiste sigara içiliyor mu ? Lütfen aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

	Adı Soyadı	Yaşı	Ofiste içtiği sigara sayısı (adet/gün)	Eğitimi	Mesleği
1					
2					
3					
4					
5					
6					

- 9) Ofis kaç metrekare ?.....
- 10) Ofisin zemini ne ile kaplı ?.....
- 11) Yakın zaman içerisinde ofiste boya-badana yapıldı mı? Yapıldıysa tarihi ?
.....
- 12) Ofis malzemeleri (masa, sandalye vb.) hangi malzemeden üretilmiş?
a. Ahşap b. Plastik c. Metal d. Diğer
- 13) Ofiste aşağıdaki büro malzemelerinden kaç tane bulunmaktadır?
a. Bilgisayar..... b. Yazıcı..... c. Fotokopi makinesi.....
d. Faks cihazı.....
- 14) Ofis trafiğe yakın mı? Trafiğe yaklaşık uzaklığı ?
a. Evet b. Hayır
- 15) Ofiste havalandırma sistemi var mı? a. Evet b. Hayır
- 16) Cevabınız evet ise ne tür havalandırma sistemine sahipsiniz
.....
- 17) Ofiste havalandırma için pencereleri açıyor musunuz?
a. Evet b. Hayır
- 18) Havalandırma için gün içerisinde pencereler ne sıklıkla açılıyor ?
.....
- 19) Ofisiniz nasıl ısıtılıyor?
- | Sistem Tipi | Temel ısıtıcı | 2. | 3. | Isıtıcıların ofisteki yerleri |
|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| a. Kalorifer | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| b. Soba | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| c. Diğer | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
- 20) Ne tür yakıt kullanılıyor?
- | Yakıt Tipi | Temel yakıt | 2. | 3. |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a. Doğal gaz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b. Fuel-oil | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c. Elektrik | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d. Gaz yağı | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e. Odun | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f. Kömür | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g. Diğer..... | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
- 21) Ofisi sürekli aynı sıcaklıkta tutuyor musunuz?
a. Evet b. Hayır c. Bilmiyorum

Ek-C: ANKET ÇALIŞMASI-OKULLAR

KOCAELİ'DE EVLERDE, OFİSLERDE VE OKULLARDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

ANKET ÇALIŞMASI - OKULLAR

Projeyi Yürüten Kuruluş : Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü

Destekleyen Kuruluşlar : Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara Nükleer Araştırma
ve Eğitim Merkezi

Bu ankette yeralan tüm bilgiler gizli tutulacaktır ve sadece araştırma amacıyla kullanılacaktır. Anketlerden elde edilecek tüm sonuçlar bütün olarak değerlendirilecektir. Tek bir kişiyi göz önüne alan bilgiler kişisel izin olmadan kullanılmayacaktır. Cevaplarınız okulunuzdaki iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörleri belirlememize yardımcı olacaktır. Herhangi bir soruyu bilmiyorum şeklinde cevaplamaadan önce lütfen anket sorumlusuna danışınız. Yardımlarınız için teşekkür ederiz.

- 1) Katılımcı okul adı :
- 2) Katılımcı okul adresi :
- 3) Tel. No :
- 4) Okul binası hangi tarihte inşa edilmiş?.....
- 5) Okulda eğitim hangi saatler arasında veriliyor ?.....
- 6) Okulda eğitim gören öğrenci sayısı ?.....
- 7) Bir sınıfta yaklaşık kaç öğrenci bulunmaktadır?
- 8) Bir ders süresi ?.....
- 9) Bir tenefüs süresi ?.....
- 10) Öğrenciler tenefüslerde genelde nerelerde vakit geçiriyor?.....
- 11) Okulda kantin var mı?.....
- 12) Kantinde havalandırma sistemi mevcut mu? **a.** Evet **b.** Hayır
- 13) Cevabınız evetse ne tür bir havalandırma sistemi var? Yeterli mi?
.....
- 14) Kantinde aşağıdaki cihazlardan hangileri kaçar tane bulunmaktadır?
a. Ocak..... **b.** Fırın..... **c.** Tost makinesi..... **d.** Çay makinesi.....
e. Diğer.....

- 15) Öğretmenler odasında tenefüslerde yaklaşık kaç öğretmen bulunuyor?
- 16) Öğretmenler günde yaklaşık kaç saatlerini öğretmenler odasında geçiriyor ?
- 17) Öğretmenler odasında sigara içiliyor mu? **a.** Evet **b.** Hayır
- 18) Cevabınız evetse kaç kişi sigara kullanıyor ve günde toplam kaç sigara içiliyor ?.....
- 19) Cevabınız hayırsa sigara içmek için özel bir alan var mı ? **a.** Evet **b.** Hayır
- 20) Bu alanı günde kaç kişi kullanıyor ve yaklaşık kaç sigara içiliyor ?
- 21) Okul kaç metrekare ? tahminen söylediyse kutuyu işaretleyiniz
- 22) Okul kaç katlı ?.....
- 23) Okulda bulunan derslik sayısı ?.....
- 24) Derslikler hangi katlarda bulunuyor?.....
- 25) Her katta erkek ve kız öğrencilere ait tuvalet bulunuyormu ? **a.** Evet **b.** Hayır
- 26) Dersliklerin zemini ne ile kaplı?.....
- 27) Öğretmenler odası kaç metrekare?.....
- 28) Öğretmenler odasının zemini ne ile kaplı?.....
- 29) Okulun bahçesi var mı? **a.** Evet **b.** Hayır
- 30) Cevabınız evetse bahçe kaç metrekare ?..... tahminen söylediyse işaretleyiniz
- 31) Bahçenin zemini nasıl ?.....
- 32) Okul ne sıklıkla badana boya yapılıyor?.....
- 33) Okul yakın zamanda badana boya yapıldıysa tarihi ?.....
- 34) Dersliklerde bulunan sıralar hangi malzemeden üretilmiş?
a) Ahşap **b)** Plastik **c)** Metal
- 35) Dersliklerde bulunan ders tahtasına yazı yazmakta ne kullanılıyor?
a) Tebeşir **b)** Kalem
- 36) Okulunuzda hangi mekanlarda aşağıdaki cihazlardan kaç adet olduğunu yazınız.
a. Faks cihazı.....
b. Yazıcı.....
c. Fotokopi makinesi.....
d. Bilgisayar.....
e. Diğer.....
- 37) Okul trafiğe yakın mı? Trafiğe yaklaşık uzaklığı ? **a.** Evet **b.** Hayır
.....
- 38) Okul bahçesinde araç park yeri mevcut mu? **a.** Evet **b.** Hayır
- 39) Cevabınız evetse bu park alanına günde yaklaşık kaç araç park ediliyor?.....
- 40) Okulda havalandırma sistemi var mı? **a.** Evet **b.** Hayır
- 41) Cevabınız evet ise ne tür bir havalandırma sistemine sahipsiniz?.....

Ek-D: ZAMAN-AKTİVİTE ÇİZELGESİ

KOCAELİ'DE EVLERDE, OFİSLERDE VE OKULLARDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

ANKET ÇALIŞMASI ZAMAN-AKTİVİTE ÇİZELGESİ

Tarih / / 2006

Örneklenen Kişinin Adı Soyadı :

Örneklenen Mekanın Adresi :

Örnek No :

1. Örnekleme boyunca yarım saat aralıklarla aktivitelerinizi aşağıdaki tabloya kaydediniz.
2. Aktivitenin gerçekleştiği mekanı işaretleyiniz (√).
3. Aktivitenin genel bir tanımlamasını yapınız ve aktivitenin gerçekleştiği mekanı tanımlayınız.
4. Örnekleme esnasında aşağıdaki iş kollarından her hangi birinde çalıştınız veya bu gibi bir işin yapıldığı bölümde bulduysanız özellikle belirtiniz.

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| a. Boyama | b. Kim.l veya plastik imalatı | c. Servis istasyonu / Garaj |
| d. Ahşap işleme | e. Hastane | f. Metal işleme |
| g. Sıhhi tesisat | h. Kuru temizleme | i. Petrokimya fabrikası |
| j. Matbaa | k. İnşaat işleri | l. Kaynak, tamirat |
| m. Otomotiv imalatı,bakım ve tamiri | n. Diğer | |

5. Örnekleme esnasında aşağıdaki maddelerden her hangi birini kullandıysanız lütfen belirtiniz.

- | | | |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| a. Gaz,yağ | b. LPG tüp | c. Diğer yakıtlar..... |
| d. Boya, vernik | e. Çözücüler (solvent) | f. Tutkal (yapıştırıcı) |
| g. Temizlik malzemeleri | h. Oda spreyi | i. Böcek ilacı |
| j. Kozmetik ürünler | k. Diğer..... | |

6. Örnekleme esnasında herhangi bir araç ile yaptığımız seyahatleri belirtirken lütfen trafik yoğunluğunu ve aracın camlarının seyahat sırasında açık ya da kapalı olduğunu belirtiniz.
7. Lütfen kimyasallara maruz kalmanıza neden olabilecek farklı bir ortamda veya aktivitede bulduysanız belirtiniz.
8. Sigara ve benzerlerini kullandığımız veya 15 dakikadan fazla süre için sigara içen biriyle kapalı ortamda yan yanana bulunduğunuz zamanları lütfen aşağıdaki tabloda belirtiniz.

9. Aşağıda sizin için örnek bir anket hazırlanmıştır. Anketi doldurmadan önce lütfen örnek anketi inceleyiniz.

Saat	İç Ortam			Dış Ortam		Aktivite / Mekan Tanımlaması
	Ev	İş yeri / Okul	Diğer	Araç veya yol kenarı	Diğer	
07:00-07:30						
07:30-08:00						
08:00-08:30						
08:30-09:00						
09:00-09:30						
09:30-10:00						
10:00-10:30						
10:30-11:00						
11:00-11:30						
12:00-12:30						
12:30-13:00						
13:00-13:30						
13:30-14:00						
14:00-14:30						
14:30-15:00						
15:00-15:30						
15:30-16:00						
16:00-16:30						
16:30-17:00						

Saat	İç Ortam			Dış Ortam		Aktivite / Mekan Tanımlaması
	Ev	İş yeri / Okul	Diğer	Araç veya yol kenarı	Diğer	
17:00-17:30						
17:30-18:00						
18:00-18:30						
18:30-19:00						
19:00-19:30						
19:30-20:00						
20:00-20:30						
20:30-21:00						
21:00-21:30						
21:30-22:00						
22:00-22:30						
22:30-23:00						
23:00-23:30						
23:30-24:00						
00:00-00:30						
00:30-01:00						
01:00-01:30						
01:30-02:00						
02:00-07:00						

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Ankara'da doğdu. İlk ve orta öğretim eğitimini İzmit'te tamamladı. 1995 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünden 2000 yılında mezun oldu. 2000-2003 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya ABD'da yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2004 yılında KOU Fen Bilimleri Enstitüsünde Çevre Mühendisliği ABD'da doktora programına başladı. 2001-2004 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde, 2004-2009 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 2009 yılı ocak ayı itibari ile Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığında görev yapmaktadır.