



Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

The Scientific and Technological Research Council of Turkey

**KOCAELİ'DE EVLERDE, OFİSLERDE
ve OKULLARDA İÇ ORTAM
HAVA KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

PROJE NO: 104Y275

Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri

Araştırma Grubu - ÇAYDAG

Environmental, Atmospheric, Earth and Marine Sciences

Research Group - ÇAYDAG

**KOCAELİ'DE EVLERDE, OFİSLERDE
ve OKULLARDA İÇ ORTAM
HAVA KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

PROJE NO: 104Y275

Yrd.Doç.Dr. Hakan PEKEY
Prof.Dr. Gürdal TUNCEL
Yrd.Doç.Dr. Beyhan PEKEY
Dr. Öznur OĞUZ KUNTASAL
Dr. Abdullah ZARARSIZ
Dr. Nurettin EFE
Araş.Gör. Demet ARSLANBAŞ
Araş.Gör. Zehra BOZKURT
Araş.Gör. Güray DOĞAN
Araş.Gör. Mihriban CİVAN
Araş.Gör. Deniz GENÇ
Yrd.Doç.Dr. Aykan KARADEMİR
Yrd.Doç.Dr. Şenay ÇETİN

**MART, 2008
ANKARA**

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye’de iç ortam kirletici düzeyleri, kaynakları ve oluşturdukları sağlık risklerinin belirlendiği kapsamlı ilk çalışmadır. Bu açıdan, çalışmadan elde edilecek sonuçların ülkemizde iç ortam hava kirliliğinin boyutu ve önemi konusunda bir değerlendirme yapabilmek amacıyla gelecekte yapılacak çalışmalar için temel teşkil etmesini ve projeden elde edilecek sonuçların ülkemiz için faydalı olmasını dilerim.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü adına yürütülen 104Y275 nolu Araştırma Projesi, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu (ÇAYDAG) tarafından desteklenmiştir. TÜBİTAK’ın maddi desteği ile yürütülen projenin takibi sırasında her türlü ilgiyi ve yardımı sağlayan ÇAYDAG çalışanlarına ve üyelerine teşekkür ederim. Projenin yönlendirilmesinde önemli destekler veren Sayın Proje Danışmanına ve bilgi ve tecrübesinden sıkça yararlandığım Proje İzleyicisi Uzman Yrd. Gültekin YILMAZ’a çok teşekkür ederim.

Projenin her aşamasında verdikleri destek, ilgi ve hoşgörü nedeniyle Prof.Dr. Gürdal TUNCEL ve Prof.Dr. Semra TUNCEL’e teşekkür eder, kendilerini tanımış ve birlikte çalışma fırsatına sahip olmaktan dolayı büyük onur ve mutluluk duyduğumu bildirmek isterim. Analizler sırasında laboratuvar ve ekipmanlarını kullandığımız, kişiliğini ve azmini örnek aldığım Prof.Dr. Ülkü YETİŞ’e teşekkür ederim.

Projede en büyük destek gördüğüm çalışma ve hayat arkadaşım Yrd.Doç.Dr. Beyhan PEKEY’e teşekkür ederim.

Proje aynı zamanda Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı öğrencileri Arş.Gör. Demet ARSLANBAŞ ve Arş.Gör. Zehra BOZKURT’un Doktora tez çalışmasının temelini oluşturmaktadır. En büyük dileğim bu arkadaşlarımın ileride sunacakları projelerle çalışmayı daha ileri bir noktaya götürmeleri olacaktır.

Projede büyük çaba sarfederek içinden çıkılması güç durumlarda projenin arzu edilen noktaya gelmesi için önemli görevler üstlenen çalışma arkadaşım Arş.Gör. Güray DOĞAN’a teşekkür ederim.

Proje süresince birlikte çalıştığımız Dr. Öznur OĞUZ KUNTASAL, Arş.Gör. Mihriban CİVAN, Arş.Gör. Deniz GENÇ TOKGÖZ ve Arş.Gör. Fatma ÖZTÜRK’e örnekleme ve analiz aşamalarında verdikleri desteklerden dolayı teşekkür ederim.

Projenin ortaklarından olan Türkiye Atom Enerjisi Kurumuna ve projede araştırmacı olarak yer alan Dr. Abdullah ZARARSIZ ve Dr. Nurettin EFE’ye ağır metal analizlerini titizlikle yapmış olmalarından dolayı teşekkür ederim.

Prof.Dr. Abdurrahman BAYRAM, Dr. Remzi SEYFİOĞLU, Çevre Yük. Müh. Yetkin SÖNMEZ DUMANOĞLU ve Çevre Yük. Müh. Ayşe BOZLAKER’e analiz aşamalarında vermiş oldukları desteklerden dolayı teşekkür ederim.

Projenin gerçekleştirilmesi aşamasında tüm altyapı imkanlarından yararlandığım Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri ve çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Yrd.Doç.Dr. Hakan PEKEY
Proje Yürütücüsü
Mart 2008, Ankara

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ	xiv
ÖZET	xxi
ABSTRACT.....	xxii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Çalışmanın Önemi.....	2
1.3. Çalışma Alanının Tanımlanması.....	2
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Hava Kirliliği	4
2.1.1. İç Ortam Hava Kirliliği	5
2.2. İnorganik Kirleticiler.....	8
2.2.1. Partiküler Maddeler.....	8
2.2.1.1 Dış ve İç Ortam Partiküler Madde Kaynakları ve Aralarındaki İlişkiler	9
2.2.1.2 Partiküler Madde Maruziyetinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	10
2.2.2. Kükürtdioksit (SO ₂).....	10
2.2.2.1 İç ve Dış Ortam SO ₂ Kaynakları	12
2.2.2.2 İç ve Dış Ortam SO ₂ Seviyeleri Arasındaki İlişki.....	12
2.2.2.3 Kükürt Dioksit Maruziyetinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	13
2.2.3. Azot Oksitler (NO _x).....	13
2.2.3.1 İç ve Dış Ortam NO ₂ Kaynakları ve Aralarındaki İlişkiler	15
2.2.3.2 Azot Dioksit Maruziyetinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ...	16
2.2.4. Ozon	17

2.2.4.1	İç ve Dış Ortam Ozon Kaynakları ve Aralarındaki İlişkiler...	18
2.2.4.2	Ozon Maruziyetinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	18
2.2.5.	İnorganik Kirleticilere Ait Uluslararası Çalışmalar	18
2.3.	Uçucu Organik Bileşikler.....	23
2.3.1.	Uçucu Organik Bileşiklerin Çevre Üzerine Etkileri	24
2.3.1.1	Troposferik Ozon Oluşumu	25
2.3.1.2	İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri	25
2.3.1.3	Bitki Örtüsü Üzerindeki Etkileri.....	26
2.3.1.4	İklim Üzerindeki Etkileri.....	26
2.3.2.	Uçucu Organik Bileşiklerin Kaynakları.....	27
2.3.2.1	İç Ortam Kaynakları	28
2.3.2.2	Dış Ortam Kaynakları.....	33
2.3.3.	Uçucu Organik Bileşiklere Ait Uluslararası Çalışmalar	33
2.4.	Maruziyet Değerlendirmesi.....	36
2.4.1.	Maruziyetin Tanımlanması	36
2.4.2.	Maruziyetin Ölçülmesi.....	36
2.4.3.	İç Ortam Havasının İzlenmesi.....	37
2.4.4.	Kişisel İzleme.....	37
2.5.	Hava Kirliliği Örnekleme Yöntemleri	39
2.5.1.	Pasif Örnekleme Yöntemleri.....	39
2.5.2.	Aktif Örnekleme Yöntemleri	41
2.6.	Reseptör (Alıcı Ortam) Modellemesi.....	42
2.6.1.	Pozitif Matris Faktörizasyonu (PMF)	43
BÖLÜM 3. MATERYAL ve METOT		47
3.1.	Çalışma Bölgesi	47
3.2.	Örnekleme Stratejisi.....	47
3.3.	Örnekleme Süresi.....	48
3.4.	İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Örnekleme Yöntemleri	49
3.4.1.	Kişisel Maruziyet Örnekleme Yöntemleri.....	49
3.4.2.	İç Ortam Örnekleme Yöntemleri	50
3.4.3.	Dış Ortam Örnekleme Yöntemleri	51
3.5.	Örnek Alma Yöntemleri.....	51

3.5.1. İç ve Dış Ortam Partikül Madde Örneklemesi.....	51
3.5.2. Kişisel Maruziyet Partikül Madde Örneklemesi	52
3.5.3. İnorganik Gaz Fazı Kirleticilerin (SO ₂ , NO ₂ , O ₃) Örneklenmesi ...	52
3.5.3.1 Pasif Örnekleme	52
3.5.3.1.1 Pasif O ₃ Örnekleyici.....	52
3.5.3.1.2 Pasif NO ₂ ve SO ₂ Örnekleyici	53
3.5.3.2 Aktif Örnekleme	53
3.5.3.2.1 Aktif NO ₂ Örnekleyici	53
3.5.3.2.2 Aktif SO ₂ Örnekleyici	54
3.5.3.2.3 Aktif O ₃ Örnekleyici	54
3.5.3.2.4 Sıcaklık, Nem, CO ve CO ₂ Örnekleyici	55
3.5.4. Uçucu Organik Bileşiklerin Örneklenmesi	55
3.5.4.1 Pasif Örnekleme	55
3.5.4.2 Aktif Örnekleme	57
3.6. Örneklerin Hazırlanması ve Analizi.....	60
3.6.1. Pasif UOB Örnekleri	60
3.6.2. PM10 ve PM2.5 Örneklerinin Analizi	63
3.6.3. Pasif O ₃ Örneklerinin Ekstraksiyonu ve Analizi	65
3.6.4. Pasif NO ₂ ve SO ₂ Örneklerinin Ekstraksiyonu ve Analizi	65
3.7. Veri Kalite Güvencesi	66
3.7.1. Uçucu Organik Bileşikler.....	66
3.7.2. Partikül Maddeler.....	68
3.7.3. İnorganik Gazlar.....	69
3.8. Anket Çalışması	71
BÖLÜM 4. İNORGANİK KİRLETİCİLERİN ÖLÇÜM SONUÇLARI	74
4.1. İnorganik Kirleticilerin Aktif Örnekleme Ölçüm Sonuçları	74
4.1.1. İnorganik Gaz Kirleticilerin Aktif Örnekleme Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları.....	74
4.1.2. İnorganik Gaz Kirleticilerin Aktif Örnekleme Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları.....	78
4.1.3. Partikül Madde (PM10) Aktif Örnekleme Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları	82

4.1.4. Partikül Madde (PM2.5) Aktif Örneklemeye Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları	82
4.1.5. Partikül Madde (PM10) Aktif Örneklemeye Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları	88
4.1.6. Partikül Madde (PM2.5) Aktif Örneklemeye Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları	88
4.2. İnorganik Kirleticilerin Pasif Örneklemeye Ölçüm Sonuçları.....	94
4.2.1. İnorganik Gaz Kirleticilerin Pasif Örneklemeye Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları.....	94
4.2.2. İnorganik Gaz Kirleticilerin Pasif Örneklemeye Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları.....	98

BÖLÜM 5. İNORGANİK KİRLETİCİLERİN ÖLÇÜM SONUÇLARININ TARTIŞILMASI	102
5.1. İnorganik Gaz Kirleticilerin (NO ₂ , SO ₂ ve O ₃) Yaz Mevsimi Aktif Örneklemeye Ölçüm Sonuçlarının Tartışılması.....	102
5.1.1. İnorganik Gaz Kirletici Konsantrasyonlarının Yaz Mevsiminde Zamana Bağlı Değişimleri	105
5.2. İnorganik Gaz Kirleticilerin (NO ₂ , SO ₂ ve O ₃) Kış Mevsimi Aktif Örneklemeye Ölçüm Sonuçlarının Tartışılması.....	115
5.2.1. İnorganik Gaz Kirletici Konsantrasyonlarının Kış Mevsiminde Zamana Bağlı Değişimleri	118
5.3. Partikül Madde (PM2.5 ve PM10) Ölçüm Sonuçlarının Tartışılması..	129
5.3.1. Partikül Madde (PM10) Yaz Örneklemesi.....	129
5.3.2. Partikül Madde (PM 2.5) Yaz Örneklemesi.....	132
5.3.3. Partikül Madde (PM10) Kış Örneklemesi	137
5.3.4. Partikül Madde (PM 2.5) Kış Örneklemesi	140
5.4. İnorganik Gaz Kirleticilerin Pasif Örneklemeye Sonuçlarının Tartışılması.....	143
5.4.1. Yaz Mevsimi Sonuçlarının Tartışılması.....	143
5.4.2. Kış Mevsimi Sonuçlarının Tartışılması	147
5.5. İnorganik Kirleticilerin Mevsimsel Değişimlerinin Tartışılması	151
5.5.1. İnorganik Gaz Kirleticiler	151

5.5.2. Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Ağır Metaller	152
5.6. İnorganik Kirlilik Düzeylerinin Meteorolojik Verilerle İlişkilendirilmesi	154
5.6.1. Yaz Örnekleme	154
5.6.2. Kış Örnekleme	169
5.7. İç Ortam / Dış Ortam Oranları ve Korelasyonlar	185
5.8. Sigara Kullanımı ile İnorganik Kirletici Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler	188
5.9. Sonuçların Benzer Çalışmalar, Ulusal ve Uluslararası Sınır Değerlerle Karşılaştırılması	189
5.9.1. İnorganik Gaz Kirletici Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları ile Karşılaştırılması	189
5.9.2. Partikül Madde (PM2.5 ve PM10) Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları İle Karşılaştırılması	191
5.9.3. İnorganik Kirletici Konsantrasyonlarının Ulusal ve Uluslararası Sınır Değerlerle Karşılaştırılması	191
BÖLÜM 6. UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN ÖLÇÜM SONUÇLARI	195
6.1. Uçucu Organik Bileşiklerin Aktif Örnekleme Ölçüm Sonuçları	195
6.1.1. Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları	195
6.1.2. Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları	204
6.2. Uçucu Organik Bileşiklerin Pasif Örnekleme Ölçüm Sonuçları	213
6.2.1. Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları	213
6.2.2. Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları	217
6.3. Uçucu Organik Bileşiklerin Yaz ve Kış Mevsimi Kanister Örnekleme Sonuçları	221
BÖLÜM 7. UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN ÖLÇÜM SONUÇLARININ TARTIŞILMASI	222
7.1. Uçucu Organik Bileşiklerin Yaz Mevsimi Aktif Örnekleme Sonuçlarının Tartışılması	222
7.1.1. Uçucu Organik Bileşik Konsantrasyonlarının Yaz Mevsiminde Zamana Bağlı Değişimleri	227

7.2.	Uçucu Organik Bileşiklerin Kış Mevsimi Aktif Örnekleme Sonuçlarının Tartışılması	235
7.2.1.	Uçucu Organik Bileşik Konsantrasyonlarının Kış Mevsiminde Zamana Bağlı Değişimleri	240
7.3.	Uçucu Organik Bileşiklerin Pasif Örnekleme Sonuçlarının Tartışılması.....	248
7.3.1.	Yaz Mevsimi Sonuçlarının Tartışılması.....	248
7.3.2.	Kış Mevsimi Sonuçlarının Tartışılması	255
7.4.	Uçucu Organik Bileşiklerin Mevsimsel Değişimlerinin Tartışılması..	262
7.5.	Uçucu Organik Bileşik Kirlilik Düzeylerinin Meteorolojik Verilerle İlişkilendirilmesi	266
7.5.1.	Yaz Örneklemesi.....	266
7.5.2.	Kış Örneklemesi.....	277
7.6.	İç Ortam / Dış Ortam Oranları ve Korelasyonlar	287
7.7.	Sigara Kullanımı ile UOB Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler.....	290
7.8.	Sonuçların Benzer Çalışmalarla Karşılaştırılması.....	292

BÖLÜM 8. RESEPTÖR (ALICI ORTAM) MODELLEME TEKNİĞİ

KULLANILARAK KİRLLETİCİ KAYNAKLARIN BELİRLENMESİ	294	
8.1.	Dış Ortam Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi	295
8.2.	İç Ortam Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi.....	304
8.2.1.	Evlerde İç Ortam Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi	304
8.2.2.	Ofis ve Okullarda İç Ortam Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi	313
8.3.	Kişisel Maruziyet Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi.....	321

BÖLÜM 9. SAĞLIK RİSK DEĞERLENDİRMESİ.....

9.1.	Ev, Okul ve Ofislerde Kanserojenik ve Kanserojenik Olmayan Risklerin Değerlendirilmesi	331
9.2.	Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Kanserojenik ve Kanserojenik Olmayan Risklerin Değerlendirmesi ..	335
9.3.	Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Kanserojenik ve Kanserojenik Olmayan Risklerin Değerlendirilmesi	335

BÖLÜM 10. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER.....	341
10.1. Değerlendirme.....	341
10.2. Öneriler	348
BÖLÜM 11. KAYNAKLAR.....	350
BÖLÜM 12. EKLER	360
EK 1. Anket Çalışması ve Zaman Aktivite Çizelgesi-Evler	361
EK 2. Anket Çalışması ve Zaman Aktivite Çizelgesi-Ofisler.....	367
EK 3. Anket Çalışması ve Zaman Aktivite Çizelgesi-Okullar.....	372
EK 4. Projeden Yapılan Yayınlar	375

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Atmosferde Kükürtdioksit Oluşumu ve Dağılımı.....	11
Şekil 2.2. Atmosferde Azotdioksit Oluşumu ve Dağılımı	14
Şekil 2.3. Kirleticilerin Kaynaktan Vücuda Olan Akışı.....	36
Şekil 3.1. Kocaeli Kenti'nde Örnek Alma Noktalarının Seçildiği Bölgeler	48
Şekil 3.2.a. Düşük Hacimli Hava Örnekleyici (Stack Filter Unit).....	51
Şekil 3.2.b. Filtre Kaseti (PM2.5 ve PM10).....	51
Şekil 3.3. Silindirik Difüzyon Örnekleyici	56
Şekil 3.4. İç Ortam Aktif UOB Örneklemede Kullanılan On-line Gaz Kromatografi.....	57
Şekil 3.5.a. Kanister	58
Şekil 3.5.b. Kanister ve Kanister Başlığının Elemanları.....	58
Şekil 3.6. Kanister Temizleme Sistemi	59
Şekil 3.7. Kalibrasyon İçin Kullanılan UOB Gaz Standardına Ait Örnek Kromatogram	61
Şekil 3.8. Pasif Örnekleyici Tüpüne Ait Örnek Kromatogram.....	61
Şekil 3.9. Oxford ED 2000 Tüplü X-ışını Floresans Spektrometresi	64
Şekil 3.10. PANalytical AXIOS ADVANCE Dalgaboyu Dağılımlı XRF Spektrometresi	64
Şekil 5.1. Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	106
Şekil 5.2. Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	107
Şekil 5.3. Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	108
Şekil 5.4. Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi.....	109
Şekil 5.5. Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi.....	110
Şekil 5.6. Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi.....	111

Şekil 5.7. Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	112
Şekil 5.8. Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonların Zamana Bağlı Değişimi	113
Şekil 5.9. Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonların Zamana Bağlı Değişimi	114
Şekil 5.10. Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	119
Şekil 5.11. Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	120
Şekil 5.12. Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	121
Şekil 5.13. Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi.....	122
Şekil 5.14. Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi.....	123
Şekil 5.15. Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi.....	124
Şekil 5.16. Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	126
Şekil 5.17. Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	127
Şekil 5.18. Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi	128
Şekil 5.19. Yaz Örnekleme Süresi Boyunca Her Bir Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri.....	154
Şekil 5.20. Yaz Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Ağır Metaller Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri	156
Şekil 5.21. Kış Örnekleme Süresi Boyunca Her Bir Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri.....	169

Şekil 5.22. Kış Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Ağır Metaller Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri	170
Şekil 7.1. Okullarda Yaz Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluen Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	229
Şekil 7.2 Okullarda Yaz Mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (<i>m,p,o</i> -ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	230
Şekil 7.3 Ofislerde Yaz Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluen Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	231
Şekil 7.4 Ofislerde Yaz Mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (<i>m,p,o</i> -ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	232
Şekil 7.5 Evlerde Yaz Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluen Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	233
Şekil 7.6 Evlerde Yaz Mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (<i>m,p,o</i> -ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	234
Şekil 7.7. Okullarda Kış Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluen Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	242
Şekil 7.8 Okullarda Kış Mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (<i>m,p,o</i> -ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	243
Şekil 7.9 Ofislerde Kış Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluen Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	244
Şekil 7.10 Ofislerde Kış Mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (<i>m,p,o</i> -ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	245
Şekil 7.11 Evlerde Kış Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluen Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	246
Şekil 7.12 Evlerde Kış Mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (<i>m,p,o</i> -ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri	247
Şekil 7.13 Yaz Mevsiminde Kentsel, Endüstriyel, Sanayii ve Trafikten Uzak Alanların Dış Ortam UOB Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	254
Şekil 7.14 Kış Mevsiminde Kentsel, Endüstriyel, Sanayii ve Trafikten Uzak Alanların Dış Ortam UOB Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	261
Şekil 7.15 Yaz Örnekleme Süresi Boyunca Her Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri	266

Şekil 7.16 Yaz Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen UOBlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri.....	269
Şekil 7.17 Kış Örnekleme Süresi Boyunca Her Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri.....	277
Şekil 7.18 Kış Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen UOBlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri.....	279
Şekil 8.1. Dış Ortam PMF Sonuçları - (PM10 Partikül Fraksiyonu).....	300
Şekil 8.2. Dış Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu)..	301
Şekil 8.3. Dış Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu)	301
Şekil 8.4. Dış Ortam PMF Sonuçları - (PM2.5 Partikül Fraksiyonu).....	302
Şekil 8.5. Dış Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu) .	303
Şekil 8.6. Dış Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)	303
Şekil 8.7. Evler için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM10 Partikül Fraksiyonu).....	309
Şekil 8.8. Evler için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu)	310
Şekil 8.9. Evlerde İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu)	310
Şekil 8.10. Evler için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM2.5 Partikül Fraksiyonu).....	311
Şekil 8.11. Evler için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)	312
Şekil 8.12. Evlerde İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)	312
Şekil 8.13. Ofis ve Okullar için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM10 Partikül Fraksiyonu)	317
Şekil 8.14. Ofis ve Okullar için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu).....	318
Şekil 8.15. Ofis ve Okullarda İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu)	318
Şekil 8.16. Ofis ve Okullar için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)	319

Şekil 8.17. Ofis ve Okullar için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu).....	320
Şekil 8.18. Ofis ve Okullarda İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)	320
Şekil 8.19. Kişisel Maruziyet PMF Sonuçları.....	324
Şekil 8.20. Kişisel Maruziyet için Kaynak Katkı Oranları (%)	325
Şekil 8.21. Kişisel Maruziyet için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki.....	325
Şekil 9.1. Ev, Ofis ve Okullarda Kanser Risk Değerlendirmesi	333
Şekil 9.2. Ev, Ofis ve Okullarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi.....	335
Şekil 9.3. Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Kanser Riski Değerlendirmesi.....	336
Şekil 9.4. Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi	338
Şekil 9.5. Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Kanser Riski Değerlendirmesi	339
Şekil 9.6. Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Tehlike İndeksi Değerlendirmesi	340

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Temiz Havanın Bileşimi	5
Tablo 2.2. Başlıca İç Ortam Kirleticileri ve Emisyon Kaynakları.....	7
Tablo 2.3. Önemli İç Ortam Kirleticilerinin Dış Ortam Kaynakları.....	7
Tablo 2.4. Genel İç Ortam UOB Kaynakları	29
Tablo 2.5. Etki ve Maruziyet Biyolojik İşaretçileri	38
Tablo 2.6. Çeşitli Aktif Örnekleme Cihazlarının İçerdiği Analitik Yöntemler	42
Tablo 3.1. NO ₂ Analizörünün Özellikleri.....	54
Tablo 3.2. SO ₂ Analizörünün Özellikleri	54
Tablo 3.3. Ozon Analizörünün Özellikleri.....	55
Tablo 3.4. 56 Uçucu Organik Bileşiğe ait Özellikler.....	62
Tablo 3.5. ED XRF Spektrometresinin Özellikleri.....	64
Tablo 3.6. Elementler için Metot Belirleme Limitleri	68
Tablo 3.7. NIST 2783 Hava Filtresinin ED XRF 2000 ile Analiz Sonuçları.....	69
Tablo 3.8. NIST 2783 Hava Filtresinin WD XRF PANalytical AXIOS Advance ile Analiz Sonuçları	69
Tablo 3.9. İnorganik Gazlar, Sıcaklık ve Nem Ölçümleri İçin Belirleme Limitleri	71
Tablo 3.10. Örneklenen Mikroçevrelerin Genel Karakteristikleri ve Örnekleme Şartları.....	72
Tablo 3.11. Örneklenen Mikroçevrelerin İç ve Dış Ortam Sıcaklık, Nispi Nem, Karbonmonoksit ve Karbondioksit Düzeyleri	73
Tablo 4.1. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Yaz Aktif Örnekleme NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları (µg/m ³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları	76
Tablo 4.2. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Yaz Aktif Örnekleme NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları (µg/m ³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları	77
Tablo 4.3. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Kış Aktif Örnekleme NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları (µg/m ³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları	80
Tablo 4.4. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Kış Aktif Örnekleme NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları (µg/m ³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları	81
Tablo 4.5. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Yaz Örnekleme Partikül Madde (PM ₁₀) Kütle ve Konsantrasyonları (µg/m ³)	83
Tablo 4.6. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Yaz Örnekleme Partikül Madde (PM ₁₀) Kütle ve Konsantrasyonları (µg/m ³).....	84

Tablo 4.7. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Yaz Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	85
Tablo 4.8. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Yaz Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	86
Tablo 4.9. Ev, Ofis ve Okulların Kişisel Yaz Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	87
Tablo 4.10. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Kış Örnekleme Partikül Madde (PM10) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	89
Tablo 4.11. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Kış Örnekleme Partikül Madde (PM10) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	90
Tablo 4.12. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Kış Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	91
Tablo 4.13. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Kış Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	92
Tablo 4.14. Ev, Ofis ve Okulların Kişisel Kış Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	93
Tablo 4.15. Okullarda Yaz Mevsimi Pasif Örnekleme NO_2 , SO_2 ve O_3 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	94
Tablo 4.16. Ofislerde Yaz Mevsimi Pasif Örnekleme NO_2 , SO_2 ve O_3 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	95
Tablo 4.17. Evlerde Yaz Mevsimi Pasif Örnekleme NO_2 , SO_2 ve O_3 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	96
Tablo 4.18. Okullarda Kış Mevsimi Pasif Örnekleme NO_2 , SO_2 ve O_3 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	98
Tablo 4.19. Ofislerde Kış Mevsimi Pasif Örnekleme NO_2 , SO_2 ve O_3 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	99
Tablo 4.20. Evlerde Kış Mevsimi Pasif Örnekleme NO_2 , SO_2 ve O_3 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	100
Tablo 5.1. Ev, Ofis ve Okulların İç ve Dış Ortam Yaz Aktif Örnekleme NO_2 , SO_2 ve O_3 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), İç Ortam/Dış Ortam ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları	104

Tablo 5.2. Ev, Ofis ve Okulların İç ve Dış Ortam Kış Aktif Örnekleme NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları (µg/m ³) ve İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları	117
Tablo 5.3. Ev, Okul ve Ofislerin Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Partikül Madde (PM10) Kütle ve Konsantrasyonları (µg/m ³) ve İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları	131
Tablo 5.4. Ev, Okul ve Ofislerin Yaz Mevsimi İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları (µg/m ³)	135
Tablo 5.5. Ev, Ofis ve Okullarda Partikül Madde (PM2.5) Yaz Örnekleme Kişisel/İç Ortam ve İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları	136
Tablo 5.6. Ev, Okul ve Ofislerin Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Partikül Madde (PM10) Kütle ve Konsantrasyonları (µg/m ³) ve İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları	139
Tablo 5.7. Ev, Okul ve Ofislerin Kış Mevsimi İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları (µg/m ³)	141
Tablo 5.8. Ev, Ofis ve Okullarda Partikül Madde (PM2.5) Kış Örnekleme Kişisel/İç Ortam ve İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları	142
Tablo 5.9. Okul, Ofis ve Evlerde Kişi, İç Ortam ve Dış Ortamların Yaz Mevsimi NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları (µg/m ³)	144
Tablo 5.10. NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Okul, Ofis ve Evlerde Yaz Örnekleme Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Konsantrasyonları (µg/m ³) ve Konsantrasyon Oranları	145
Tablo 5.11. NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Kentsel, Endüstriyel ve Sanayii ve Trafikten Uzak Bölgelerde Yaz Örnekleme Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Konsantrasyonları (µg/m ³)	146
Tablo 5.12. Okul, Ofis ve Evlerde Kişi, İç Ortam ve Dış Ortamların Kış Mevsimi NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ Konsantrasyonları (µg/m ³)	148
Tablo 5.13. NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Okul, Ofis ve Evlerde Kış Örnekleme Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Konsantrasyonları (µg/m ³) ve Konsantrasyon Oranları	149
Tablo 5.14. NO ₂ , SO ₂ ve O ₃ için Kentsel, Endüstriyel ve Sanayii ve Trafikten Uzak Bölgelerde Kış Örnekleme Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Konsantrasyonları (µg/m ³)	150
Tablo 5.15. Evlerde İnorganik Gaz Kirleticilerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları	151

Tablo 5.16. Ofislerde İnorganik Gaz Kirleticilerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları	151
Tablo 5.17. Okullarda İnorganik Gaz Kirleticilerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları	151
Tablo 5.18. İç ve Dış Ortam PM10 ve İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel PM2.5 Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları	153
Tablo 5.19. Yaz Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda PM10 Fraksiyonunda Bulunan Ağır Metaller Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri	162
Tablo 5.20. Yaz Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda PM2.5 Fraksiyonunda Bulunan Ağır Metaller Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri	164
Tablo 5.21. Kış Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda PM10 Fraksiyonunda Bulunan Ağır Metaller Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri	176
Tablo 5.22. Kış Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda PM2.5 Fraksiyonunda Bulunan Ağır Metaller Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri	179
Tablo 5.23. İnorganik Gaz Kirletici, PM10 ve PM2.5 Konsantrasyonlarının İç ve Dış Ortamlar Arasındaki Pearson Korelasyon Sabitleri ve İç Ortam/Dış Ortam Oranları	187
Tablo 5.24. Sigara Kullanımı ile İnorganik Kirletici Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Arasındaki İlişkiler	188
Tablo 5.25. İnorganik Kirletici Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları ile Karşılaştırılması	190
Tablo 5.26. Partikül Madde (PM2.5 ve PM10) Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları ile Karşılaştırılması	192
Tablo 5.27. İnorganik Kirletici Konsantrasyonlarının Ulusal ve Uluslararası Sınır Değerlerle Karşılaştırılması	194
Tablo 6.1. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örnekleme Tümü Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	197
Tablo 6.2. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örnekleme Gündüz Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	198
Tablo 6.3. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örnekleme Gece Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	199
Tablo 6.4. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örnekleme Tümü Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200

Tablo 6.5. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örnekleme Gündüz Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	201
Tablo 6.6. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örnekleme Gece Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	202
Tablo 6.7. Okulların İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örnekleme Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	203
Tablo 6.8. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örnekleme Tüm Veri Seti Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	206
Tablo 6.9. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örnekleme Gündüz Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	207
Tablo 6.10. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örnekleme Gece Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	208
Tablo 6.11. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örnekleme Tüm Veri Seti Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	209
Tablo 6.12. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örnekleme Gündüz Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	210
Tablo 6.13. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örnekleme Gece Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	211
Tablo 6.14. Okulların İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örnekleme Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	212
Tablo 6.15. UOBlerin Ev, Ofis ve Okullarda Yaz Mevsiminde İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Pasif Örnekleme Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	214
Tablo 6.16. Ev, Okul ve Ofislerin Yaz Mevsimi İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Örnekleme UOB Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	215
Tablo 6.17. UOBlerin Farklı Bölgelerde Yaz Mevsiminde Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Pasif Örnekleme Sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	216
Tablo 6.18. UOBlerin Okullar, Ofisler, Evler, Çalışanlar ve Çalışmayanlarda Kış Örnekleme Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	218
Tablo 6.19. UOB'lerin Ev, Ofis ve Okullarda Kış Mevsiminde İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Pasif Örnekleme Sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	219
Tablo 6.20. UOBlerin Farklı Bölgelerde Kış Mevsiminde İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Pasif Örnekleme Sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	220
Tablo 6.21. UOBlerin Dış Ortam Kanister Örnekleme Sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	221

Tablo 7.1. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Mevsimi Aktif UOB Örnekleme Konsantrasyonlarının Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları.....	224
Tablo 7.2. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Mevsimi Aktif UOB Örnekleme Konsantrasyonlarının Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları.....	225
Tablo 7.3. Okulların İç Ortamlarında Yapılan Yaz Mevsimi Aktif UOB Örnekleme Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları	226
Tablo 7.4. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Mevsimi Aktif UOB Örnekleme Konsantrasyonlarının Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları.....	237
Tablo 7.5. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Mevsimi Aktif UOB Örnekleme Konsantrasyonlarının Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları.....	238
Tablo 7.6. Okulların İç Ortamlarında Yapılan Kış Mevsimi Aktif UOB Örnekleme Konsantrasyonlarının Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları.....	239
Tablo 7.7. Yaz Mevsiminde Evlerde UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri.....	250
Tablo 7.8. Yaz Mevsiminde Ofislerde UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri.....	251
Tablo 7.9. Yaz Mevsiminde Okullarda UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri.....	252
Tablo 7.10. Yaz Örneklemesinde Ev, Ofis ve Okullarda Kişi/İç Ortam, İç Ortam/Dış Ortam, Kişi/Dış Ortam ve Çalışan/Çalışmayan Konsantrasyon Oranları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) .	253
Tablo 7.11. Kış Mevsiminde Evlerde UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri.....	257
Tablo 7.12. Kış Mevsiminde Ofislerde UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri.....	258
Tablo 7.13. Kış Mevsiminde Okullarda UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri.....	259
Tablo 7.14. Kış Örneklemesinde Ev, Ofis ve Okullarda Kişi/İç Ortam, İç Ortam/Dış Ortam, Kişi/Dış Ortam ve Çalışan/Çalışmayan Konsantrasyon Oranları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) .	260
Tablo 7.15. Evler için UOBlerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları	263
Tablo 7.16. Ofisler için UOBlerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları	264

Tablo 7.17. Okullar için UOBlerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları	265
Tablo 7.18. Yaz Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda Ölçülen UOBlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri.....	275
Tablo 7.19. Kış Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda Ölçülen UOBlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri.....	285
Tablo 7.20. UOBlerin İç Ortam ve Dış Ortam Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler	289
Tablo 7.21. Sigara Kullanımı ile UOB Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Arasındaki İlişkiler	291
Tablo 7.22. UOB Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları ile Karşılaştırılması	293
Tablo 9.1. Kirleticiler için Toksikite Değerlendirme Parametreleri ve Çeşitli Kanserojenlik Sınıflandırılması	329
Tablo 9.2. Çalışmada Kronik Günlük Alım Hesaplamasında Kullanılan Parametreler	330
Tablo 9.3. Ev, Ofis ve Okullarda Kanser Risk Değerlendirmesi.....	333
Tablo 9.4. Evlerde, Ofislerde ve Okullarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi.....	334
Tablo 9.5. Kentsel Alan, Endüstriyel Alan, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Kanser Risk Değerlendirmesi	336
Tablo 9.6. Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi	337
Tablo 9.7. Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Kanser Riski Değerlendirmesi	339
Tablo 9.8. Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Tehlike İndeksi Değerlendirmesi	340

ÖZET

Bu çalışmada, Kocaeli’de farklı bölgelerde ve farklı mikroçevrelerde (ev, okul, ofis), iç ve dış ortamda yapılan örneklemler ile aktif ve pasif örnekleme ve ölçüm teknikleri kullanılarak 2 farklı partikül fraksiyonunda (PM_{2.5} ve PM₁₀) 16 ağır metal (Al, As, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, S, Si, Ti, V ve Zn), uçucu organik bileşikler (UOB’ler), SO₂, NO₂ ve O₃ konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca, iç ortamda ölçülen konsantrasyonlarla maruziyet arasındaki ilişkiyi kurabilmek için, kişisel örnekleme cihazları kullanılarak kişisel maruziyet düzeyleri de belirlenmiştir.

NO₂ için İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranlarının evlerde her 2 mevsimde de okullar ve ofislere nazaran yüksek bulunması evlerin iç ortamlarında NO₂ kirlenici kaynaklarının ofis ve okullara oranla daha baskın olduğu göstermektedir. İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1’in çok altında bulunması O₃ ve SO₂’in dış ortam kaynaklı bir kirlenici olduğunu ve iç ortamlarda önemli bir kaynağının bulunmadığını göstermektedir.

PM_{2.5} fraksiyonundaki toprak kaynaklı elementlerin iç ve dış ortam konsantrasyonlarının yüksek düzeylerde bulunması bu elementlerin iç ortamlara taşınımının yüksek olduğunu göstermektedir. PM_{2.5} kişisel maruziyet düzeylerinin As, S, V, Cu ve Cr gibi yanma kaynaklı elementler için iç ortam maruziyet düzeylerinden 2–6 kat daha yüksek olması ve bazı mevsimsel farklılıklar bulunmasına rağmen İç Ortam/Dış Ortam oranlarının genellikle 0.3–0.7 aralığında bulunması gözlenen yüksek kişisel maruziyet düzeylerinde dış ortamların etkisini göstermektedir. PM₁₀ partikül fraksiyonunda belirlenen ağır metallerin büyük bir bölümü için İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1’den küçük bulunması dış ortam kirlenici kaynaklarının iç ortam kirlenici kaynaklarına daha baskın olduğunu göstermektedir.

En yüksek UOB kirlilik düzeylerine örneklenen kişilerde rastlanırken bunu iç ortam ve dış ortam UOB kirlilik düzeyleri takip etmiştir. Her 2 mevsimde de toluen ev, ofis ve okullardaki UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu etilbenzen, m,p-ksilen, stiren, nonan, heksan, benzen, o-ksilen ve heptan bileşikleri takip etmektedir. Kentsel alanlarda elde edilen toplam UOB konsantrasyonlarının endüstriyel alanlarda elde edilen değerlerle uyum içinde bulunmuştur. Trafik’in belirteci olan bileşikler (BTEX, 1,2,4-trimetilbenzen) kentsel alanlarda yüksek bulunurken petrokimyanın belirteci olan hexane ve heptane bileşikleri endüstrinin yoğun olduğu alanlarda yüksek bulunmuştur. Ayrıca kentsel ve endüstriyel alanlarda elde edilen UOB konsantrasyonlarının sanayii ve trafikten uzak alanlarda elde edilen konsantrasyonlardan yüksek olması trafik ve sanayinin tesbit edilen UOB’lere olan katkısının ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir.

İç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet kirlilik düzeylerine etki ederek hava kalitesine olumsuz yönde katkıda bulunan kirlenici kaynakların belirlenmesi amacıyla Pozitif Matris Faktörizasyonu (PMF) reseptör modelleme tekniği kullanılmıştır. PMF modellemesi, korelasyon analizi, iç ortam/dış ortam oranları, mikroçevre karakteristikleri, anketler ve zaman aktivite çizelgeleri incelenen kirlenicilerin en önemli emisyon kaynaklarının endüstri, trafik ve sigara kullanımı olduğunu göstermektedir. İç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet düzeylerinin dünyanın diğer bölgelerinde yapılan çalışmalarda raporlanan düzeyler ile kıyaslanabilir olduğu bulunmuştur.

Kişisel maruziyet konsantrasyonları kullanılarak çalışmada incelenen inorganik ve organik kirlenicilerden kaynaklanan sağlık riski değerlendirme yapılmıştır. Ev, ofis ve okullarda örneklenen kişiler için hesaplanan “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 öğretmenler ve ofis çalışanlarının takip ettiği söylenebilir. Değerlendirme kentsel, endüstriyel, endüstri ve trafikten uzak alanlar için yapıldığında her 3 alanda da yaşayan kişilerin birbirine yakın ve yüksek kanser riski taşıdıkları söylenebilir. Aynı değerlendirme sigara kullanan ve kullanmayan kişiler için yapıldığında sigara kullanan kişilerin kullanmayanlara nazaran yaklaşık %50 daha fazla kanser riski taşıdıkları gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İç ortam hava kalitesi, Kocaeli, Kişisel maruziyet, Sağlık risk değerlendirme, Uçucu organik bileşikler, PM_{2.5}, PM₁₀, Ağır metaller, Azotdioksit, Kükürtdioksit, Ozon

ABSTRACT

In this study, indoor and outdoor environment samples were taken from different regions and microenvironments (home, school, office) in Kocaeli. Through active and passive sampling and measurement techniques, 16 heavy metals (Al, As, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, S, Si, Ti, V and Zn) at 2 different particle fractions (PM_{2.5} and PM₁₀), volatile organic compounds (VOCs), and SO₂, NO₂ and O₃ concentrations were determined. Moreover, in an effort to establish the relationship between exposure and the indoor concentrations measured, personal samplers were used to determine personal exposure levels.

Indoor/outdoor concentration ratios for NO₂ were higher in homes than in schools or offices in both summer and winter, which shows that sources of NO₂ pollutants in indoor environments of homes are more dominant than those found in offices or schools. The indoor/outdoor ratios were far below 1, indicating that O₃ and SO₂ are pollutants originating from outdoor environments and that they do not have significant sources in indoor environments.

The presence of high levels of indoor and outdoor concentrations of crustal elements at PM_{2.5} fractions indicates that these elements are transported into indoor environments at high levels. PM_{2.5} personal exposure levels were 2–6 times higher than indoor levels for combustion-related elements such as As, S, V, Cu and Cr, and although there were some seasonal differences, the indoor/outdoor environment ratios generally ranged between 0.3–0.7 and indicated the effect of outdoor environments on the observed high personal exposure levels. The indoor/outdoor ratios for a major portion of the determined heavy metals at PM₁₀ particle fractions were smaller than 1, showing that outdoor pollutants are more dominant than indoor pollutants.

The highest VOC pollution levels were encountered in individuals in the sample, and this was followed by VOC pollution levels in indoor and outdoor environments. In both seasons, toluene levels were the highest pollutants for homes, offices and schools, followed by ethylbenzene, m/p-xylene, styrene, nonane, hexane, benzene, o-xylene and heptane. Total VOC concentrations obtained from urban areas were consistent with values obtained from industrial areas. Components that are indicators of traffic (BTEX, 1,2,4-trimethylbenzene) were measured at high levels in urban areas, while hexane and heptane components, which are indicators of petrochemistry, were recorded at high levels in high-industry areas. Moreover, VOC concentrations obtained from urban and industrial areas were higher than concentrations found in areas far from industry and traffic, which demonstrates the high contribution of traffic and industry to measured VOCs.

This study investigated the summer and winter concentrations of selected pollutants and the relationship between indoor and outdoor environments. In order to determine pollutant sources that negatively contribute to air quality by affecting the degree of indoor, outdoor and personal exposures, the Positive Matrix Factorization (PMF) receptor modeling technique was used, which is a multivariate statistical analysis method. PMF, correlation analyses, indoor/outdoor ratios, microenvironment characteristics, responses to questionnaires, and time activity information suggested that industry, traffic and smoking represent the main emission sources of pollutants investigated. Indoor, outdoor and personal exposure concentration values were compared to values measured in different parts of the world, thereby evaluating consistency with the observed pollution level.

Based on personal exposure concentrations, an assessment was conducted concerning the health risks associated with the inorganic and organic pollutants investigated in this study. When the calculated values for “Total Health Risk” and “Total Hazard Index” for people sampled in homes, offices and schools were examined by considering both the average concentrations and the worst scenarios, it was revealed that housewives are at the highest risk, followed by teachers and office workers. An examination of urban, industrial and far from urban, industrial and traffic areas revealed that people living in all of these three areas are subjected to high cancer risks, which are at similar levels. When the same evaluation was carried out for smokers and non-smokers, it was observed that smokers have a 50% higher risk of cancer compared to non-smokers.

Keywords: Indoor air quality, Kocaeli, Personal exposure, Health risk assessment, Volatile organic compounds, PM_{2.5}, PM₁₀, Heavy metals, Nitrogen dioxide, Sulphur dioxide, Ozone

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Hızla gelişen dünyada artan nüfus ve bunun yanında artan binalar, trafik araçları ve gelişen teknoloji beraberinde birçok çevre sorununu oluşturmaktadır. Sanayi tesisleri, trafik ve evsel kaynaklardan atmosfere yayılan kirleticiler insan sağlığı üzerinde potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Hava kirleticilerin etkisi sadece dış atmosferde değil insanların zamanlarını geçirdiği tüm iç ortamlarda görünen ve ayrıntılı çalışmalar yapılması gereken bir sorun haline gelmiştir.

İnsanlar iç ortamlarda, solunum, deri teması ve gıdalar yoluyla kirleticilere maruz kalmaktadırlar. İç ortam kirliliği hem iç ortamdaki kirleticilerden hem de dış ortamın iç ortama etkisiyle oluşan bir kirliliktir. Bu nedenle iç ortamda oluşan kirliliğin kaynağını saptamak için hem o ortamda hem de o ortamı etkileyen dış ortamda çalışmalar yapılarak genel durum değerlendirilmelidir. Ayrıca maruz kalınan kirleticilerin kişi bazında saptanması sağlık riskinin belirlenebilmesi açısından önem taşımaktadır.

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

Bu amaçla belirlenen 15 ev, 10 ofis ve 3 okul'un iç ve dış ortamlarında ayrıca o ortamda seçilen bir kişide kişisel örneklemeler yapılarak seçilen kirleticilere maruziyet düzeyleri saptanmıştır. Örneklemeler aktif ve pasif örneklemeler olarak 2 ayrı yöntemle eş zamanlı olarak yürütülmüştür. Elde edilen veri setine çeşitli istatistik yöntemler uygulanarak kaynak profilleri belirlenmiş ve sağlık riski hesapları yapılmıştır.

1.2. Çalışmanın Önemi

Çalışmanın yapıldığı Kocaeli ilinde 1990'lı yıllardan itibaren hava kirliliği ölçümleri yapılmış ancak bunlar Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde limit değerleri belirlenen

SO₂ ve dumanla sınırlı kalmıştır. Son 1 yıldır SO₂ ve PM10 kütlesi ölçümlerine başlanmıştır. Ancak hava kirliliğine neden olan bir çok gaz ve partikül madde bulunduğundan hava kalitesi'nin 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 inorganik gazların yanında organik gazların da saptandığı ve genel kirletici profilini gösteren kapsamlı bir çalışmanın yapılması ihtiyaç haline gelmiştir. Ayrıca yapılan literatür çalışmalarından da görüleceği üzere iç ortam hava kirliliğinin bir çok noktada dış ortam kirlilik seviyelerinden yüksek olması ve iç ortamlarda vakitlerinin büyük bir bölümünü geçiren insanların maruz kaldığı etkilerin saptanabilmesi açısından iç ortam kirleticilerinin tespit edilmesi çözüme yönelik çalışmalar açısından oldukça önemlidir.

Kocaeli ilinde iç ortam kirliliğine yönelik yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Ülkemizde de durum ilimizden farklı olmayıp iç ortam kirletici seviyelerinin tespitine yönelik yapılan çalışmalar uluslararası çalışmalarla karşılaştırıldığında sayıca oldukça az ve dar kapsamlıdır. İnsanlar zamanlarının çoğunu iç ortamlarda geçirdiklerinden hava kirleticilerine maruziyetin neden olduğu sağlık risklerini doğru bir şekilde belirleyebilmek için iç ortam kirletici düzeylerinin detaylı olarak bilinmesini gerektirmektedir. Bu çalışma, sağlık riski hesaplamalarını içermesi ve çeşitli istatistik yöntemler kullanılarak kirletici kaynaklarının belirlenmesi açısından önemli bilgiler içermektedir.

1.3. Çalışma Alanının Tanımlanması

Kocaeli, son 40 yıldır hızla gelişmesine paralel olarak nüfus artışının ve çevre sorunlarının yoğun yaşandığı ülkemizin en önemli metropol kentlerinden biri olma özelliğine sahiptir. Yüzölçümü oldukça küçük iller arasında olmasına karşın (3626 km²) Türkiye'nin nüfus yoğunluğu en yüksek ikinci ili olan Kocaeli (333 kişi/km²) insanların kirleticilere maruziyetlerinin belirlenmesi için yapılacak çalışma alanları arasında öncelikli illerden birisidir. Yıllık nüfus artışı (%27) sıralamasında 10. olan Kocaeli ili Türkiye'nin önemli sanayi bölgelerinden biri olarak kabul edilmekte ve 300'ü büyük olmak üzere çeşitli kapasitelerde 1000'i aşkın endüstri tesisine ev sahipliği yapmaktadır. Deniz ve karayolu ile ulaşım kolaylığı, elverişli bir iklime sahip olması bu gelişimi destekleyen unsurlardır. 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 dış hava

kalitesi konutlara yakın olan endüstriyel aktiviteler ve trafik şartları nedeniyle doğrudan etkilenmektedir. Bölgede Türkiye'nin %30'dan daha fazla ihtiyacını karşılayan Rafineri Tesisi, Türkiye'nin tek 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), kâğıt (42), kimya (37), ağaç (34), petrol (14), deri (4), kömür (4) ve diğer (398) sanayi kuruluşları yer almaktadır. Bu tesisler, uçucu organik bileşikler (UOB) ve ağır metalleri içeren çok sayıda kirletici yaymaktadır.

Son zamanlarda bölgede yaşayanların, maruz kaldıkları bu emisyonların sağlıkları üzerinde oluşturacağı etkiler konusunda ilgilerinin artması ve bölgedeki endüstriyel aktivitelerdeki sürekli artış nedeniyle, Kocaeli'de hava kirleticilerine olan maruziyet ve hava kalitesi üzerinde endüstriyel emisyonların etkilerini çalışmak hem bir fırsat hem de bir ihtiyaç haline gelmiştir.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Hava Kirliliği

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

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

Temiz Hava Stratejik Topluluğu (Clean Air Strategic Alliance-CASA) gibi topluluklar; “Hava, kokusuz, tatsız, temiz görünen ve uzun ya da kısa dönemde insan, hayvan ve çevre sağlığına zararsız olmalıdır” vizyonunu takip ederek, modern yaşamlar için kaçınılmaz hale gelen hava kirliliğine rağmen daha temiz bir atmosfer için çabalamaktadır (Probert, 2000).

Hava kirliliği, havada bulunması istenmeyen maddelerin zararlı etkiler oluşturabilecek miktarda bulunması olarak tanımlanmaktadır. Bu istenmeyen maddeler, insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir, bitkilere ve eşyalara zarar verebilir, çevrede kahverengi veya sisli bir hava oluşması nedeniyle estetik sorunlar oluşturabilir. Bu istenmeyen maddelerin çoğu atmosfere insanların kontrolü altındaki kaynaklardan yayılmaktadır. Bununla birlikte, dünyada insanların en çok yaşadıkları yerler özellikle endüstrileşmiş şehirlerdir. Bu kirleticilerin en önemli kaynağı, insan aktiviteleridir. Bu aktiviteler çoğunlukla insanların yaşam standartlarıyla yakından ilişkilidir. Bu aktivitelerin ortadan kaldırılması, yaşam standartlarında önemli düşümlere neden olabilir. Bu nedenle, bir çok endüstrileşmiş şehirde, bu aktivitelerin devamı ve hava kirletici emisyonlarının kontrolü için çözümler aranmaktadır (De Nevers, 1995).

Temiz havanın çok açık bir tanımı olmadığı için hava kirlenmesi üzerinde kantitatif olarak tartışmak oldukça zordur. Pek çok araştırmacı temiz havanın bileşimini Tablo 2.1’de verildiği gibi kabul etmektedir. Bu tablodaki gazların temiz bir havayı oluşturduğu kabul edilirse, bu tabloda bulunmayan herhangi bir maddenin atmosferde bulunmasını kirletici

olarak isimlendirmek gerekir. Bununla birlikte, böyle ideal bir hava hiçbir yerde bulunamaz. Bu nedenle yukarıdaki tanımlamada olduğu gibi bu kirleticilerin havada bulunması değil, istenmeyen etkilere neden olabilecek konsantrasyonlarda bulunması hava kirliliği olarak tanımlanmalıdır (Karpuzcu, 2004).

Tablo 2.1. Temiz Havanın Bileşimi (Karpuzcu, 2004)

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

Hava kirliliğine birçok gaz, bileşik ve partiküller neden olurlar ve bunların konsantrasyonları ve atmosferde bulunuş süreleri önemlidir. Hava kirliliğinin kaynakları insan kaynaklı ve doğal olarak 2 sınıfa ayrılabilir. Doğal kaynaklar; polenler, rüzgar etkisiyle oluşan tozlar, volkanik hareketler ve orman yangınları olarak sayılabilir. İnsan etkisiyle oluşan kirlilikler, endüstriyel, trafik, yanma kaynaklı olarak sınıflandırılabilir (Byrne, 2000).

2.1.1. İç Ortam Hava Kirliliği

İç ortam hava kalitesi küresel bir sorundur. Dünya Bankası 1992’de iç ortam hava kirliliğini gelişmiş ülkelerdeki en önemli 4 kritik küresel çevre sorunundan biri olarak

belirlemiştir (Unobe, 2003). İç ortam hava kirliliği 2 temel kaynaktan oluşabilir. Bunlar, iç ortamda bulunan maddelerin ve faaliyetlerin sonucunda oluşan kirlilik ve dış ortamdaki iç ortama giren kirleticilerin etkisiyle oluşan kirliliktir. İç ortam hava kirliliği son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. İnsanlar kirleticilere solunum, deri teması ve gıdaların tüketimi yoluyla maruz kaldıklarından yoğun olarak zaman geçirdikleri alanlardaki kirleticiler ve bunların o ortamdaki konsantrasyonları sağlık riski açısından oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalarda insanların zamanlarının çoğunu iç ortamlarda (%87.2 içortam, %7.2 araçlar ve %5.6 dışortam) geçirdikleri tespit edilmiştir (Wallace, 1996). Bu veriler ışığında son zamanlarda hava kirliliğine yönelik çalışmalarda iç ortamlar üzerine daha fazla ağırlık verilmektedir. Yapılan bu çalışmalarda pek çok durumda iç ortamdaki hava kirletici konsantrasyonlarının dış ortamdakilerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durumda iç ortam maruziyeti dış ortam maruziyetine göre daha önemli olmaktadır (USEPA 1991; Wallace, 1996; Li ve ark, 2001; Lee ve ark, 2002).

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 2.2’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 2.3’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 2.2. Başlıca iç 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 petrolü 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
Kükürt dioksit	Dış ortam havası, yakıtların yanması

Tablo 2.3. 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 (CO)	3	90
Kurşun (Pb)	31	60
Azotoksitler (NO _x)	38	49
Partiküller (PM ₁₀)	56	25
Kükürtdioksit (SO ₂)	90	2
Uçucu organik bileşikler (UOB)	32	34
Ozon (O ₃)	Atmosferik kimyasal reaksiyonlardan oluşur	

2.2. İnorganik Kirleticiler

2.2.1. Partiküler 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 ($<1 \mu\text{m}$) çoğunlukla gazlardan oluşur, en küçük partiküller ise ($<0.1 \mu\text{m}$, ultra ince) kimyasal reaksiyonlar veya yoğunlaşmalar sonucunda gerçekleşen çekirdeklenme ile oluşurlar. Pratikte partiküllerin ayrılması PM10, PM2.5 ve ultra ince partiküller şeklinde 3 şekilde yapılmaktadır. PM10 ("thoracic" partiküller, partikül çapı $10 \mu\text{m}$ 'den küçük partikülleri ifade eder). Bu partiküller alt solunun sistemine nüfuz edebilirler. PM2.5 ("respirable" partiküller, partikül çapı $2.5 \mu\text{m}$ '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 ark, 1997; Carlton ve ark, 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 ark, 1993; Seaton ve ark, 1995; Monn ve ark, 1997).

Partiküllerin toksisiteleri büyük ölçüde boyutu ile ilgilidir. Partikül çapı $10 \mu\text{m}$ 'den (PM 10) veya $2.5 \mu\text{m}$ 'den (PM 2.5) küçük olan partiküller akciğerlerin alveollerine kadar nüfuz edebildikleri için özellikle tehlikelidirler. Son zamanlarda PM 10, PM 2.5 veya PM 2.5-10'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 ark, 2006).

Partiküler maddelerin yapısında da bulunabilen As, Be, Cd, Cl, Co, Cr, Hg, Ni, Pb, ve Se gibi bazı eser elementler insanlar için kanserojendirler. 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).

2.2.1.1. Dış ve İç Ortam Partiküler Madde Kaynakları ve Aralarındaki İlişkiler

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 önem gösterirler (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 ark, 1989; Thatcher ve Laytol, 1995; Moriske ve ark, 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 iç 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 iç ortam/dış ortam oranlarının diğer iç ortam

kaynaklarının olmadığı durumlarda birbirine yakın olmasına neden olmaktadır. İç ortam kaynaklarının, iç ortamdaki PM seviyelerine etkisinin kuvvetli olduğu durumlarda bile dış ortam havasının iç ortam PM seviyelerine katkısı oldukça önemli olmaktadır. Evlerde belirli iç ortam kaynakları olmadığı zaman, dış ortam partiküllerinin iç ortam PM 2.5 seviyelerine katkısının yaklaşık %75, PM 10 seviyelerine ise yaklaşık % 66 olduğu belirtilmiştir. Evlerde önemli iç ortam kaynakları olduğu zamanlarda ise dış ortam havasının iç ortam PM 10 ve PM 2.5 seviyelerine katkısının hala yaklaşık %55-60 olduğu belirtilmiştir (Monn, 2001). Quackenboss ve arkadaşları (1989) mevsimlerin iç 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.

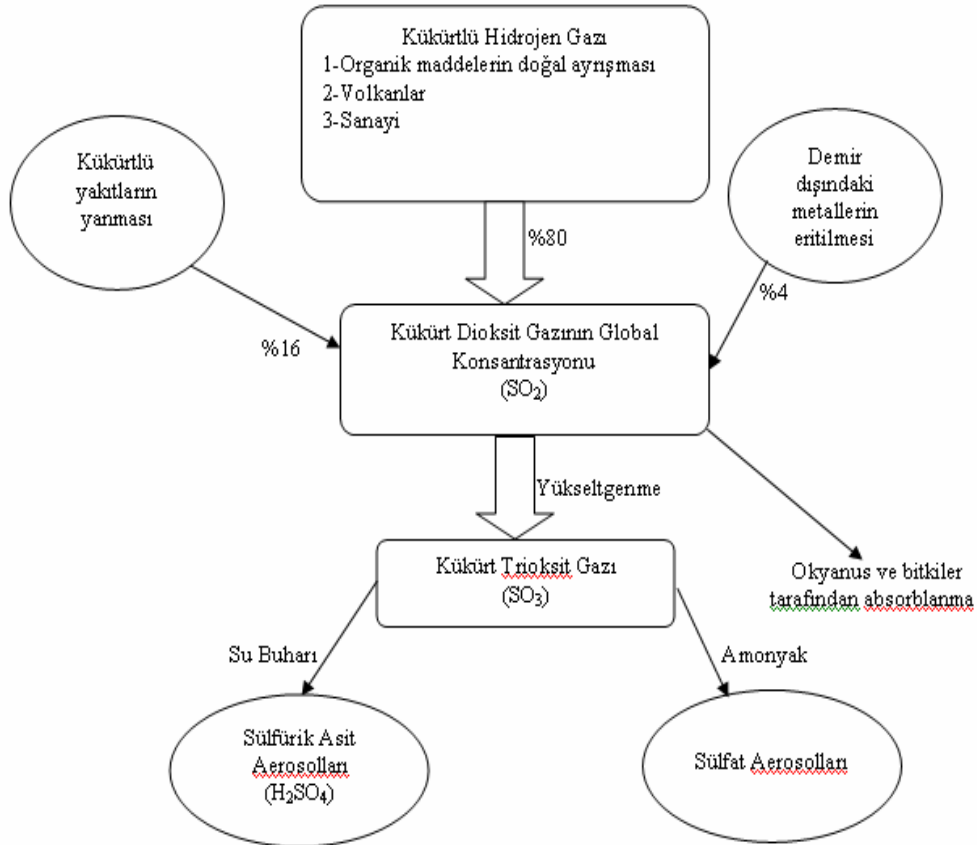
2.2.1.2. Partiküler Madde Maruziyetinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

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).

2.2.2. Kükürtdioksit (SO₂)

Kükürtoksitler 6 farklı kükürtoksidinden oluşur ve SO_x olarak kolektif bir parametre ile ifade edilir. Bu oksitler SO, SO₂, SO₃, S₂O₃, S₂O₇ ve SO₄'tür. Bunlar arasında SO₂ ve SO₃ en fazla önem taşır (Tünay ve Alp, 1996).

Kükürtdioksit renksiz bir gazdır. Ortamdaki 1000 ile 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığındaki konsantrasyonlarında çoğu insan tarafından tat alma duyusu ile belirlenir. Yüksek konsantrasyonlarda (yaklaşık 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün ; 3.5 ppm üzerindeki) keskin ve tahriş edici bir kokusu vardır. Sülfüroz 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, kükürtdioksit gaz fazındaki diğer kirleticilerle katalitik veya fotokimyasal olarak tepkimeye girerek kükürttrioksit, sülfürik asit ve sülfatları oluşturabilir. Kükürttrioksit çok reaktif bir gazdır ve havadaki nemin varlığı ile çok hızlı şekilde sülfürik asit oluşturur. Bu nedenle, havada aerosol olarak kükürttrioksitten ziyade sülfürik asit 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 (World Health Organization,1979).



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

2.2.2.1. İç ve Dış Ortam SO₂ Kaynakları

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 verilmektedir. Atmosfere verilen kükürt konsantrasyonunun en önemli kısmı fosil kökenli yakıtların yanması sonucunda oluşur. Son yıllarda kullanılan yakıtların dikkatli seçimi veya kükürt içeriklerinin bazı işlemlerle azaltılması bu tür yakıtlardan oluşan kükürt dioksit konsantrasyonunu önemli 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 kükürt dioksitin oluşumunda çok etkili olabilir (Güler ve Çobanoğlu,1994). Avrupa ve USA'da büyük şehirlerde emisyonların azaltılmasının bir sonucu olarak çevre havasındaki SO₂'nin yıllık ortalama seviyeleri 20 ppb'nin (52 µg/m³) altında ölçülmüştür. Bununla birlikte gazlı ısıtıcıların, kömürlü cihazların 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 (78 µg/m³), diğer bir çalışmada ise gazlı ısıtıcıların ve gazlı sobaların her ikisinin de olduğu evlerde ise ortalama değer 57 ppb (149 µg/m³) olarak kaydetmişlerdir (Jones, 1999).

2.2.2.2. İç ve Dış Ortam SO₂ Seviyeleri Arasındaki İlişki

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 (World Health Organization,1979). SO₂ seviyeleri genelde iç ortamda, dış ortama göre daha düşüktür. Belirli iç ortam kaynaklarının olmadığı binalarda iç ortam/dış ortam konsantrasyon oranları 0.1 ve 0.6 arasında gözlenir (Jones, 1999).

Sıcak havalarda yağmurlar veya diğer kötü 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 konsantrasyonlar 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 absorblanabilirler. 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 (World Health Organization,1979).

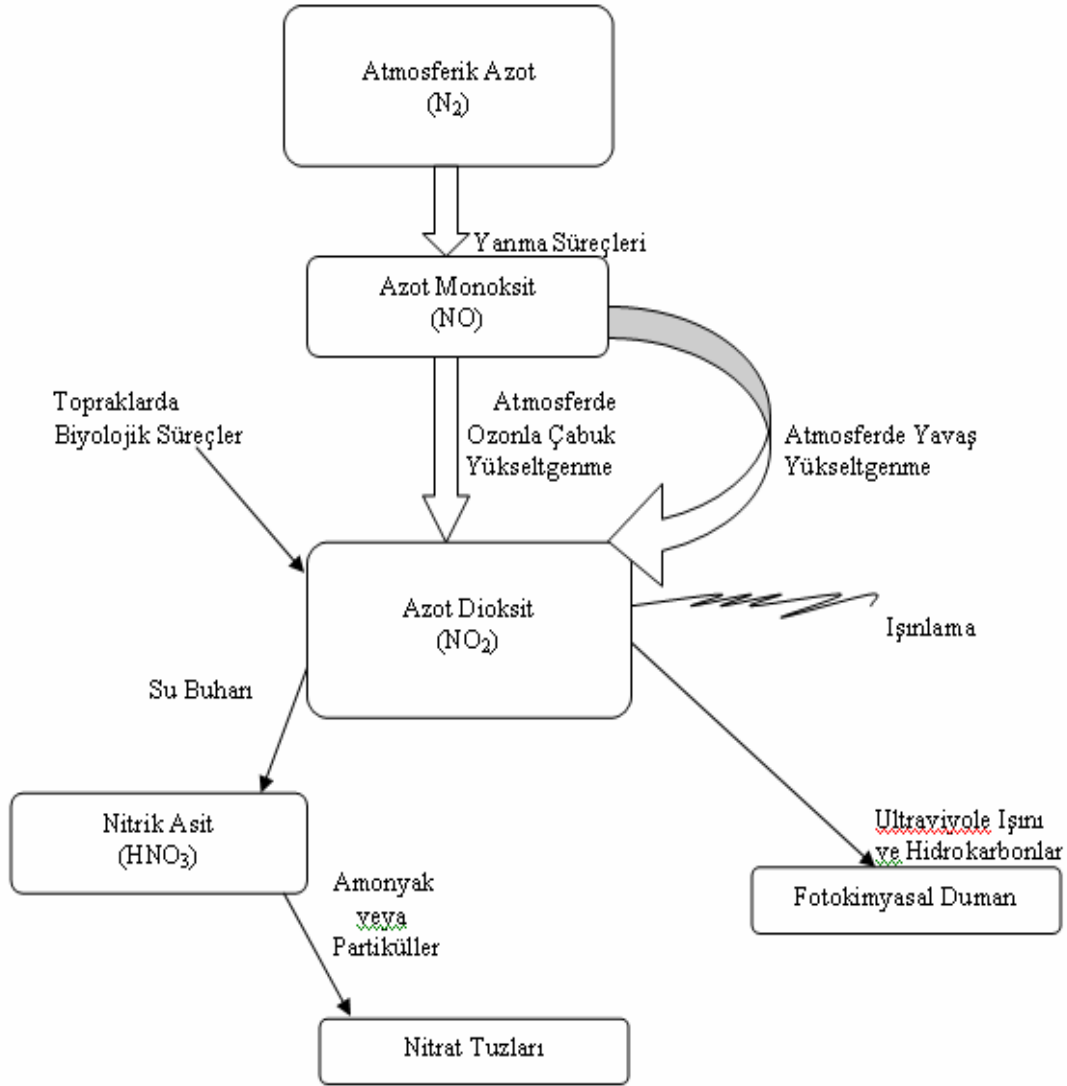
2.2.2.3. Kükürt Dioksit Maruziyetinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Olumsuz sağlık etkileri yönünden SO₂'nin kendisi ve atmosferdeki yükseltgenmesinden kaynaklanabilen asit aerosollerini önemlidir. SO₂, burnun ve üst solunum yolunun mukoza yüzeyine absorpsiyonu ile suda çözünerek asit aerosollerini oluşturmasına 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 olarak 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).

2.2.3. Azotoksitler (NO_x)

Azot oksitler, yanma prosesleri sonucu oluşurlar ve havaya başlıca NO ile birlikte NO₂ olarak yayılırlar. Doğal biyolojik prosesler ve şimşekler sonucunda da NO ve NO₂ oluşabilir. Atmosferde azot oksitler kompleks kimyasal ve fotokimyasal reaksiyonlara uğrarlar. NO, NO₂'ye ve diğer ürünlere ve son olarak da 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, NO₃, N₂O₃, N₂O₄ ve N₂O₅'dir. Bunlara ilaveten, HNO₂, HNO₃ ve çeşitli organik azot türleri örneğin PAN, diğer organik azotlar ve yükseltgenmiş azot bileşikleri içeren partiküller (özellikle adsorblanmış nitrik asit) sayılabilir. Bu türlerin içerisinde şehir havasında ve endüstriyel ortamlarda en çok ölçülen en yüksek konsantrasyonda bulunan NO ve NO₂'dir (World Health Organization, 1997).



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

Azotdioksit suda çözünen kırmızı ile kahverengi arasında karakteristik keskin bir kokusu olan bir gazdır. Kaynama noktası 21.1 °C'dir. Fakat, atmosferdeki düşük kısmi

basıncı yoğunlaşmasını önler. NO₂ korozif ve oldukça yükseltgeyici bir bileşiktir. Yanma kaynaklarından gelen toplam NO_x miktarının hacim olarak yaklaşık % 5-10'u NO₂'dir. Bununla birlikte, bir kaynak tipinden diğerine önemli değişiklikler de gözlenebilir.

Atmosferde, ilgili fotokimyasal reaksiyonlar ozon ve organik bileşiklerle NO'yu NO₂'ye dönüştürür. NO₂, ultraviyole (UV) ile görünür bölge dalga boylarının geniş bir aralığı boyunca etkili bir ışık absorblayıcısıdır. Kahverengi renginden dolayı NO₂ kirli havanın renginin bozulmasına ve görünürlüğün azalmasına neden olur. NO₂'nin fotolizi güneş ışığı ile NO ve bir tane O atomu üretir. Bu O atomu genellikle ozon üretmek üzere O₂ molekülü ile birleşebilir (World Health Organization,1977).

2.2.3.1 İç ve Dış Ortam NO₂ Kaynakları ve Aralarındaki İlişkiler

Fosil kökenli yakıtların yanması sonucunda yüksek sıcaklıklarda meydana gelen azot oksitlerin çok az miktarını azotdioksit, en fazla kısmını da azot monoksit 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).

Yüksek sıcaklıklarda yanma esnasında azot ve oksijenin birleşmesi sonucu oluşur. Bundan dolayı NO₂ oluşumu özellikle gazlı aletlerin, petrollü ısıtıcıların ve sobalarda odun yakılması ve sigara içilmesi sonucu gerçekleşir. Son zamanlarda doğal gazın kullanılmasının yaygınlaşması bu maruziyeti arttırmaktadır. İç ortam emisyon kaynaklarının olmadığı durumlarda NO₂ konsantrasyonu genellikle dış ortam NO₂ seviyesine bağlıdır. Gaz ile pişirme yapan ocakların ve fırınların olduğu evlerde yapılan çalışmalarda yatak odalarında NO₂ 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 sonucu evlerde 24 ppm ilave NO₂ oluşumuna neden olmaktadır. Petrol yakılan havalandırmasız ısıtıcıların olduğu evlerde bir haftalık ortalama konsantrasyonların 45 ppm'i aştığı görülmüştür. Gazlı havalandırmasız ısıtıcıların olduğu evlerde bir haftalık ortalama konsantrasyonların 50 ppm'den fazla olduğu görülmüştür. NO₂ oluşumuna neden olan cihazların çalıştığı süreler içinde NO₂ konsantrasyonunun ortalama değerleri aştığı görülmüştür. 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 kaynakları bulunduğu durumlarda (örneğin gaz sobaları ve gazlı ısıtıcılar) iç ortam NO₂ seviyeleri dış ortam seviyelerinden fazla olabilir. Önemli iç ortam kaynaklarının olmadığı binalarda iç 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).

2.2.3.2. Azotdioksit Maruziyetinin İnsan 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 nitrik asit 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. NO₂ 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. EPA 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).

2.2.4. Ozon

Bilindiği gibi atmosferde az miktarda bulunan ozon gazı; yeryüzündeki tüm canlı varlıkları güneşin öldürücü ultraviole ışınlarına karşı koruyan bir kalkan görevi görmektedir.

Çünkü bu gaz güneşten gelen ışınların büyük kısmını yansıtan bir gazdır. Eğer ozon 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 ozon gazı için çok hassas bir denge söz konusudur. Bu gaz atmosferin üst katmanlarında bir tabaka oluşturur ve bu gaz tabakası güneşten gelen öldürücü ışınları filtre eder. Bu sayede yeryüzüne ulaşabilen ışın miktarı canlı varlıklar için yararlı bir şekilde dönüşür. Ancak bu gaz tabakasının incilmesi yada delinmesi durumunda kendisinden beklenen işlevleri yerine getiremez ve güneş ışınları canlılar için gerçek bir tehlike oluşturur. Bunun yanısıra, güneş ışığında fotokimyasal tepkimeye giren egzoz gazları, kirli havadan oluşan duman bulutlarında ozon ve Azot dioksit oluşturmaktadır. Böylece atmosferin yeryüzüne yakın alt kısımlarında da bir ozon kirliliği meydana gelmektedir (www.cevreorman.gov.tr/hava_05.htm).

Çok kuvvetli bir oksitleme ajanı olan ozon, doğal olarak atmosferde şimşek, yıldırım gibi elektriksel olayların sonucunda meydana gelmektedir. Troposferde, azotdioksit ve hidrokarbonlara güneş ışınlarının etkisi sonucunda gerçekleşen birçok reaksiyon ile oluşmaktadır. Havada bulunan ozon, atmosferde kirleticiler arasında meydana gelen reaksiyonlar sonucunda oluşurken, insan faaliyetleri sonucunda, atmosferde önemli bir ozon emisyonu oluşmamaktadır (RSHM 2004, Brunekreef ve Holgate, 2002). Reaksiyon (1) ve (2)'de ozon oluşumu gösterilmektedir.



Ozon'un şehir merkezlerindeki konsantrasyonu, oluşan ozonun azotmonoksit tarafından tüketilmesi nedeniyle kırsal alanlardaki konsantrasyonlarından daha düşüktür (Brunekreef ve Holgate, 2002).

2.2.4.1. İç ve Dış Ortam Ozon Kaynakları ve Aralarındaki İlişkiler

Ozon oluşumu ve atmosferden doğal uzaklaşma olayları güneş radyasyonunun azotdioksit üzerine etkisi sonucu bir dizi reaksiyonla gerçekleşmektedir. Atmosferde bulunan uçucu organik bileşikler ve hidroksil radikalleri dengedeki ozon konsantrasyonunun bozulmasına neden olur.

İç ortamda ozon oluşumunu sağlayan kaynaklar yoktur. Ozon ikincil bir kirletici olması nedeniyle sigara içilmesi, sıvı ve gaz tipi yakıtların ısınma ve pişirme amacıyla kullanımı sonucunda azotdioksit oluşumu sonucunda ozon oluşumu söz konusu olabilir. İç ortam ozon 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 ozon konsantrasyonuna yaz ve kış aylarında güneş ışığının en yoğun olduğu öğle saatlerinde rastlanır. İç ortam ozon seviyeleri dış ortam ozon seviyelerine göre oldukça düşüktür. İç ortam/ dış ortam ozon konsantrasyon oranlarının yaklaşık 0.2 ve 0.8 arasında olduğu gözlenir (Monn, 2001).

2.2.4.2. Ozon Maruziyetinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Çok kuvvetli bir oksitleyici olan ozon, her türlü biyolojik materyalle reaksiyona girmektedir (RSHM, 2004). Akut ozon 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 ozon, solunan alerjene olan reaksiyonların artmasına sebep olur (Spengler ve ark, 2006; Alexis ve ark, 2004; Peden, 2001)

2.2.5. İnorganik Kirleticilere Ait 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. Sonuçlar, elde edilen iç ortam konsantrasyonlarının Hong Kong'da yeni düzenlenmekte olan iç ortam hava kalitesi yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde, NO_x seviyelerinin yüksek olduğunu ancak SO₂ ve O₃ seviyelerinin düşük olduğunu göstermiştir.

Stranger ve arkadaşlarının (2007) Belçika'nın Antwerp şehrinde 18 ev ve 27 okulun iç ve dış ortamlarında yaptıkları çalışmada; PM₁, PM_{2.5} ve PM₁₀ kütle konsantrasyonları, Elemental Karbon (EC) miktarı, NO₂, SO₂, O₃ ve BTEX 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, HCOOH ve CH₃COOH gazları analiz edilmiştir. Örneklenen evler ve okullar Antwerp şehrinin şehir merkezinde ve güney bölgesindeki kent merkezi dışında kalan yerleşim alanı 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, 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 3 aşamalı impactor 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-ray floresans yöntemi (ED-XRF; tracor X-ray,CA) 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 impactor ile gözenek çapı 37 mm olan teflon filtreler üzerine toplanmış ve XRF tekniği ile elemental içeriği belirlenmiştir. Çalışmadaki bütün gaz halindeki maddeler Radiello marka pasif örnekleyiciler kullanılarak örneklendirilmiştir. Pasif örnekleyiciler bütün örnekleme noktalarının iç ve dış ortamlarında paralel olarak bir hafta süreyle bekletilmiş ve toplanan örnekler incelenen bileşiğe bağlı olarak IC, GC-MS veya UV-VIS spektrofotometreler kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada örneklenen 27 ilköğretim okul buldukları bölgeye ve birbirlerinden farklı diğer özelliklerine bağlı olarak seçilmiştir. Seçilen okulların 15'i şehir merkezinde 12'si ise suburban alanda bulunmaktadır. Okullarda yapılan çalışma Aralık 2002-Haziran 2003 tarihleri arasında yapılmıştır. Partiküler maddeler Harvard impactor ile öğrencilerin okulda bulunduğu

saatler göz önüne alınarak 12 saatlik sürede ortamlarda bulundurulmuştur. Gaz kirleticiler ise evlerde kullanılan yöntem ile toplanmış ve analiz edilmiştir. Bu çalışmada incelenen evlerin ve okulların dış ortam PM_{2.5} konsantrasyonları 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 standart değerleri %50 aştığı görülmüştür. Bununla birlikte okullarda yapılan örnekleme için 12 saat süre ile yapıldığı yönetmelik değerlerinin ise 24 saat üzerinden verildiği dikkate alınmalıdır. Yapılan çalışmada sigara kullanımı 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 (N=8) yapılmıştır. 1999 yılı kış mevsiminde ise pilot çalışma temel alınarak kişisel maruziyet, iç ortam ve dış ortam konsantrasyonlarının belirlenmesi için ana çalışma (N=20) 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 örnekleyciler, bir pompa içeren birden fazla kirleticiyi (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ ve O₃) örnekleymek için dizayn edilmiş pasif örnekleycilerdir. Örneklemeden sonra örnekleyci içinde bulunan filtreler ekstrakte edilerek iyon kromatografisi tekniği ile analiz edilmişlerdir. İç ortam ve dış ortam PM_{2.5} ve PM₁₀ örnekleme için Harvard impactor’leri, NO₂ örnekleme için ise pasif örnekleyciler 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) birbirine çok yakın değerlerde bulunmuştur. Bununla birlikte kaba partiküllerin (ölçülen PM10 ve PM2.5 konsantrasyonlarının farkından elde edilen PM2.5-10) iç ortam ve dış ortam konsantrasyon seviyeleri (35,4 ve 47,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) kişisel konsantrasyon seviyelerinden (76,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 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, PM2.5 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 PM2.5-10 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. PM2.5 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.

Bu çalışmada 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 impactor içine akış hızı sabit 4 L/dak olacak şekilde bir membran pompası yardımı ile çekilmiştir. Azotdioksit örneklemede ise trietanolamin ile kaplanmış metal bir ızgara içeren pasif örnekleyiciler kullanılmıştır. Adsorplanan NO₂ sülfonik asit ve NEDA kullanılarak fotometrede analiz edilebilecek renkli çözeltiler içine ekstrakte edilmiştir. İç ortam kaynaklarının ve kişi aktivitelerinin fazla olmadığı evlerde PM 10 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 ince partikül madde (PM_{2.5}) konsantrasyonları ölçülmüştür. Çalışmada her örnekleme noktasında örnekleme 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 örnekleme 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 gözenek çapı 47 mm olan teflon filtrelerin üzerine toplanmaktadır. Eser element analizleri için ise X-ray (XRF) tekniği kullanılarak 35 eser elementin konsantrasyonu her bir ortam için ayrı ayrı belirlenmiştir. Eser element ölçümleri içerisinde en yüksek konsantrasyonlara Kükürt (S) ve Silisyumun (Si) 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 PM_{2.5} 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 (K) ve Klor (Cl) olduğu belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda evlerde yanma kaynaklı elementlerin konsantrasyonlarının, toprak kaynaklı elementlerden yüksek olduğu görülmüştür.

2.3. Uçucu Organik Bileşikler

USEPA, uçucu organik bileşikleri (UOB'ler) 760 mmHg ve 25°C'de 10⁻¹ den büyük buhar basıncına sahip organik bileşikler olarak tanımlanmıştır. Bu bileşikler yüksek Henry

sabitine (Hidrokarbonlar için; $103-105 \text{ Pa.m}^3\text{mol}^{-1}$, halojenli hidrokarbonlar için $10-105 \text{ Pa.m}^3\text{mol}^{-1}$) sahip olma eğilimindedir. UOBler çevreye bırakıldıkları zaman atmosfer içinde hızlıca ve uygun biçimde parçalanır ya da buharlaşır. Hava fazında ortaya çıkan büyük parçalanma ve giderim meydana gelir. Bu nedenle uçucu organiklerin fotodegradasyonu ve atmosferik fotokimyası oldukça önemlidir (Kuntasal, 2005).

Fotokimyasal bir oksidan olan ve fotokimyasal sisin temel bileşeni olan ozon yakma kaynaklarından direk olarak yayılmaz, ancak güneş ışığının bulunması ile uçucu organik bileşikler ve azot oksitlerden oluşur. Uçucu organik bileşikler trafik, organik kimyasalların (çözücüler gibi), ham petrolün taşınması ve kullanımı, doğal gaz kullanımı ve dağıtılması, az miktarda da atık bertaraf alanları ve atık su arıtma tesislerinden kaynaklanmaktadır. Yüksek trafik akışı olan daha sıcak ve güneşli şehirler ozon ve diğer öncü fotokimyasal oksidanların oluşumu için iyi bir ortam hazırlar. Modern organik kimyanın bulunmasından beri sentetik maddelerin büyük bir çoğunluğu, yapı malzemeleri, yapıştırıcılar, temizlik sıvıları dahil olmak üzere sayısız konut ve ticari uygulamalarda kullanım için üretilmiştir. Ürünler, solvent içeren maddelerden ve yavaşça buharlaşan veya gazsız olan diğer bileşiklerin organik bileşiklerinin az miktarlarda havada yayılmasıyla meydana gelmişlerdir. Bu bileşiklerin uçucu tabiatları, UOB teriminin oluşmasına sebep olmuştur. İsmi de ifade ettiği gibi, bütün UOB'ler bir veya daha fazla karbon atomundan oluşmuşlardır ve düz veya dallı zincir (alifatik), halkalı (aromatik ve siklik), halojenli veya oksijenlendirilmiş (alkoller, ketonlar, aldehitler, eterler, esterler, ve organik asitler) bileşikler dahil olmak üzere çokça yapısal formlarda bulunurlar (Bardana ve Montanaro, 1996; Baek ve ark., 1997).

Uçucu organik bileşikler normal oda sıcaklığında buharlaşabilen ve çoğunlukla karbon ve hidrojenle oluşan kimyasallardır. Bazı uçucu organik bileşiklerde karbon atomuna klor, flor, brom ve kükürt atomlarından biri veya birkaçı bağlanmış olabilir. UOB sınıfı farklı kimyasal ve fiziksel davranışlarına sahip türleri kapsar. Karbon ve hidrojen içeren (sadece element olarak) hidrokarbonlar önemli UOB'lere aittir (alkan, alken, alkin ve aromatikler). Bununla birlikte UOB'lerin C ve H'nin yanında içerdiği oksijen, klor ve halojenler oldukça önemlidir. Bu ikinci sınıftakiler aldehit, alkoller, ketonlar, klorlu alkanlar ve alkenler, klorluflorlu karbonlar (CFC) ve hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) gibi bileşikler içerir.

UOB'ler çok sayıdadır ve çok yönlüdür. Literatürde kullanılan genel terimler bazen birbirleriyle tutarlı olmayabilir ancak atmosferik organik maddelerin farklı fraksiyon tanımları değiştirilebilir. 9 farklı başlık altında tanımlanacak olursa;

- 1) Reaktif Organik gazlar (ROG); atmosferdeki hidroksil radikalleri ve diğer kimyasallar ile (yarılanma ömrü 30 günden küçük) reaksiyona girme potansiyeline sahip ve bu reaksiyonlar sonucu ozon ve ikincil organik aerosollerle sonuçlanan organik gazlar.
- 2) Toplam Organik Gazlar (TOG); yüksek hidroksil reaktivitesine sahip olan ve olmayan tüm organik gazlar (TOG çoğunlukla ROG + metan ve halokarbonları kapsar).
- 3) PAMS; n-undecane bileşiğine kadar ki hidrokarbonların toplamının işlemsel olarak belirlendiği (NMOC) US'de 55 hedef hidrakorbon ve non-metan organik bileşiklerin fotokimyasal değerlendirme (PAMS) izleme istasyonlarında ölçülen hidrokarbonlar.
- 4) Metan dışı hidrokarbonlar (NMHC; literatürde çoğunlukla “hafif hidrokarbonlar” olarak ifade edilir ve C2-C12 arasındaki hidrokarbonlardır).
- 5) Ağır Hidrokarbonlar; C10-C20 arasındaki hidrokarbonlar, bunlar yarı uçucu bileşikler olarak da tanımlanır çünkü C15 den büyükler gaz ve partikül olarak birlikte bulunabilirler.
- 6) Karbonilli bileşikler; aldehit ve ketonlardır ve genellikle formaldehit, aseton ve asetaldehit ile başlarlar.
- 7) Metan Dışı Organik Gazlar (NMOG); NMHC + karbonil den oluşur.
- 8) Yarı Uçucu Organik Bileşikler; PAH'lar, metokifenoller, laktonlar ve diğer polar ve apolar organik bileşikler gibi bileşikler çevreye yayıldığında gaz ile yoğun faz arasındaki kısmı içeren bileşiklerdir.
- 9) UOB; Uçucu Organik Bileşikler; NMHC + ağırhidrokarbonlar + karbonil + halokarbonlar (C20 den küçük) (Kuntasal,2005).

2.3.1. Uçucu Organik Bileşiklerin Çevre Üzerine Etkileri

Uçucu organik bileşikler 50 yıldan uzun bir süredir çevre üzerindeki ters etkileri nedeniyle ilgi görmektedir. UOB'lerin bahsedilen bu doğrudan ve dolaylı etkileri şöyle sıralanabilir:

- 1-) Troposferik ozon oluşumu; 2-) İnsan sağlığı üzerindeki etkileri; 3-) Bitki örtüsü üzerindeki etkileri; 4-) İklim değişiklikleri üzerindeki etkileri; 5-) Stratosferik ozon tükenmesi.

2.3.1.1. Troposferik Ozon Oluşumu

NO_x ve hidrokarbon karışımların solar radyasyonlu aktinik bölgeye maruz kaldığında aktive olan karmaşık dizilimli kimyasal reaksiyonlar, peroksilasetil nitrat (PAN), nitrik asit, ve oksijenlenmiş hidrokarbonlar gibi fotokimyasal olarak adlandırılan geniş bir tür çeşitliliği oluşturabilmektedir. Bu kirletici maddelerin durumu gün ve gece döngülerinin değişimli dizilimleri boyunca tam anlamıyla birbirine bağlıdır. Elverişli meteorolojik koşullar altında iki döngüde tam olarak aktive edilmiş haldedir. Bu işlemler lineer olmadığından, atmosferde ozon ve fotokimyasal oksidanların hızlı birikimi meydana gelebilir. Dört veya beş gün içinde, kirletici maddelerin birikimi o kadar şiddetli olabilirki, insan sağlığı bitki örtüsü ve malzemeler üzerinde ters etkisi olan fotokimyasal sis kirliliği vakaları gözlenebilmektedir (Kuntasal, 2005).

2.3.1.2. İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

UOB'lerin insan sağlığı üzerinde doğrudan olumsuz etkileri olabilmektedir. Birçok UOB toksik ve kansorejen olarak sınıflandırılmıştır ve bu yüzden bu bileşiklerin yüksek miktarlarına kısa süreliğine ya da düşük miktarlarına uzun süreliğine maruz kalmak güvenli değildir. UOB'lere fazla maruz kalındığında gözlenen bazı sağlık problemleri olarak baş dönmesi, baş ağrısı ve mide bulantısını sayabiliriz. Ayrıca benzen gibi bazı UOB'lere uzun bir süre maruz kalınmasın kansere yol açtığı görülmüştür. Ayrıca, n-hegzanın sebep olduğu kronik nörotoksik etkiler, aldehitlerin yol açtığı mukoz zarındaki tahriş, toluen ve ksilenlerin merkezi sinir sistemi üzerindeki etkileride rapor edilmiştir. US EPA Temiz Hava Planlarında (CAA, 1991) birçoğu UOB olan 185 tane zararlı hava kirleticiyi (HAP) listelemiştir. Kanada Çevre Koruma Ajansı, Çevre ve Sağlık Bakanlığından istediği öncelikli madde listelerinde (PSL) birçoğu UOB olan 25 toksik bileşik tanımlanmıştır. Birçoğunun etkisi konusunda bilgi olmamakla birlikte, hayvanlar üzerinde yapılan çalışmaların ortaya koyduğu sonuçlar UOBlerin kanser, çocuklarda ve yeni doğanlarda gelişme bozukluğu, düşük ve doğurganlıkta düşmeye neden olduğu ve pulmoner sisteme zarar verdiği, solunum yolları, merkezi sinir sistemi üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Bu etkiler maruz kalınan süre ve dozla yakından ilişkilidir.

Evlerde kullanılan eşyalardan ev ortamına yayılan uçucu organik bileşiklerin sağlığa zararlı etkileri ele alınması gerekir. Evsel eşya: boya, boya malzemesi, solventler; ahşap

koruyucular; aerosol spreylere; temizleyici ve dezenfektanlar; b6ccek kovucular ve koku vericiler; depolanmış yakıtlar ve otomotiv 6r6nleri; hobi malzemeleri; kuru temizlenmiş giysiler evsel ortamda uçucu organik bileşiklerin emisyon kaynaklarını oluşturur. Bunların insan sağlığı 6zerindeki etkileri g6z, burun ve boğaz tahrişi; baş ağrısı, koordinasyon kaybı, mide bulantısı; karaciğer, b6brek ve merkezi sinir sistemine zararlarıdır (Verschueren, 1977).

2.3.1.3. Bitki 6rt6s6 6zerindeki Etkileri

UOB'lerin bitkiler 6zerindeki etkilerini araştıran deneyler, UOB'lerin iklim değişiklikleri ve foto oksidanların oluşumundaki dolaylı etkilerini bize ağıkca g6sterir (AAS, 2004). Bazı deneysel araştırmalar etenin bitkiler 6zerinde doğrudan fitotoksik etkisi olduğunu g6sterir. Eten dikkat ęekicidir ę6nk6 biręok bitki tarafından fitohormon olarak 6retilir ve bu da b6y6me, ayrımlaşma ve yaşlanma gibi fizyolojik ilerlemelerde etkilidir. En iyi bilinen 6zelliklerinden biri de meyvelerin olgunlaşması için harekete geğirici etkisidir. Bununla beraber, biręok ęeřit stres (kuraklık, sel, yaralanma, hastalığa sebebiyet veren mikroplar ve havayı kirleten gazlar gibi) etenin biyosentezini arttırır, bu da stresin kuvvetlenmesinde rol oynar. Tipik emareleri, b6y6me engellenmesi, boğum kısılması, tomurcuk kuruması, yaprakların erken sararması, yaşlanma, ani solma, sarılık ve kangrendir.

2.3.1.4. İklim 6zerindeki Etkileri

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Framework Kongresi (UNFCCC) sera gazlarını (GHG) doğrudan ve dolaylı GHG ler olmak 6zere iki grupta tanımlar. Doğrudan GHG ler CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ ve dolaylı 6nc6 GHG ler NO_x, CO, UOB ve SO₂ dir (UNFCCC, 2005). Atmosferin ışınımsal dengelerine etkilerinin yanında, UOB'ler fazladan iklimsel etkilere neden olabilir. 6rneğin, UOB'ler bulut 6zelliklerini değiştirebilecek aerosoller oluşturabilirler. Bunun da 6tesinde troposferik ozon, UOB'lerin bir sera gazı gibi davranması sonucu oluşmuştur. UOB'ler aynı zamanda stratosferik su buharına etki ederek iklimi de etkiler (AAS, 2004).

2.3.2. Uçucu Organik Bileşiklerin Kaynakları

Uçucu organik bileşikler sadece türlerin geniş bir spektrumu değildir, aynı zamanda kaynakların geniş çeşitliliğiyle alakalıdır. UOBler antropojenik ve biyojenik kaynaklardan açığa çıkarlar. Antrapojenik kaynak kategorileri şu şekilde sıralanır: i) Yanma işlemi, ii) Fosil yakıtlarının üretimi, kimyasal işlemi, stoklanması ve dağıtımı, iii) Uçucu organik çözücüler ve çözücü içeren ürünlerin uygulamaları, iv) Endüstriyel ürün işlemleri, v) Biyolojik işlemler.

Yanma işlemleri örnekleri, içten yanmalı motorlu araçlar, yanma tesisatı ve fırınlar olabilir. Çözücü içeren ürünlere örnek olarak boyalar ve vernik, metal yağı giderici faktörler ve yapıştırıcılar verilebilir. Biyolojik işlemler, geviş getiren hayvanların sindirim işlemleri, gübre kullanımı ve organik atıkların ortadan kaldırılmasını içerir (Finlayson-Pitts ve Pitts, 1997; Ho ve ark. 2002; Guo ve ark., 2003).

Biyojenik kaynaklar, ormanları, çayırları, sulak alanları, suları ve vahşi hayvanları içeren alanları da kapsar. Büyük miktarlarda UOB biyojenik ve antropojenik kaynaklardan troposfere yayılır. Bitki örtüsü, izopiren, monoterpene serileri ve oksitlenmiş UOBler gibi bazı UOBlerin önemli bir kaynağıdır. UOBlerin troposfere yayılımı aynı zamanda yanma kaynakları (motor ve fosil yakıtlı güç kaynaklarının yayılımı), yakıt depolanması ve taşınması, çözücü kullanımı, endüstriyel operasyonlardan kaynaklanan yayılım, deponi alanları ve tehlikeli atık tesisleri gibi antropojenik kaynaklardan da olmaktadır. Bu konuyla ilgili yayınlanmış eserlere bakıldığında, ABD ve dünya çapındaki antropojenik kaynaklardan yayılan UOBler yaklaşık olarak sırasıyla yıllık 20 milyon ton ve 60-140 milyon ton, ayrıca biyojenik kaynaklardan yayılan UOBler yaklaşık olarak sırasıyla yıllık 29 milyon ton ve yıllık 1150 milyon ton (karbondan) olarak tahmin edilmektedir.

Solvent ve yakıt kullanımlarına ek olarak, uçucu organik bileşikler, plastik ve diğer kimyasalların örneğin, tehlikeli bir hava kirleticisi olan vinilklorürün (aynı zamanda PVC plastik materyali) üretiminde ara ürün olarak çıkarlar. Solventler ve motor yakıtları, çoğunlukla petrolden ortaya çıkarlar böylece aslında bütün uçucu organik bileşik kaynakları rafine petrole dayanmaktadır (Verschueren, 1977).

2.3.2.1. İç Ortam Kaynakları

Uçucu organik bileşiklerin iç ortam kaynakları; dış ortam havasından içeri gelen dış ortam kirleticileri ve insan aktivitelerinin birleşmesiyle oluşur (Baya ve ark., 2004).

Bina içindeki havada bulunan UOBlerin kaynakları ise birçok çeşit bina malzemelerinden, temizlik malzemelerinden, ofis ürünlerinden ve makinelerinden, boya ve mobilyalardan meydana gelmektedir. Bazı durumlarda, özellikle hava girişlerinin park alanları ya da kirlenmiş havanın bina içine girebileceği diğer bölgelere yakın olarak konumlandırıldığı durumlarda dışarıdaki hava yapı içindeki hava kirliliğine katkıda bulunabilmektedir. Banyo yapmak, yemek pişirmek, sigara içmek, kozmetikler, hijyen ürünleri ve aynı zamanda biyolojik insan faaliyetleri UOBlerde artışa yol açar. Tablo 2.4'de yapı içindeki havada bulunan temel UOBlerin tipik kaynaklarını özetlemektedir. UOBlerin emisyonları tipik olarak belirli bir zaman aralığında tanımlanan bir yüzey alanının bir oranı olarak tanımlanır ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$). UOB emisyon hızları ve bunun sonucunda havada bulunan UOB konsantrasyonları malzemenin içindeki UOB konsantrasyonu, malzeme içindeki difüzyon hızı, sıcaklık ve yüzey boyunca oluşan hava hareketleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Birçok durumda, özellikle eski malzemeler için artan hava akımı emisyon hızını arttırmaz. Bununla beraber, bazı yeni ürünlerin uygulanmasından sonra eğer malzemenin yüzeyi ve hava arasındaki yoğunluk yükselmesi doymuş duruma gelirse, emisyon hızı birinci Fick kanununa göre limitlendirilebilir. Böyle bir durumda havalandırmadaki artış aslında emisyon hızında bir artışa neden olabilir. Çeşitli malzemelerdeki UOB difüzyonu aynı zamanda malzemenin yaşına, çevre sıcaklığına ve nemine de bağlıdır. Çeşitli malzemelerdeki, sonuç emisyon hızlarındaki ve çevre konsantrasyonlarındaki UOB davranışını tahmin etmek amacıyla teorik modeller geliştirilmiştir (Bardana ve Montanaro, 1996; Guo ve ark., 2003).

İç ortam uçucu organik bileşik kaynaklarından en önemlileri tütün dumanından meydana gelenlerdir (IARC, 1986). Bunlar; benzen, toluen, oktan, m- ve p- ksilendir. İç ortamda uçucu organik bileşiklerin oluşmasına neden olan diğer kaynaklarda; aseton, sprey boyalar, şömineler, petrolü ve gazlı ısıtıcılar, bazı temizlik maddeleridir (Vega ve ark., 2000; Chan ve ark., 2002; Son ve ark., 2003).

Tütün dumanından fazla miktarda çıkan benzenin başka farklı kaynakları da vardır. Bunlar; kozmetik kullanımı ve sinek kovarlarıdır. Naftalin ve hava temizleyiciler ise, kansere yol açan paradiklorobenzen kaynaklarıdır. Odun sobası ayrıca, bütılbenzen, toluen, m- ve p- ksilen kaynağıdır. Aerosol spreyler, baş dönmesi, nefes almada düzensizlik gibi sağlık etkileri olan trikloreten kaynağıdır. Böcek öldürücüler ve sinek kovarları ise, o-ksilen

kaynaklarıdır. Çok uçucu bir bileşik olan ve metallerde yağ gideriminde kullanılan tetrakloroetilen ise kuru temizlemelerde de kullanılır ve evlerde buharlaşan bu kirletici bir iç ortam uçucu organik bileşimidir. Stiren ise, halılardan ve evlerde kullanılan plastik malzemelerden kaynaklanır. Bunun dışında mum ve yapı malzemelerinden kaynaklanan uçucu organik bileşiklerde vardır. Bunlar; dekan, dodekan ve undekandır (Baya ve ark, 2004).

Tablo 2.4. Genel İç Ortam UOB Kaynakları

Uçucu Organik Bileşikler	Kaynakları
Kloroform	Su, yapıştırıcılar, izolasyon köpüğü, mürekkepler
1,1,1,-trikloreten	Temizlik sıvıları
Benzen	Tütün dumanı, yapıştırıcılar, temizleyiciler, boya çıkarıcılar, izolasyon köpüğü, mürekkepler, fotoğraf filmi, oto egzostu, tahta boyası
Karbontetraklorid	Yapıştırıcılar, izolasyon köpüğü, mürekkepler
Klorbenzen	Solventler
Dekan	Kalafatlama, vernik, duvar kağıdı, sunta, parke, yer/duvar kaplama, gazyağı ısıtıcılar, poliüretan, tahta boyası, yer cilası
M,p-diklorobenzen	Deodorantlar, naftalin kristalleri
Dodekan	Vernik, yer/duvar kaplama, gazyağı ısıtıcıları
Etilbenzen	Yer/duvar kaplama, izolasyon köpüğü, kalafatlama, yapıştırıcılar, vernik, fotoğraf filmi, poliüretanlar
Stiren	İzolasyon köpüğü, kalafatlama, sunta, tütün dumanı, yapıştırıcılar, mürekkepler, fotoğraf filmi, yağlar
Tetrakloretilen	Kuru temizleme sıvıları, yapıştırıcılar, izolasyon köpüğü, mürekkepler
Trikloretillen	Yapıştırıcılar, izolasyon köpüğü, mürekkepler, fotoğraf filmi, bant, kaplamalar, yağlar, kauçuk
Andekan	Duvar kağıtları, alçı panel, yer/duvar kaplama, kalafatlama, parke taş, keçe, vernik, boyalar, boya çıkarıcılar, tahta boyası, poliüretan, temizleyiciler, döşeme cilası
m,p,o-ksilen	Keçe, yapıştırıcılar, yer/duvar kaplama, kalafatlama, vernik, tütün dumanı, gazyağı ısıtıcıları, ayakkabı boyası

Yeni yapı malzemeleri önemli UOB kaynaklarıdır çünkü bunların imalatında solvent kullanılmaktadır. Solvent, yapıştırıcılar ve kalafat gibi bazı ürünlerin bileşiminde bulunan ana

bileşendir ve ürünü kullanılana kadar sıvı halde tutmak için eklenmektedir. Uygulandıktan sonra, materyal onarılanaya kadar hızla buharlaşır ve katılaştırır daha sonra emisyon oranları hızla düşer. Teorik modelleme ile UOB emisyonlarının üssel bozulmalarını yarılanma ömrü olarak 300 gün şeklinde bulunmuştur. Ancak, asıl UOB ölçümleri daha hızlı dağılma yüzdeleri göstermektedir. Teorik ve asıl UOB emisyonlarındaki farklılık, solventlerin oldukça yüksek olan başlangıçtaki konsantrasyonları yapıştırıcılardan, boyalardan ve diğer materyallerden UOBlerin düşük yayılma hızlarıyla karşılaştırıldığında, hızlı bir şekilde buharlaştığı şeklinde açıklanabilir. Bu şekilde bakıldığında boya uygulaması yapıldığında solvent birkaç saat içinde buharlaşır. Su bazlı boyalar önemli ölçüde daha az solvent içerir ancak sıklıkla tamamen kurumaması için daha uzun bir zamana ihtiyacı olur ve uygulamadan birkaç ay sonra glikol eter UOBleri yayabilmektedir. Bazı durumlarda, materyaller dahilinde kimyasal reaksiyonların uzun zamanlarda meydana gelmesi bazı UOBlerin düşük seviyelerinin salınmasıyla sonuçlanabilir. Formaldehitin genişletilmiş zamanda çeşitli eskimiş ürünlerden yayıldığı da ayrıca kaydedilmiştir (Bardana ve Montanaro, 1996).

Yukarıda belirtilen iç ortam kirleticilerinden bazıları aşağıda yarıntılı olarak ele alınmıştır.

Yalıtım Malzemeleri: Yalıtım malzemeleri tipik olarak lifli veya köpüksü ürünlerden oluşmaktadır. Lifli yalıtım malzemesi el yapımı camsı lif (camyünü, taş yünü gibi) veya doğal lifleri içerir ve genellikle selülozdan yapılmışlardır. Lifli yalıtım malzemeleri çoğunlukla etkisiz malzemeler içerirler ancak sık sık fenollü reçineler, akrilik yapıştırıcılar, yağlar, nemlendirici maddeler, anti statik maddeler, ekstrüderler, dengeleyicilerle birbirlerine bağlanmışlardır, bunlar ürün ağırlığının yaklaşık olarak %10'unu kapsamaktadır. Lifli yalıtım malzemesinin önceden en genel formülasyonunda üre formaldehit kullanılmakta iken günümüzde yerini poliüretan, fenollü polistiren, sentetik ve üre tabanlı köpükler almıştır. Polistiren köpük için UOB emisyon oranları yaklaşık olarak $1400 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ ve poliüretan köpük için de $120 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ ' dir. Lifli yalıtım ürünündeki en düşük UOB emisyon oranı da $12 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ olarak bulunmuştur

Duvar Kaplamaları: Duvar kaplamaları belli bir sırayla kağıt, kumaş, odun, vinil ve plastik gibi maddeler içerirler. Alifatik, aromatik, ve klorlü hidrokarbon emisyonları test odalarında yapışkanlı duvar kağıdından alçıpana kadar ölçülmüştür. Ancak, UOBlerin duvar kağıdındaki katkısı, yapıştırıcılarla karşılaştırıldığında kararlı değildir. UOB konsantrasyonları vinil duvar kaplamaları için ortalama olarak $300 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ olurken, tekstil ürünlerine bakıldığında 840

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ olduğu görülmüştür. Kağıt duvar kaplamaları da, $30 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ ile en düşük UOB yayıcıları olduklarını göstermişlerdir.

Döşeme Kaplamaları: Esnek döşeme kaplamalar, genelde vinil kaplamalar veya seramikler, polivinilklorid reçineler, akışkanlaştırıcılar, elyaflar, pigmentler ve dolgulardan oluşmuşlardır. Linolyum döşemeleri yanlış kullanım itibariyle artık üretilmemektedir. Emisyon çalışmaları formaldehit varlığını ispatlamışlardır ancak oranlar odunlu ürünlerden daha az olmuştur. Vinil döşemelerindeki toplam UOB emisyon oranları 590'dan 2300 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ 'e yükseldiği raporlanmıştır. UOB' ler alkanlar, etiltoluen izomerleri ve glikol eterleri içeren yer döşemelerinde en yüksek konsantrasyonlara ulaşmışlardır. Vinil döşemede yayılan bazı UOBler farklı karakteristiklere sahiptir. Örneğin, plastikleştirici 2,2,4-trimetil, 1,3 pentadioldiisobutiren (TXIB), bazı iç ortam hava araştırmaları sırasında bulunmuştur. Bazı farklı durumlarda vinil kaplamada kullanılan plastikleştiricinin bozulabildiği ve yüksek molekül ağırlıklı alkol ve hoş olmayan tiksindirici bir koku meydana getirmektedir. Somut olarak uygulandığında, normal alkalın maddesi nemin varlığında, plastikleştiricinin, dietilhegzafitalatın hidrolizine ve 2-etilhegzanol ve fitalik asit çıkmasına neden olabilmektedir. Bu reaksiyon, uzun zaman devam etmekte ve 2-etilhegzanolün aşamalı olarak havaya verilmesiyle sonuçlanabilmektedir .

Halılar: Halı UOB emisyonu oluşturabilecek elyaf, birincil ve ikincil kaplama, lateks, boya ve kimyasal arıtım malzemelerinden oluşmuştur. Yapıştırıcılar çoğu ofiste halılar kurulurken kullanılmaktadır ve UOB oluşumuna sebep olmaktadır. Halıların büyük çoğunluğu naylon elyaflardan yapılmıştır, bazıları ise polipropilen, polyester ve yünden oluşmuştur. Halı kaplamalar genelde polipropilenden yapılmışlardır. Hint keneviri (elyaf) günümüzde daha az kullanılmaktadır. Halı doldurma sıklıkla üretandan oluşur, kauçuk daha az kullanılmaktadır. Halıdaki çoğu UOB için emisyon oranları bir haftada %60'dan fazla düşüğe uğramaktadır ve yayılan toplam UOB kütlesi ilk 24 saatte gerçekleşmektedir. Bu çalışma, yeni monte edilen halının emisyon oranlarının 24 saat sonunda $200 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ 'ten daha aza düştüğünü vurgulamış ve UOB emisyon oranlarının daha sonraki günlerde daha da düşeceğini belirtmiştir. 4-fenilsikloheksan bileşiği (4-PC), yeni halının kokusunu oluşturmaktadır. Düşük koku eşliğinin 0,5 ppb' den düşük olduğu tahmin edilmektedir. 4-PC, stiren ve çoğu halılardaki lateks kaplamadaki 1,3 bütadienin arasındaki polimerizasyon reaksiyonundan meydana gelmektedir. Kuruduktan bir hafta sonra, 4-PC'nin konsantrasyonunun üçte ikisinin azalmasına rağmen,

stiren ve bütadien arasındaki reaksiyon meydana gelmeye devam eder ve 4-PC emisyonlarının uygulamadan birkaç ay boyunca devamlı kalmasına sebep olur.

Yapıştırıcılar: Yapıştırıcılar, doğal ve sentetik reçineler içeren, bir yapı malzemesini diğerine birleştirmek için üretilmişlerdir. Tipik olarak su veya solvent bazlıdır ve hayvan ve bitki kaynaklı kazein, nişasta, dekstrin ve alifatik maddeler içeren doğal reçinelerden meydana gelmişlerdir. Sentetik reçineler, sıvı veya katı polimerler, emülsiyonlar, sıcak erimiş etilen vinil asetat ve lateks akriliklerden oluşmuşlardır. Sıvı polimerler ve su bazlı yapıştırıcılara karşı olarak, katı polimer ve kauçuklar en yüksek UOB emisyon oranına sahiptirler, çünkü, uygulama sırasında buharlaşan yüksek miktarda solvent içerirler. Saatlik hava değişim oranı içeren bir havalandırmaya sahip 300m³ 'lük bir apartman çalışmasında, halı yapıştırma sırasında kullanılan 4,8kg toluen, hava kaynaklı toluen seviyelerini 30000 µg/m³ 'e çıkarmış ve dört ay sonunda taban seviyeleri büyük bir düşüşle 100 µg/m³ olmuştur.

Dolgu Macun ve Kalafatlama: Yapıştırıcılara benzer olan bu ürünler, boşluk doldurmak için tasarlanmışlardır ve toz, kir, nem ve kimyasal içermezler. Çoğu dolgu macunlar ve kalafatlama malzemeleri doğal veya bitüm bazlı maddelerden meydana gelen reçinelerden oluşmuş veya kauçuk, polimer, emülsiyon, bant veya köpük içeren sentetik malzemelerden formüle edilmişlerdir. Dolgu macunlar ve kalafatlama, uygulamadan hemen sonra kuruyuncaya kadar solvent yayılımıyla UOB yayarlar. Ufak miktarlardaki UOB'ler çapraz bağlanan polimerlerin yayılmasıyla oluşabilirler. UOB emisyon değerleri doğal bitüm maddeler için 114 µg/g, silikon için 7500 µg/g olarak açıklanmıştır.

Çevresel Sigara Dumanı (ÇSD): ÇSD'nın, akut ve kronik ciğer hastalıkları, tahriş edici semptomları, prematüre bebek doğumları ve kanser riski gibi çeşitli sağlık etkileri mevcuttur. ÇSD, tahriş edici, toksik ve karsinojenik olan bir çok UOB içerir. UOB maruziyetindeki aktif veya pasif sigara dumanına maruz kalanlar, UOB'lerin iç ortam havasını kirleten diğer olası kaynaklarından daha kuvvetli bir etkiye neden olmaktadır.

Sigara dumanında hem UOBler hem de partikül maddeler üzerinde poliaromatik hidrokarbon bileşikleri gibi birçok organik bileşik vardır. Ağır sigara dumanının bulunduğu ortamlar 50 ila 200 µg/m³ UOB konsantrasyonu içerebilir. ÇSD'dan kaynaklanan benzenin katkısı daha yüksek konsantrasyonlar olarak görülmektedir. Örneğin yapılan bir çalışmada tipik olarak 7 µg/m³'lük bir eşik değerine sahip olan sigara içilmeyen evlerle karşılaştırıldığında 11 µg/m³ olarak ölçülmüştür. Tütün dumanındaki tahriş edici UOBlere

maruziyetler pasif içiciler için çok daha yüksektir. Sigara dumanında bulunan karbonmonoksit (CO) kayda değer miktarlardadır. Ancak ÇSD içeren çevrelerde etkili bir belirleyici değildir ve konsantrasyonları 1-5 ppm'den yüksek olmayan bu çevrelerde diğer önemli CO kaynakları bulunmaktadır. Benzer olarak, binalarda yaşayanlarda ölçülen karboksihemoglobin seviyeleri iç ortam havasındaki CO kirliliğinin 25 ppm'den yüksek konsantrasyonları dışında kayda değer bir ölçüm sayılmamaktadır (Bardana ve Montanaro, 1996).

2.3.2.2. Dış Ortam Kaynakları

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan uçucu organik bileşiklerin çoğu, yanma prosesi yan ürünlerinin, egzoz sistemi yoluyla dış çevreye salınmasından ve yakıtın buharlaşmasından meydana gelmektedir. UOB parçacıkları da fren ve dış lastikten salınmaktadır.

Motorlu taşıtlardan salınan maddeler; asetaldehit, aseton, benzen, 1-3 bütadien, formaldehit, siklohegzan, karbonmonoksit, hegzan, toluen, ksilenler, etilbenzen ve sitiren bileşikleridir. Bunlar, hava sıcaklığının yükselmesiyle yakıt sistemindeki yakıtın sıcaklığının artmasından ve buharlaşmasından, araba çalışıyor durumda iken benzinin buharlaşmasından ve motorun çalışması durduktan sonra, belli bir zamana kadar benzinin buharlaşmasından havaya salınabilmektedir. Buharlaştan emisyonlar benzinin doldurulması sırasında ve ayrıca yakıt tankerlerinin yüklenmesi ve boşaltma sırasında da ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca tam yanmamış organikler, orman yangınları ve sprey boyalar da birer dış ortam UOB kaynaklarıdır. Ayrıca, doğal gazdan da ksilen oluşmaktadır

2.3.3. Uçucu Organik Bileşiklere Ait Uluslararası Çalışmalar

Çeşitli ülkelerde UOBlere ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmayla benzer yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalara ait bilgiler aşağıda özetlenmektedir.

Son ve arkadaşlarının (2003) yaptığı çalışmada Asan ile bir metropolitan şehri olan Seul' de iç ortam ve dış ortam uçucu organik bileşik konsantrasyonları eş zamanlı olarak ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonları ve kişisel maruziyetleri 60 gönüllü ile 24 saatlik periyotlarla iç ortam ve dış ortam havasından ayrı ayrı olmak suretiyle ölçülmüştür. Pasif örnekleyiciler her evin oturma odasına yerleştirilmiştir.

Ayrıca bir örnekleyici dış ortama, bir örnekleyici de kişilerin nefes alma yoluna yakın bir bölgeye yerleştirilmiştir. Karbonbisülfid ile ekstrakte edilen örnekler GC/MS cihazı kullanılarak analizlenmiştir. 10 uçucu organik bileşik (benzen, toluen, o-ksilen, etilbenzen, oktan, MIBK, 1,2 diklorobenzen, trikloroetilen ve sitiren) analiz edilmiştir. Çıkan sonuçlar; metropolitan bir şehir olan Seul'deki hava kirletici seviyelerinin Asan'a göre çok daha fazla olduğu görülmüştür. Asan'da toluen, o-ksilen ve p-ksilen konsantrasyonları iç ortam havasında, dış ortamdakinden çok daha fazla, Seul'de ise benzen, toluen, p-ksilen, etilbenzen ve oktan konsantrasyonlarının, iç ortam havasında çok daha fazla olduğu görülmüştür. İç ortamdaki toluen konsantrasyonları Seul' de Asan' a göre 100 kat daha fazla çıkmıştır. Benzenin ise her iki şehirde de dış ortam konsantrasyonları iç ortam konsantrasyonlarına göre fazla bulunmuştur. Bu nedenle benzenin trafik kaynaklı bir bileşik olduğunu sonucuna varılmıştır. Ayrıca pasif sigara içicisi durumundaki kişilerin, 24 saatlik örnekleme sonucunda; benzen, toluen p- ve o-ksilen maruziyetlerinin çok daha fazla olduğu ve kullanılan sinek kovar ve kozmetik eşyalarının da iç ortamdaki benzen seviyesini arttırdığı görülmüştür. Ayrıca kullanılan sinek öldürücülerin de iç ortam havasındaki o-ksilen seviyelerini arttırdığı görülmüştür.

Baya ve arkadaşları (2004) tarafından Yunanistan'daki iç ortam hava kalitesinin belirlenmesi için yapılan diğer bir çalışmada, 25 evde, 16 uçucu organik bileşik incelenmiştir. Kişisel bir hava pompası kullanılarak evlerin oturma odalarında yapılan aktif örnekleme sonucunda analizler termal desorpsiyon ünitesi bulunan GC-FID (Gaz kromatografisi-alev iyonizasyon dedektörü) ile yapılmıştır. Yapılan örnekleme ve analizler sonucunda, incelenen bileşiklerin kış mevsiminde maksimum seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca sigara içilen evlerden alınan örneklerde, incelenen bileşikler mevsimsel değişim göstermeyerek yüksek seviyelerde bulunmuştur. Benzen, toluen, m,p-ksilenin, bütün örneklerde bulunduğu belirtilmektedir. Maksimum ve minimum konsantrasyonlar mevsimsel değişikliğe bağlı olarak büyük farklılıklar göstermişlerdir Benzen, toluen ve ksilen konsantrasyonları yaza göre, kışın 4 kat daha yüksek ölçülmüştür.

Bir diğer çalışmada (Chatzis ve ark., 2005) Yunanistan'ın Atina şehrinde atmosferik benzene olan maruziyetler incelenmiştir. Belirli gruplardan 50 sigara içmeyen gönüllü seçilmiş ve evlerde pasif örnekleyicilerle 1 yıl boyunca 5'er günlük periyotlarla günde 6 kez izlenmiştir. Günlük aktiviteler örnekleme periyodu sırasında not edilmiştir. Çalışma sonucunda, kanserojen etkisi nedeniyle özel olarak incelenen benzen'in trafiğin yoğun olduğu bölgelerdeki konsantrasyonları, trafiğin çok fazla akmadığı şehrin arka kısımlarında ölçülen konsantrasyonlara göre daha yüksek

bulunmuştur. Bu çalışmada ayrıca sigara içmeyen ve belirli işlerde çalışan (trafik polisleri, otobüs şoförleri, postacılar, öğretmen ve öğrenciler) gönüllüler ile Radiello pasif örnekleyiciler kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Örnekler karbondisülfid ile desorbe edilip GC-MS ile analiz edilmiştir.

Almanya'da yapılan diğer bir çalışmada (Schneider ve ark., 2001) iç ortam ve dış ortamdaki BTX (benzen, toluen, etilbenzen, orto-ksilen, meta- ve para-ksilen) konsantrasyonlarının, Haziran 1995'ten Kasım 1996'ya kadar olan mevsimsel değişimlerini belirlemek amacıyla Almanya'nın Erfurt (Doğu Almanya) kentindeki 204 ev ve Hamburg şehrindeki (Batı Almanya) 201 evde UOB ölçümleri yapılmıştır. BTX konsantrasyonları her ev için birer hafta aralıklarla ölçülmüştür. Örnekleme için OVM 3500 pasif örnekleyiciler kullanılmıştır. Alınan örnekler 2 ml CS₂ solüsyonu ile ekstrakte edilerek GC-MS ile analiz edilmiştir. Karşılaştırmalar sonucunda 1995–1996 yıllarında yapılan BTX kirliliği çalışmasında Doğu Almanya'daki konsantrasyonların, Batıdakinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca Erfurt'taki dış ortam BTX konsantrasyonlarının mevsimsel değişikliği de Hamburg'dan yaklaşık 2 kat daha fazla bulunmuştur.

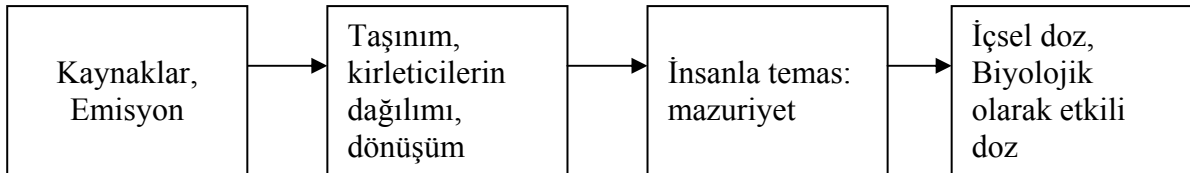
Ahumada ve Whitehead (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, Meksiko şehri ve Puebla'da iç ve dış ortam çalışanlarında UOB maruziyetleri araştırılmıştır. Meksiko şehri ve Puebla'da toplam 35 dış ortam ve 33 iç ortam çalışanlarında UOBler için kişisel maruziyet ölçümleri Nisan ve Mayıs 2002 arasında 3M serisi Organik Buhar Monitörleri (OVM 3500) katılımcıların iş sırası ve dışındaki maruziyetlerini ölçmek için soluma bölgesine ve giysinin dışına tutturulmuştur. Karbondisülfid ile ekstrakte edilen örnekler GC'de analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda 2 şehirde de dış ortam çalışanlarının birçok UOB'ye mesleklerinden dolayı iç ortam çalışanlarından daha fazla maruz kaldığı bulunmuştur. Çevresel hava kirliliği seviyelerinin iki şehir arasında farklı olması nedeniyle Puebla'da çalışanlar Meksiko şehrindekilere oranla daha düşük seviyelere maruz kalması Puebla'da daha az sayıda otomobil bulunmasına ve endüstriyel emisyon yoğunluğunun düşük olmasına bağlanmıştır (Ahumada ve Whitehead, 2007).

2.4 Maruziyet Değerlendirmesi

2.4.1 Maruziyetin Tanımlanması

Maruziyet değerlendirilmesinde ‘İnsan maruziyeti’ tanımlanırken insanın çevredeki en önemli alıcı olduğu vurgulanır. Maruziyet, bir insan bir kirletici ile temasta bulunduğu zaman oluşmaktadır. Bu durum, i kişisi ile (veya bir grup kişinin), c konsantrasyonundaki bir kirletici arasında belirli bir t süresi boyunca temas gerçekleştiği zaman oluşur. Bu tanımlamaya göre kişinin kirletici ile temas etmesi gerekir; kişinin kirleticiyi soluması veya yutması gerekli değildir. Maruziyetin tanımlanması için çevrede bulunan kirletici seviyesi bilinmelidir. Bununla birlikte, 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. Çok yönlü bir maruziyet değerlendirmesi, bir kirletici kaynağı ve onun 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

2.4.2 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).

2.4.3. İç Ortam Havasının İzlenmesi

İç ortam hava kalitesinin belirlenmesi için yapılan örnekleme ve analiz yöntemleri incelenen kirletici veya kirleticilere bağlı olarak değişir. İç ortam hava kalitesinin belirlenmesi, örneklerin laboratuvarında analiz edilmesi veya doğrudan sonuç veren otomatik cihazlar kullanılarak yapılabilir. Örnekleme metodları hava kirleticilerinin toplanmasında kullanılan yöntemlerdir. Bu metodlar, aktif (havayı pompa ile taşıyan) veya pasif (havayı difüzyonla taşıyan) olabilir. Hava kirleticilerin ölçüm yöntemlerinden biri olan görüntüleme metodları, 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 metodlar, 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 metodlarda 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, katı kimyasal bir maddenin veya kimyasal bir işleme tabi tutulmuş bir kağıdın üzerinde toplanır (Hays ve ark. 1995).

2.4.4. Kişisel İzleme

Hava kirliliğine kişisel maruziyetin izlenmesinde genellikle pasif örnekleme cihazları veya biyolojik işaretleyiciler kullanılmaktadır. Pasif örnekleme cihazları kişisel örneklemede en yaygın ve en kolay kullanılan cihazlardır. Bu cihazlar gazların pasif difüzyonunu temel alır ve havadaki konsantrasyon Fick difüzyon kanununa göre hesaplanır. Örnekleme cihazları, hafiftir, elektrik gerektirmezler ve giysilerin üzerine kolayca tutturulabilmeleri nedeniyle kişisel örnekleme için uygundur. Bu örnekleme cihazları 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. Ancak dezavantajı ise, maruziyet yollarının birbirinden ayıramadığı 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 2.5’de bazı etki ve maruziyet işaretçileri gösterilmektedir (Monn, 2001).

Tablo 2.5. Etki ve Maruziyet Biyolojik İşaretçileri

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

2.5. Hava Kirliliği Örneklemeye Yöntemleri

Örneklemeye aşaması, analitik işlemler arasında en önemli adım olarak sayılabilir. Bu aşamada yapılan hatalar sonradan analiz esnasında düzeltilemez. Analit veya analitlerin yapısına ve konsantrasyon seviyelerine bağlı olarak değişen çok sayıda örneklemeye yöntemi vardır. En basit şekli ile örneklemeye, ilgili materyalin bir örneğinin (su, hava, v.b.) uygun bir kaba toplandıktan sonra yerinde veya laboratuvarında doğrudan analiz edilmesidir (Gorecki ve Namiesnik, 2002). Bu anlamda; örneklemeye teknikleri iki ana kategoriye ayrılmaktadır: (1) laboratuvarında analiz edilen örnek toplama cihazları (pasif örneklemeye), (2) doğrudan okunabilir cihazlar (aktif örneklemeye). Bu tekniklerin ikisi de; gaz, buhar ve partiküler madde (aerosol) gibi önemli kirlenici tiplerine uygulanabilir (McDermott, 2004).

2.5.1. Pasif Örneklemeye Yöntemleri

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

Fick Difüzyon kanunu;

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

Burada;

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

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

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

Konsantrasyon gradyenti, adsorbent üzerine kirlenicilerin adsorpsiyonu ile oluşur. Sabit difüzyon hızı (difüzyon hızı), doğrusal konsantrasyon gradyenti ve adsorbent yüzeyinde sıfır başlangıç konsantrasyonu ile “t” toplama süresinde ortalama kirlenici konsantrasyonu

$$C_g = \frac{m \times \Delta x}{t \times DA} \quad (2.4) \quad \text{şeklinde hesaplanmaktadır.}$$

Burada;

m, toplanan kirleticinin kütlesi

Δx , Difüzyon yolunun uzunluğu

A, adsorbentin temas alanı

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

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

Zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyon;

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

Burada, k; belirli bir kirletici, polimer ve toplayıcı geometrisi için nüfuz sabitidir (Wadden ve Scheff, 1983).

Pasif örnekleyicilerin örnekleyici performansını etkileyen çevresel faktörlerle ilişkili olarak düzenlenen çeşitli konfigürasyonları vardır (Monn ve ark. 1997; Cox, 2003). Kirleticilerin mekansal değişimlerinin belirlenmesi ve maruziyetle ilgili çalışmalarda, seçilen bölgede birçok istasyonda aynı anda örnekleme şansı vermesi açısından pasif örnekleyiciler, diğer örnekleyicilere göre avantaj sağlamaktadır. Birçok ülkede bu amaçlarla pasif örnekleyicilerin kullanıldığı pek çok çalışmada elde edilen sonuçlar aktif örnekleme sonuçları ile doğrulanmıştır (Lewne ve ark., 2004).

Pasif örnekleme, genellikle aktif örnekleme kadar doğru sonuç vermektedir. Aktif örnekleme yöntemleri pahalı ve bazen örnekleme ekipmanlarından dolayı kullanışsız olabilir (pompalar, flowmetreler gibi) (Zabiegala ve ark., 2002). Kirleticilerin maruziyet değerlendirmesinin iyi bir şekilde yapılabilmesi için yaygın bir alanda örnekleme yapılmasına ihtiyaç duyulduğundan bu tarz çalışmalarda ucuz ve hiçbir enerji gerektirmeyen pasif örnekleyiciler kullanılabilir. Son zamanlarda, atmosferik taşınım ve depolama modellerinin

belirlenmesi için kırsal alanlarda ve hatta ormanlık alanlarda daha yaygın bir şekilde örnekleme ihtiyacı duyulmaktadır. Pasif örnekleme sistemlerinin, düşük maliyeti ve kolay yer değiştirilebilirliği ulaşımı zor olan yerlerde örneğin ormanlık alanlarda maruziyet değerlendirmesi yapılırken bu sistemlerin kullanımını daha çekici hale getirir. Pasif örnekleme sistemleri ayrıca hava kirlenmelerine maruz kaldığı önceden bilinen bölgelerin tanımlanmasında da kullanılır. Ayrıca, enstrümental sistemlerin kurulması için alt yapı oluşturulmasında gerekli olabilir. Hava kirliliği çalışmaları, ilgili hava kirlenmelerinin birleşik potansiyel etkilerinin belirlenebilmesi için bu kirlenmelerin birlikte ölçülmesini gerektirir. Bu noktada pasif örnekleme birçok kirlenme maruziyetinin eş zamanlı ölçülmesini sağladığı için maliyet açısından çok etkili bir örnekleme şeklidir. Ormanlık alanlarda veya kırsal alanların hava kirlenmelerine maruziyetinin kapsamlı bir şekilde belirlenmesi ve karakterizasyonu yalnızca nispeten pahalı olmayan pasif örnekleme sistemlerinin kullanılması ile sağlanabilir. Pasif örnekleme sistemlerinin çapraz korelasyon ve kalibrasyon amaçları için önceden yerleştirilmiş mevcut sürekli görüntüleme merkezlerinin yanına da yerleştirilmeleri gereklidir. Çok sayıda pasif örnekleme sisteminin yerleştirilmesi kirlenme maruziyetlerinin küçük ölçekli değişikliklerinin belirlenmesini de sağlar (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 (Zabiega ve ark., 2002).

2.5.2. Aktif Örnekleme Yöntemleri

Sürekli veya doğrudan okunabilir cihazlar (aktif örnekleme), kirlenmelerin örnekleme ve analiz aşamalarını 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 ozon 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 2.6'de çeşitli aktif örnekleme cihazlarının içerdiği analitik yöntemler gösterilmektedir (Wadden ve Scheff, 1983).

Tablo 2.6. Çeşitli Aktif Örnekleme Cihazlarının İçerdiği Analitik Yöntemler

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	Kolometri NO'ya indirgenme/ Kemiluminesans
Hidrokarbonlar	Gaz kromatografisi
Karbondioksit	İnfrared fotometrisi

2.6. Reseptör (Alıcı Ortam) Modellemesi

Kaynak emisyonları ve çevre izleme verilerini kullanarak kaynak katkılarını değerlendirmek için iki yaklaşım kullanılabilir: 1) Kaynağa yönelik modeller, 2) Reseptöre (alıcı ortama) yönelik modeller. Kaynağa yönelik modeller, spesifik alıcı ortam hava izleme bölgelerinde kirletici konsantrasyonlarını tahmin etmek için taşınım hesaplamalarını ve emisyon verilerini kullanmaktadır. Bu tip modeller, kirletici konsantrasyonlarının tahmin edilen yere ve zamana göre dağılımının, ölçülen konsantrasyonlar ile karşılaştırılmasıyla doğrulanmaktadır (Schauer ve ark. 1996). Reseptör model yaklaşımları ise geleneksel kaynak

modellerinden büyük ölçüde ayrıdır. Reseptör modelleme teknikleri ile, bir veya daha fazla alıcı ortamda yapılan ölçümler sonucunda kimyasal kompozisyonların incelenerek, emisyon kaynakları kimyasal kompozisyonlarının uygun lineer kombinasyonları belirlenmektedir. Bu şekilde farklı kaynak türlerinin kimyasal kompozisyonlarındaki farklılıkların ayırt edilmesi ve karakterize edilebilmesi ile kirliliğe katkıda bulunan kaynak türleri açıklanabilmektedir (Gordon 1988; Ölmez ve ark., 1994; Park 1997; Watson ve ark., 2002).

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 faktörizasyonu (PMF) çevre kirliliği çalışmalarında, kirlenici kaynağını bulmaya yönelik olarak geliştirilen matematik modellerden en çok kullanılanlarıdır (Gordon 1980, Sheffield ve ark., 1994, Miller ve ark., 2002).

Bütün reseptör modelleri kütlenin korunması prensibinden yola çıkılarak oluşturulmuşlardır. Eğer p kadar kaynak varsa ve kaynak emisyon etkileşimi yoksa, C alıcı ortamındaki toplam kirlenici kütlesi, her bir S_j kaynağından gelen katkıların doğrusal toplamlarına eşittir.

$$C = \sum_{j=1}^p S_j \quad (2.6)$$

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

$$C_i = \sum_{j=1}^p a_{ij} S_j \quad (2.7)$$

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

2.6.1. Pozitif Matris Faktörizasyonu (PMF)

Pozitif Matris Faktörizasyonu (PMF); faktör analiz problemlerinin en küçük kareler yöntemiyle çözümü için yeni tür bir faktör analiz 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 et al., 1995; Paatero, 1997; Qin et al., 2002) kullanılarak iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet veri setleri analiz edilmiştir.

PMF $n \times m$ veri matrisini X kabul eder. Burada n gözlem sayısı, m incelenen bileşendir. 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 edilebilir. Bu durumda

$$X = GF + E \text{ olmaktadır} \quad (2.8)$$

F matrisinin satır sayısı ve G matrisinin sütun sayısı 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 öğeleri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$e_{ij} = x_{ij} - y_{ij} = x_{ij} - \sum_{k=1}^p g_{ik} f_{kj} \quad (2.9)$$

$$(i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, p)$$

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;

$$Q(E) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\frac{e_{ij}}{s_{ij}} \right)^2 \quad (2.10)$$

$f_{kj} \geq 0$, $g_{ik} \geq 0$ ve s_{ij} x_{ij} için hata tahminidir. Denklem 2.10'un çözümü; G ve F matrislerinin bir ardışık yaklaştırma adımı ayarlanmasıyla PMF'in algoritmasından elde edilir. Bu ardışık

yakınlaştırma sürecine uyum noktasına kadar devam edilir. Uygulanabilecek seed değerleri herhangi bir pozitif tamsayı olabilmektedir.

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.

Özetle PMF;

- Veri sayıları ve onların analitik belirsizliklerini içeren bir modeldir. Böylece PMF modeli ile eksik ve belirleme limitinin altındaki veriler değerlendirmeye alınabilmektedir.
- Faktör yüklerini ve faktör skorlarını negatif olmayan değerlere göre sınırlandırır ve bu sayede faktör dönüşümleriyle belirsizlikleri küçültebilir. Bu özellik çevresel uygulamalarda fiziksel olarak anlamlı sonuçların elde edilmesini beraberinde getirmektedir.

- PMF 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 çözümlemesi 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.

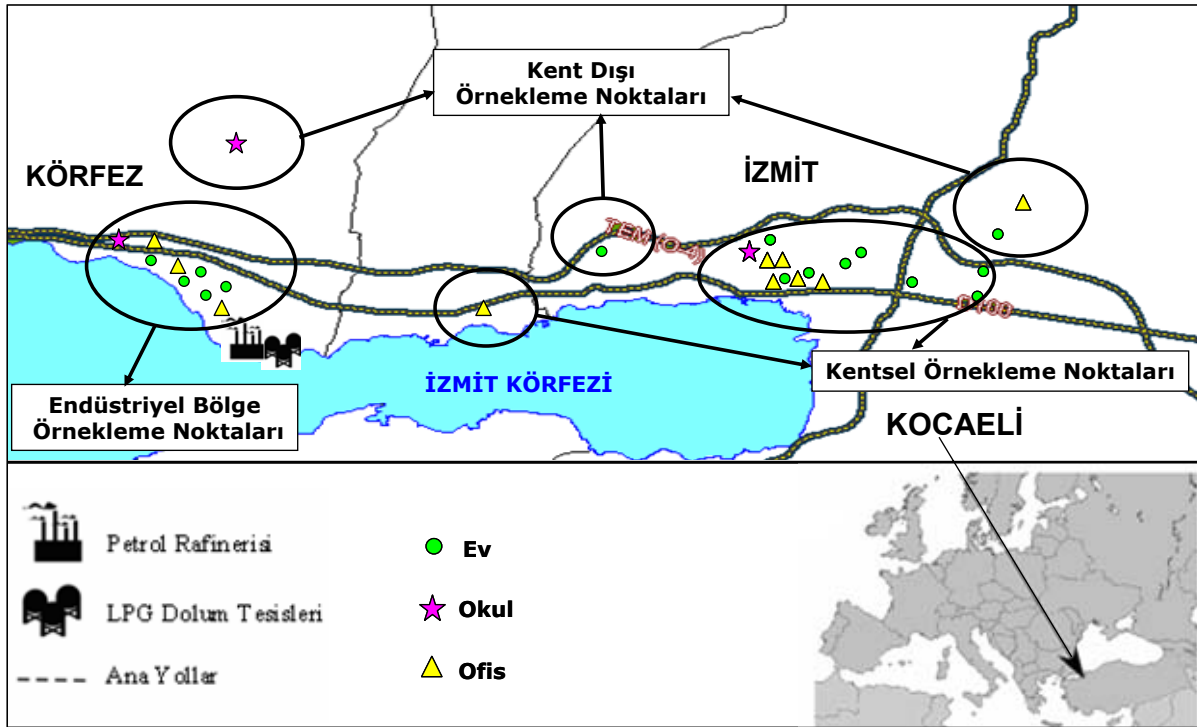
3.2. Örnekleme Stratejisi

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 faktörle 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, örnekleme yapıldığı yerlerde ısıtma amaçlı kullanılan yakıt türü (doğalgaz, fuel-oil, kömür), personel örnekleme için

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 personel 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 örnekleycilerin kirleticilere maruziyet sürelerinin belirlenmesi önemli aşamalardan birini oluşturmaktadır. Bu örnekleycilerde 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 örnekleyciler 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 UOB'ler, 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. İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Örneklemeleeri

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

3.4.1. Kişisel Maruziyet Örneklemeleesi

40 denek üzerinde yapılması planlanan çalışma için 45 kişi belirlenerek çalışmaya başlanmıştır. Ancak çalışma için belirlenen 6 deneğin örneklemeye uygun davranmadığı (örnekleyiciyi üzerinde taşımamak, kartuşları koruyucudan çıkartarak kontamine etmek) analiz sonuçlarından tesbit 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 örneklemeye uygun davranmayan 6 denek ile yapılan çalışmalar dikkate alınmayarak yaz örneklemeleesinde 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, UOB pasif örnekleycileri uygun şekilde taşıyan toplam 33 denek ile yaz

örnekleme gerçekleştirilmiştir. Projenin kış örnekleme de sözü edilen 33 kişi ile yapılmıştır.

Pasif örnekleme için 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.

- 1- Örnekleme için sadece klips kısmına dokunması ve örnekleme yapıldığı kısmın ön yüzüne dokunmaması,
- 2- Örnekleme için mümkün olduğunca nefes yoluna yakın bir noktaya takılması,
- 3- Örnekleme için ön yüzü dışarıda olacak şekilde takılması,
- 4- Örnekleme için kıyafetlerinin en üst kısmında olmasına dikkat edilerek örnekleme için hava ile olan maruziyetinin sağlanması,
- 5- Örnekleme için kuru kalmasının sağlanması ve
- 6- Örnekleme için zarar verebilecek aktiviteler esnasında çıkarılması ve aktivitenin yapıldığı alanda bulundurulması.

3.4.2. İç Ortam Örnekleme

Uçucu organik bileşikler, SO₂, NO₂ ve O₃'ün belirlenmesi için kullanılan pasif örnekleme cihazları 3 farklı noktaya yerleştirilmiştir. Pasif örnekleme cihazlarının konulacağı mekanlarda yer seçimi yaparken aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmiştir.

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

Örnekleme cihazları yerden 1.5 metre yüksekliğe asılmıştır. Aktif örnekleme cihazları ise seçilen mekanların genel kullanım alanlarına (oturma odaları gibi) yerleştirilmiştir.

3.4.3. Dış Ortam Örneklemesi

Dış ortamda yapılan örneklemelerde örnekleyicilerin yerleştireceği yerler seçilirken,

- İç ortam için seçilen mikro-çevrelerin yakınında korumalı bir alan olmasına,
- Ağaç veya çalılık olan yerlerde bu alanlardan en az 1 metre uzağa,
- Taşıt yolundan en az 5 metre uzağa ve
- 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 Örneklemesi

İç ve dış ortam PM10 ve PM2.5 örneklerinin toplanmasında Şekil 3.2.a'da 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 3.2.b) içerisinde bulunan 47 mm çapında, 8 µm ve 0.4 µm gözenek çaplarına sahip polikarbonat filtreler üzerinde toplanarak PM2.5 ve PM10 örneklenmiştir. 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.a Düşük Hacimli Hava Örnekleyici (Stack Filter Unit)



Şekil 3.2.b Filtre Kaseti (PM2.5 ve PM10)

3.5.2. Kişisel Maruziyet Partikül Madde Örneklemesi

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 ev, ofis ve okullarda 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 projenin destekleyen kuruluşlarından olan 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 Kirleticilerin (SO₂, NO₂ ve O₃) Örneklenmesi

3.5.3.1. Pasif Örnekleme

Pasif örneklemeye için kullanılacak difüzyon örnekleyicilerin seçiminde günlük örneklemeye yapılacağı dikkate alınarak, maruziyet yüzeyinin geniş ve dolayısıyla kirleticilerin alınabilme hızı yüksek olan örnekleyiciler seçilmiştir. Bu amaçla pasif örneklemeye metodu kullanılarak ölçülecek tüm kirleticiler için Radiello firmasının ürettiği radyal difüzyon örnekleyiciler kullanılmıştır.

3.5.3.1.1. Pasif O₃ Örnekleyici

Ozon konsantrasyonlarının ölçülmesi için Radiello Marka difüzyon örnekleyiciler kullanılmıştır. Radyal difüzyon örnekleyiciler 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; örnekleyicinin geometrisi, membran gözenekleri, havadaki ozon konsantrasyonunun değişimi, kartuş alanı ve bu alanda sifıra yakın ozon konsantrasyonlarını tutan DPE'dir. DPE ışığa duyarlıdır bu yüzden kartuş kapalı tüp içinde ve karanlıkta saklanmalıdır. Maruziyet esnasında Radiello örnekleyicinin mavi gövdesi kartuşu ışıktan korumaktadır.

3.5.3.1.2. Pasif NO₂ ve SO₂ Örnekleyici

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

3.5.3.2. Aktif Örnekleme

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

3.5.3.2.1. Aktif NO₂ Örnekleyici

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 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. NO₂ Analizörünün Özellikleri

Belirleme Metodu	Kemilüminesans (kimyasal ışım)
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

3.5.3.2.2. Aktif SO₂ Örnekleyici

Aktif SO₂ ölçümleri herbiri Environment S.A. marka AC 21M model olan iki adet SO₂ Analizörü ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizörlerin özellikleri Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. SO₂ Analizörünün Özellikleri

Belirleme Metodu	UV fluorescent (EQSA-0292-084 CRF 40 Part 53)
Ölçüm aralığı	0.001 ppm-10 ppm (Kocaeli örnekleme 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

3.5.3.2.3. Aktif O₃ Örnekleyici

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 to 200ppm
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

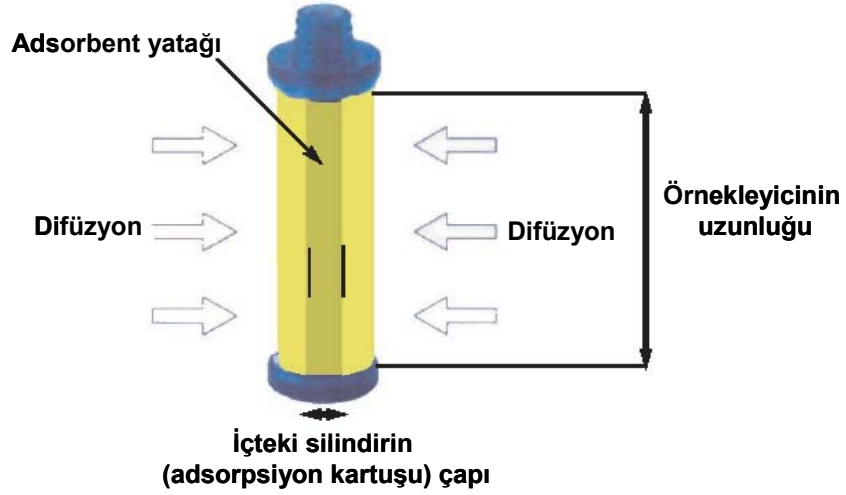
3.5.3.2.4. Sıcaklık, Nem, CO ve CO₂ Örnekleyici

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.

3.5.4. Uçucu Organik Bileşiklerin Örneklenmesi

3.5.4.1. Pasif Örnekleme

Bu çalışma için kullanılan pasif örnekleme tüpleri Radiello firmasından temin edilmiştir. Radiello difüzyif örnekleme sistemi, içinde adsorbent madde olan silindirik adsorplama kartuşu ve bu kartuşun yerleştirildiği eş eksenli silindirik bir difüzyif gövdeden oluşmaktadır (Şekil 3.3).



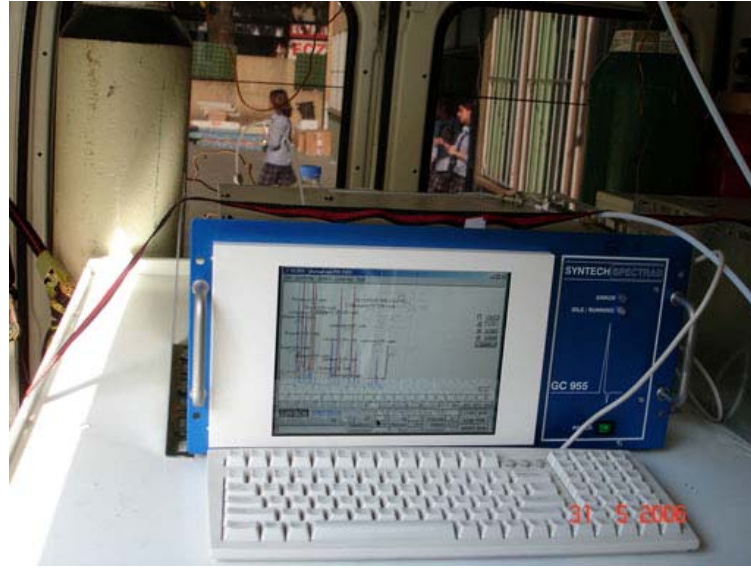
Şekil 3.3. Silindirik Difüzyif Örnekleyici

Difüzyif gövde 60 mm uzunluğunda, dış çapı 16 mm, et kalınlığı 5mm ve gözenek çapı $10\pm \mu\text{m}$ olan mikroporöz polietilenden imal edilmiştir. Dış Çapı 4.8 mm olan ve $3\times 8 \mu\text{m}$ 'lik ağ yapılı gözeneklere sahip silindirik adsorpsiyon kartuşu ise paslanmaz çelikten yapılmıştır. Bu gözenekli ve silindirik kartuşun içinde 35-50 mesh boyut aralığına sahip $350\pm 10 \text{ mg}$ Carbograph 4 adsorbenti bulunmaktadır. Carbograph 4 adsorbenti karbon sayısı beş ile on arasındaki karbonların örnekleme için uygundur. Bu karbon sayılarına sahip bileşikler atmosferde en yaygın bulunan UOB'ler olduklarından Carbograph 4 bu bileşiklerin derişimlerini belirlemek için uygun bir adsorbenttir.

Pasif örnekleme tüpleri arazide maruz kalma süreleri dışında sürekli teflonla sabitlenmiş prinç kapaklar ile kapatılmış. Bu şekilde pirinç kapaklarla kapatılan örnekleyciler örnekleme süresi dışında ayrıca, içinde silika jel ve aktif karbon olan kapaklı cam tüplerde $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta muhafa edilmiştir. Örnekleme yerinde öncelikle saklandığı cam tüplerden daha sonra paslanmaz çelik tüplerden çıkarılan adsorbent kartuşu polikarbonat mikroporöz membran gövde içine yerleştirilerek, tüpler örneklemeye bırakılmıştır. İç ortamlarda genel yaşama alanı (salon), mutfak ve yatak odasına 1.5 m yüksekliğe birer örnekleyci konulmuştur. Dış ortama yerleştirilen pasif örnekleme tüpleri meteorolojik koşullardan etkilenmemesi için koruma kafesleri içinde arazide bırakılmıştır. Tüplerin örneklemeye hazırlanması ve örnekleme süresince EN13528-2 standart yöntemi takip edilmiştir. Bu yöntemle göre tüplerin tekrarlanabilirliği, en düşük ölçme değeri, saklama verimi, tutma verimi ve analiz verimi gibi parametrelere bakılmış ve her bir kirletici için kabul değerleri içinde sonuçlar bulunmuştur.

3.5.4.2. Aktif Örnekleme

Örneklenen çevrelerin iç ortamlarında (evlerde oturma odası, okullarda sınıf ve ofislerde kişisel örnekleme yapılan kişinin çalıştığı ortamda) on-line Gaz Kromatografi cihazı (Şekil 3.4) kullanılarak yarım saatlik periyotlarla günlük UOB aktif örnekleme yapılmıştır. Örnekleme cihazdan iç ortamlara uzatılan teflon hortum vasıtasıyla hava örnekleri çekilerek gerçekleştirilmiştir. Cihaz iki üniteden oluşmaktadır. Şekil 3.4'de görülen 1. ünitesi 2 dedektörden (FID ve PID) oluşmaktadır. 2. ünite ise PID oluşmaktadır. 1. ünitenin FID dedektörü çalışmanın başında arızalandığından ölçümlere her iki üniteye bulunan PID dedektörle devam edilmiştir.

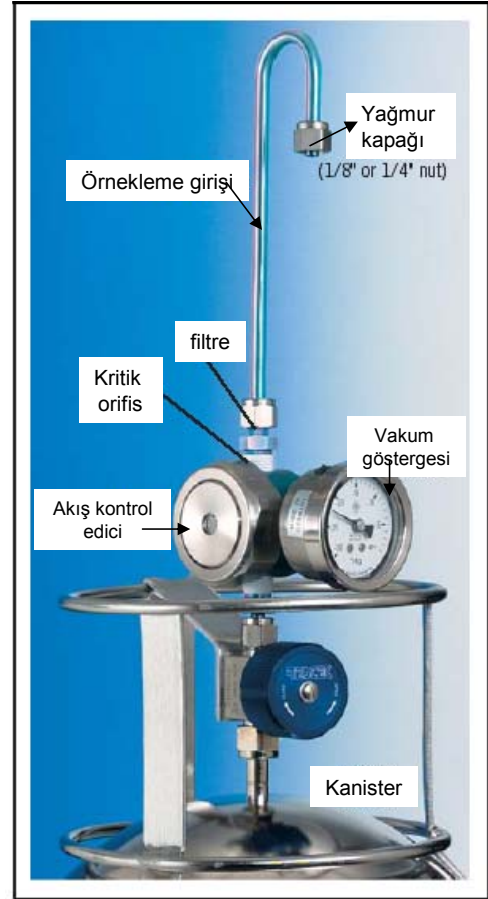


Şekil 3.4. İç Ortam Aktif UOB Örneklemesinde Kullanılan On-line Gaz Kromatografi

Ayrıca örneklenen çevrelerden bazılarında kanisterler (Şekil 3.5a) kullanılarak günlük dış ortam UOB aktif örnekleme yapılmıştır.



Şekil 3.5 a. Kanister



Şekil 3.5 b. Kanister ve Kanister Başlığının Elemanları

Kanisterler 6 litre hacme sahip paslanmaz çelikten yapılmış ve iç yüzeyleri parlatılmış kaplardır. 28" Hg basınca kadar vakumlanmış kanisterler akış kontrol ünitesi vasıtasıyla kontrol edilerek 24 saatlik örnek almak için 2.8-3.5 mL/dakikalık akış hızına ayarlanmıştır. Örnekleme süresi tamamlandıktan sonra akış vanası ve kapağı kapatılarak analiz içi ODTÜ Çevre Müh. Bölümüne gönderilmiştir. Kanisterlerin analizi Air Server ünitesi bulunan GC-FID cihazı kullanılarak yapılmıştır. Analizden önce kanisterlerin basınçlandırılması gerekmektedir. Bu amaçla kanister temizleme sisteminin basınçlandırma bölümünden faydalanılarak kanisterler analizden önce hidrokarbon ve nem tutucu ünitelerden geçirilen saf azot ile basınçlandırılmıştır. Bu nedenle, analiz sonucunda elde edilen konsantrasyonların hesaplanmasında bu seyreltme oranı dikkate alınmıştır.

Kanister Temizleme Ünitesi:

Sistem boşaltma döngüsü borusu, pompalar, boşaltma gazı şartlandırma bileşenleri, teflon hortumlar ve kanister ısıtma bantlarından oluşmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Kanister Temizleme Sistemi

Kanister temizleme ünitesinin kapasitesi aynı anda 4 adet 6 litrelik kanisterin temizlenebilmesine imkan vermektedir. Sistemin prensibi saf azot gazının nemlendirilerek kanisterler içine doldurulması ve pompalar yardımıyla vakumlanarak boşaltılmasına dayanmaktadır. Saf azot öncelikle hidrokarbon tutucudan geçirilerek olası uçucu organik bileşiklerin tutulması sağlanmaktadır. Tamamen saflaştırılan azot gazı kanisterler içine verilmeden önce deiyonize su içeren bir bölmeden geçirilerek nemlendirilmektedir. Bir litre hacme sahip silindirik bir kap olan bu bölme paslanmaz çelikten yapılmıştır ve iç yüzeyleri kanisterlerde olduğu gibi parlatılmıştır. Hafifçe nemlendirilmiş azot gazı kanisterlere doldurulduktan sonra tamamen boşaltılması için vakum yapılırken kanisterlerin etrafına sarılan ısıtma bantları yardımıyla ısıtılan kanister yüzeylerindeki bileşiklerinde ayrılması sağlanmaktadır.

3.6. Örneklerin Hazırlanması ve Analizi

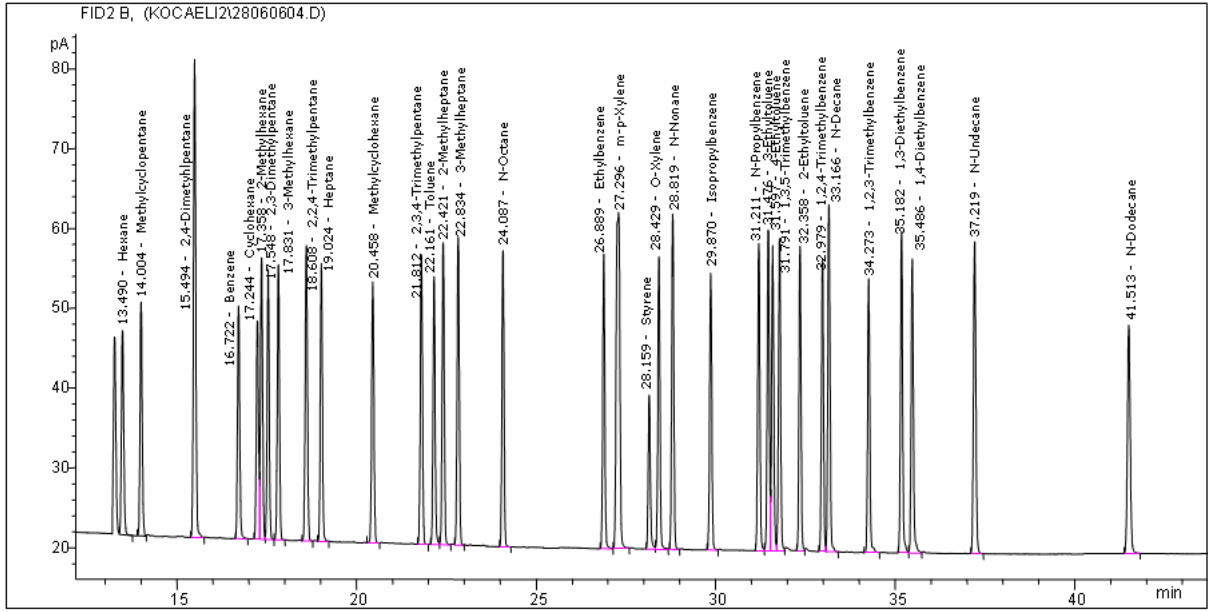
3.6.1. Pasif UOB Örnekleri

Örneklemeden önce her bir difüzyon örnekleyici ultra saf azot akışı altında 350 °C’de 6 saat boyunca şartlandırılmıştır. Şartlandırılan örnekleyiciler pirinç kapaklarla sıkıca kapatılıp, kapakların birleşim yerlerinden teflon bantla iyice kapatılmış ve kullanıma kadar 4°C’de saklanmıştır. Pasif örnekleyicilerde adsorplanan uçucu organik bileşiklerin desorpsiyonu için Unity Marka (Markes International Limited, UK) bir termal desorpsiyon cihazı ve bu bileşiklerin analizi için termal desorpsiyon cihazı ile birleştirilmiş Agilent marka (Model 6890) gaz kromatografi cihazı ve iki adet bağımsız alev iyonizasyon dedektörü (Agilent Technologies, Inc. Santa Clara, CA, USA) kullanılmıştır.

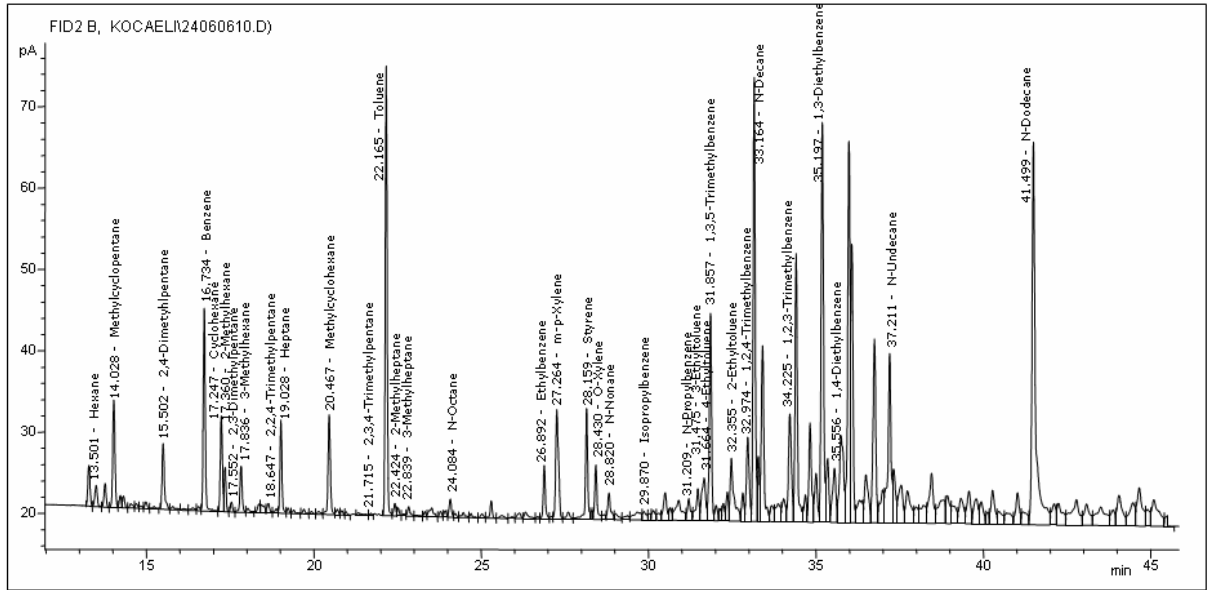
Termal desorpsiyon cihazı iki aşamalı çözülme ile örneği Gaz Kromatografi cihazına göndermektedir. İlk aşamada adsorbent üzerinde toplanan kirleticiler 20 dakika boyunca 350 °C de çözülerek -15 °C de soğuk kapanda toplanmaktadır. Daha sonra soğuk kapan kısa bir sürede 300 °C ye çıkarılıp kirleticilerin Gaz Kromatografi cihazı kolonuna gitmesi sağlanmaktadır. Gaz Kromatografi cihazında çok sayıda hidrokarbon bileşiğinin tek bir örnekte analiz edebilmesi için iki kolon ve iki FID dedektörü mevcuttur.

Ölçülen bileşiklerin ayrılması için kullanılan kromatografi kolonları; DB-1 kapiler kolon (60 m, 0.25 mm iç çap, 1 µm film kalınlığı) ve HP-PLOT Al₂O₃ “S” deaktive kapiler kolon (50 m, 0.32 mm iç çap, 8 µm film kalınlığı)’dur. Cihazdaki işlemler Agilent Chemstation veri sistemi kullanılarak kontrol edilmiştir. Fırın sıcaklık programı başlangıçta 5 dakika için 40 °C, 195 °C’ye kadar dakikada 5°C artacak ve 195 °C’ye ulaştığında bu sıcaklıkta 10 dakika bekleyecek şekilde ayarlanmıştır. Her iki alev iyonizasyon dedektörünün sıcaklığı 300°C’ye ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak 2 mL/dakika akış hızına sahip ultra saf azot gazı kullanılmıştır. Şekil 3.7’de kalibrasyon için kullanılan UOB gaz standardına ait bir kromatogram, Şekil 3.8’de de örnek bir pasif örneleyici tüpüne ait kromatogram verilmektedir.

Gaz Kromatografi cihazı Spectra (Spectra Gases, Inc. Branchburg, NJ, USA) EPA PAMS (Photochemical Assessment Monitoring System) kalibrasyon standardı ile rutin olarak kalibre edilmiştir. Bu standart her biri 1 ppm konsantrasyonda olan 56 uçucu organik bileşiği içermektedir. 56 uçucu organik bileşiğe ilişkin özellikler Tablo 3.4’de verilmektedir.



Şekil 3.7. Kalibrasyon İçin Kullanılan UOB Gaz Standardına Ait Örnek Kromotogram



Şekil 3.8. Pasif Örneleyici Tüpüne Ait Örnek Kromotogram

Tablo 3.4. 56 Uçucu Organik Bileşiğe ait Özellikler

Yaygın Adı	IUPAC Adı	Cas No	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kaynama Noktası (°C)	Buhar Basıncı (Pa 25 °C)
Benzene	benzene	71432	78.11	80.10	12700
Toluene	metilbenzene	108883	92.13	110.60	3800
Ethylbenzene	ethylbenzene	100414	106.20	136.20	1270
meta-xylene	1,3-dimethylbenzene	108383	106.20	139.00	1100
para-xylene	1,4-dimethylbenzene	106423	106.20	138.00	1170
ortho-xylene	1,2-dimethylbenzene	95476	106.20	144.00	1170
Cyclohexane	cyclohexane	110838	84.16	80.70	12700
1,2,4-trimethylbenzene	1,2,4-trimethylbenzene	95636	120.20	169.40	270
1,3,5-trimethylbenzene	1,3,5-trimethylbenzene	108678	120.20	164.70	325
Hexane	n-hexane	110543	86.17	68.95	20200
Heptane	n-heptane	412825	100.21	98.42	6110
2-methyl-1-pentene	2-methyl-1-pentene	76203	84.16	60.70	26000
Methylcyclopentane	methylcyclopentane	96377	84.16	71.80	18300
2,4-dimethylpentane	2,4-dimethylpentane	108087	100.21	80.50	13100
2-methylhexane	2-methylhexane	591764	100.21	90.00	8780
2,3-dimethylpentane	2,3-dimethylpentane	565593	100.21	89.90	9180
3-methylhexane	3-methylhexane	589344	100.21	92.00	8210
2,2,4-trimethylpentane	2,2,4-trimethylpentane	504841	114.23	99.24	6560
Methylcyclohexane	methylcyclohexane	108872	98.19	100.90	6180
2,3,4-trimethylpentane	2,3,4-trimethylpentane	565753	114.23	113.40	3600
2-methylheptane/ 3-methylheptane*	3-methylheptane	589811	114.32	115.00	2600
Styrene	ethenylbenzene	100425	104.15	145.00	667
Nonane	n-nonane	111842	128.26	150.80	571
iso-propylbenzene	iso-propylbenzene	98828	120.20	154.20	610
n-propylbenzene	n-propylbenzene	103651	120.20	159.20	450
n-decane	n-decane	124185	142.3	174	186.7
1,2,3-trimethylbenzene	1,2,3-trimethylbenzene	526738	120.20	176.10	200
2-methylpentane	2-methylpentane	107835	86.18	60.27	28200
3-methylpentane	3-methylpentane	96140	86.17	83.28	25300
2,2-dimethylbutane	2,2-dimethylbutane	75832	86.18	49.74	42600
2,3-dimethylbutane	2,3-dimethylbutane	79298	86.18	58	32010
Octane	n-octane	111659	114.23	125.70	1800
3-ethyltoluene	3-ethyltoluene	620144	120.20	158.00	-
4-ethyltoluene	4-ethyltoluene	622968	120.20	162.00	-
2-ethyltoluene	2-ethyltoluene	611143	120.20	164.00	-
1,4-diethylbenzene	1,4-diethylbenzene	105055	134.22	184	134
t-pentene	Trans-2-pentene	646048	70.13	37	56795
1-pentene	1-methyl-3-butene	109671	70	30.0	85019
c-pentene	Cis-2-pentene	627203	70.13	36.9	65942
Isoprene	2-methyl-buta-1,3-diene	78795	68.11	34.067	53200 (20 °C)
1,3-butadiene	1,3-butadiene	106990	54.09	-4.4	245000 (20 °C)
Ethylene	ethene	74851	28.05	-103.7	-
t-butene	trans-2-butene	624646	56.61	1	212000 (20 °C)
1-butene	1-butylene	106989	56.0	-6.47	463960 (21 °C)
c-butene	Cis-butene	590181	56.1	4	188000
Propene	Propylene	115071	42.08	-47.8	103000 (20 °C)
o-ethyltoluene	1-Ethyl 2-Methylbenzene	611143	120.19	164	-
1,3-diethylbenzene	1,3-diethylbenzene	141935	134.22	181	1330
n-undecane	undecane	1120214	156.0	196.0	< 53 (20 °C)
n-dodecane	dodecane	112403	170.33	216.2	184

3.6.2. 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 proje ortaklarından olan 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; Al, As, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, S, Si, Ti, V ve Zn elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, S, Si, Ti ve Zn Elementlerin analizi için Enerji Dağılımlı XRF Spektrometre (Oxford ED 2000) cihazı (Şekil 3.9) kullanılmıştır. As ve V elementlerinin konsantrasyonları ise Dalgaboyu Dağılımlı XRF Spektrometre (PANalytical AXIOS ADVANCE) cihazı (Şekil 3.10) 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 et al., 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 uyartmalı, 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 3.5’de görülmektedir.

Tablo 3.5. 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-Işınları 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 3.9. Oxford ED 2000 Tüplü X-ışını Floresans Spektrometresi



Şekil 3.10. PANalytical AXIOS ADVANCE Dalgaboyu Dağılımlı XRF Spektrometresi

3.6.3. Pasif O₃ 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-aldehyde (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 ölçülür. Spektrofotometre deiyonize su ile kalibre edildi. Konsantrasyonların belirlenmesi için kullanılan kalibrasyon standartları 4-pyridylaldehyde kullanılarak (1 µg 4-pyridylaldehyde 0.224 µg ozona karşılık geliyor) 5 farklı konsantrasyonda hazırlandı.

3.6.4. Pasif NO₂ ve SO₂ Örneklerinin Ekstraksiyonu ve Analizi

Azotdioksit ve Kükürtdioksit konsantrasyonlarının belirlenmesi için Radiello firmasının ürettiği radyal difüzif örnekleyici kullanılmıştır. Kirleticilerin toplanması, Trietanolamin (TEA) ile kaplanmış mikro gözenekli polietilen kartuş üzerine difüze olan havadaki NO₂'in nitrit ve SO₂'in ise sülfite veya sülfat iyonları olarak kimyasal adsorpsiyonu prensibine göre gerçekleşmektedir. Sülfite 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, sülfite veya sülfat iyonları difüzif membrandan geçemezler.

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

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

Kükürtdioksit farklı oranlarda sülfid ve sülfat iyonlarına dönüşmesine rağmen iki iyonun eşdeğerliklerinin toplamı SO_2 maruziyeti ile doğrudur. Kalibrasyon eğrisini elde etmek için her iki iyonu da içeren çözeltiler hazırlandı. Anyonik analizler 4mm kendi kendini rejenere eden II ASRS Ultra suppressor, 4x50 mm IonPac AG9-HC anyon koruyucu kolon ve 4x250 mm IonPac AG9-HC anyon analitik kolonlarla donatılmış Dionex ICS-3000 iyon kromatograf cihazı ile yapılmıştır. Hareketli faz olarak $1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ akış hızlı 10 mM Na_2CO_3 ve 100 µl örnek hacmi kullanıldı.

3.7. Veri Kalite Güvencesi

3.7.1. Uçucu Organik Bileşikler

Pasif örnekleme çalışmaları kapsamında yapılan analitik çalışmaların kalite güvencesinin sağlanması için şahit örnekleri (alan ve laboratuvar şahitleri), belirleme limitleri, tekrarlanabilirlik ve geri alınabilirlik testleri yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Alan şahitleri, örneklerin toplanması, hazırlanması ve analizi sırasında kullanılan ekipman ve maddelerden gelebilecek kirliliği belirlemek için analiz edilen örnekleyicilerdir. Her örnekleme seti için bir alan şahit örneği alınmıştır. Alan şahit örnekleri için, örnekleyicilerin hazırlanması, örnekleme alanına taşınması ve yerleştirilmesi sırasında diğer örnekleyiciler için yapılan işlemlerin tümü uygulanmıştır. Alan şahit örnekleri örnekleme süresi boyunca kirleticilere maruz kalmayacak şekilde kapakları kapatılarak 4 °C’de muhafaza edilmiştir. Alan şahit örneklerindeki UOB miktarları toluen dışındaki bileşikler için belirleme limitinin altında bulunmuştur (toluen için $1.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Örnekleme ve analiz süresi boyunca laboratuvarında saklanan örneklerin herhangi bir kontaminasyona maruz kalıp kalmadığını belirlemek için laboratuvar şahit örnekleri (n=7) de alınmıştır. Laboratuvar şahit örnekleri, örnekleyicilerde olduğu gibi laboratuvarında -18 °C’de derin dondurucuda saklanmış ve örneklere uygulanan yöntem ile analiz edilmiştir.

Laboratuvar şahit örneklerindeki UOB miktarları tüm bileşikler için belirleme limitinin altında bulunmuştur.

Alan ve laboratuvar şahit örneklerinin analiz sonuçlarının hemen hemen tümünün belirleme limitlerinin altında olması, örneklerin toplanması, hazırlanması, saklanması ve analizi sırasında kullanılan ekipman ve maddelerden, ve laboratuvar koşullarından kaynaklanan bir kirliliğin olmadığını göstermektedir.

Belirleme limitleri, belirli bir güven aralığında background konsantrasyondan kalitatif olarak ayırt edilebilen en küçük analitik sinyal olarak tanımlanmıştır. Belirleme limitleri örneklerin niteliği ve kullanılan cihazın duyarlılığı ile değişiklik gösterir (Kackstaettler and Heinrichs, 1997). Bu çalışmada, ölçümleri yapılan UOB'lerin belirleme limitleri, 6 adet şahit örneğinden elde edilen emisyon sinyallerinin standart sapmalarının 3 katına karşılık gelen konsantrasyonlar olarak hesaplanmıştır.

Bazı örnekleme noktalarına (n=8) konulan ikinci bir paralel örnekleyicinin aynı şartlarda analizi ile elde edilen sonuçlar kullanılarak metodun tekrarlanabilirliği test edilmiştir. Tekrarlanabilirlik, analitik bir ölçümün tekrar üretilebilirliğinin bir ölçüsüdür. Tekrarlanabilirlik, nümerik olarak aynı örneğin aynı metot ve şartlarda ikiden daha fazla sayıda yapılan ölçüm sonuçlarının standart sapması olarak da ifade edilebilir. Tekrarlanabilirliğin pratik olarak belirlenebilmesi için ikili örneklerle çalışmak gereklidir. Bu çalışmada uygulanan metodun tekrarlanabilirlik sonuçları % Relatif Standart Sapma (%RSS) cinsinden aşağıdaki denklem (US EPA 1996) kullanılarak elde edilmiştir.

$$\% RSS = \left(\frac{|C_1 - C_2|}{\frac{(C_1 + C_2)}{2}} \right) \times 100$$

Bu denklemde;

C_1 : Birinci örnekteki konsantrasyon,

C_2 : İkinci örnekteki konsantrasyon değerleridir.

Tekrarlanabilirlik sonuçları hesaplandığında, % RSS değerlerinin %2.8 (benzen için) ile %8.8 (etilbenzen için) arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Analiz metodunun doğruluğunu belirlemek amacıyla ayrıca % geri alınabilirlik testleri yapılmıştır. Bu amaçla örneklemede kullanılan adsorbent tüpünün üzerine bilinen miktarda ($10 \mu\text{g m}^{-3}$) standart yüklenmiştir. Daha sonra bu adsorbent tüpü, örneklerin analizinde kullanılan aynı metotla iki kez analiz edilmiştir. Birinci ve ikinci analiz sonuçları kullanılarak aşağıdaki eşitliğe göre herbir bileşiğin geri alınabilirliği (%) olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Geri Alınabilirlik (\%)} = \frac{A}{B} \times 100$$

A: Bileşimin geri alınan miktarı

B: Bileşimin adsorbent üzerinde kalan miktarı

Bileşiklerin geri alınabilirlik oranlarının, %93.5 (n-andekan için) ile %97.3 (n-hekzan için) arasında değiştiği tespit edilmiştir.

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 alınabilirlik testleri yapılmıştır.

Bu çalışmada, partikül maddelerdeki element konsantrasyonlarının ölçülmesinde kullanılan XRF cihazının belirleme limiti aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 3.6'da sunulmaktadır.

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

Nbq = Background (blank) sayımı

I_i = i elementinin birim mikar başına sayımı (sayım/ppm gibi)

Tablo 3.6. Elementler için Metot Belirleme Limitleri

Bilesenler	Belirleme Limitleri (µg/m ³)
Mg	10.42
Al	6.25
Si	2.92
S	1.67
K	3.33
Ca	1.25
Ti	2.08
Cr	2.5
Mn	1.67
Fe	2.5
Ni	2.5
Cu	1.67
Zn	1.67
Pb	4.17
As	0.21
V	0.63

Geri alınabilirlik testlerinin yapılmasında NIST 2783 hava filtresi kullanılmıştır. NIST 2783 standart filtrenin analiz sonuçları ve % geri alınabilirlik 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

*Standart 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

3.7.3. 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 $0.141 \pm 0.007 \text{ ng}\cdot\text{ppb}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. 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.

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

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

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

K: Örnekleme ortamının sıcaklığı (Kelvin)

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 hızınının 0,1-10 m/s aralığında örnekleme hızınının 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 to 4,000,000 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ 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.

$$Q_k = Q_{298} \cdot (K/298)^{1,5}$$

Q_k : Sıcaklığa bağlı olarak hesaplanan örnekleme hızı (ml/min)

Q_{298} : 25 °C ve 1 atm basınç altındaki örnekleme hızı (24.6 ml/min)

K: Örnekleme ortamının sıcaklığı (Kelvin)

Çalışma kapsamında aktif örnekleme cihazları (on-line cihazlar) kullanılarak yapılan saatlik inorganik gaz ölçüm cihazlarının kalibrasyonları NO_2 ve SO_2 için kalibrasyon gazları kullanılarak yapılmıştır. Ozon cihazının kalibrasyonu cihaz üzerinde bulunan ozon jeneratörü vasıtasıyla yapılmaktadır. CO ve CO_2 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 3.9'da verilmiştir

Tablo 3.9. İnorganik Gazlar, Sıcaklık ve Nem Ölçümleri için Belirleme Limitleri

Bilesenler	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	^o C	0.1
RH	%	0.5

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 3.10'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 3.10. Örneklenen Mikroçevrelerin Genel Karakteristikleri ve Örnekleme Şartları

Karakteristikler	Yaz Mevsimi		Kış Mevsimi	
	Ort. \pm SS ^a	Aralık	Ort. \pm SS ^a	Aralık
Mikroçevrede Geçirilen Süre (saat)				
İÇ ORTAMLAR (tüm)	19.6 \pm 2.0	0.15-22.30	21.5 \pm 1.6	0.50-21.30
Ev	16.6 \pm 4.6	9.40-22.30	16.9 \pm 5.8	1.50-21.30
İşyeri/Okul	2.6 \pm 3.7	0.20-10.45	4.0 \pm 5.4	1.10-11.30
Diğer	0.40 \pm 0.83	0.15-3.00	0.6 \pm 0.8	0.50-2.35
DIŞ ORTAMLAR (tüm)	3.5 \pm 1.8	0.15-7.40	1.2 \pm 1.4	0.20-9.30
Ev	1.4 \pm 1.1	0.30-4.30	0.2 \pm 0.5	0.50-2.50
İşyeri/Okul	0.5 \pm 0.7	0.15-2.50	0.2 \pm 0.4	0.35-2.00
Diğer	1.6 \pm 1.2	0.35-7.40	0.8 \pm 1.3	0.20-9.30
SEYAHAT	0.9 \pm 0.6	0.10-2.00	1.3 \pm 0.9	0.15-2.10
Çalışma Periyodu	31 Mayıs 2006-29 Haziran 2006		16 Aralık 2006- 20 Ocak 2007	
Örnekleme Bölgesi	15 kentsel bölge, 9 endüstriyel bölge, 4 kırsal bölge			
Bina yaşı (yıl)	18 \pm 13			
Örnekleme yüzey alanı (m²)	71 \pm 40			

^aStandart Sapma

Örneklenen çevrelerin iç ve dış ortamlarında otomatik ölçüm cihazı kullanılarak yapılan günlük sıcaklık, nem, CO ve CO₂ ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 3.11’de 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 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 havalandırılmasını 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 3.11. 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

BÖLÜM 4. İNORGANİK KİRLETİCİLERİN ÖLÇÜM SONUÇLARI

4.1 İnorganik Kirleticilerin Aktif Örnekleme Ölçüm Sonuçları

4.1.1 İnorganik Gaz Kirleticilerin Aktif Örnekleme Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Çalışma kapsamında yaz mevsiminde örneklenen ev, ofis ve okulların iç ve dış ortamlarında otomatik analizörler kullanılarak günlük olarak yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ aktif örneklemesine ait ölçüm sonuçları Tablo 4.1. ve Tablo 4.2’de verilmektedir. Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de örneklenen tüm mikroçevrelerin iç ve dış ortamlarında NO₂, SO₂ ve O₃ kirleticilerine ait tüm data, gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları ve gündüz/gece konsantrasyon oranları 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. SO₂ için minimum konsantrasyon 1,66 µg/m³, maksimum konsantrasyon ise 14,56 µg/m³ olarak ölçülmüştür. O₃ 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 NO₂ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0,84 ile 3,06 arasında değişmektedir. Genel olarak gündüz konsantrasyonlarının gece konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. SO₂ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0,63 ile 7,09 arasında değişmektedir. O₃ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 1,75 ile 14,43 arasında değişmektedir. Her 3 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 görüleceği gibi, NO₂ için minimum konsantrasyon 2,63 µg/m³, maksimum konsantrasyon ise 77,18 µg/m³ olarak ölçülmüştür. SO₂ için minimum konsantrasyon 2,45 µg/m³, maksimum konsantrasyon ise 115,58 µg/m³ olarak ölçülmüştür. O₃ konsantrasyonları incelendiğinde O₃ için minimum konsantrasyon 11,51 µg/m³ maksimum konsantrasyon ise 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. Genel olarak gündüz konsantrasyonları gece konsantrasyonlarından yüksek fakat birbirine yakın değerlere sahiptir. SO₂ 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 tesbit edilmiştir. Ozon için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 1,34 ile 41,99

arasında değişmektedir. Ozon'un gündüz konsantrasyonlarının gece konsantrasyonlarına nazaran oldukça belirgin Şekilde yüksek olması durumu Ozonun ikincil bir kirletici olması nedeniyle oluşabilmesi için güneş ışığına ihtiyaç duymasıyla açıklanabilir.

Tablo 4.1 ve Tablo 4.2 birlikte incelendiğinde, iç ortam NO₂ konsantrasyonlarının örneklenen mikroçevrelerin büyük bir kısmında dış ortam konsantrasyonlarından daha yüksek olduğunu görmekteyiz. Bu nedenle i ortamlarda da NO₂ kirliliğine neden olan baskın kaynakların varlığından söz edebiliriz. Yanma kaynaklı olan SO₂ ve ikincil kirletici olan O₃'un dış ortam konsantrasyon değerlerinin i ortamlara oranla oldukça yüksek olması bu kirleticilerin birer dış ortam kirleticisi olmalarına işaret etmektedir.

Tablo 4.1. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Yaz Aktif Örnekleme NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

Mikroçevre	İÇ ORTAM ÖRNEKLEMESİ											
	NO ₂				SO ₂				O ₃			
	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	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	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. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Yaz Aktif Örnekleme NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

Mikroçevre	DIŞ ORTAM ÖRNEKLEMESİ											
	NO ₂				SO ₂				O ₃			
	Tüm Data Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Data Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Data 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

4.1.2. İnorganik Gaz Kirleticilerin Aktif Örnekleme Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Çalışma kapsamında kış mevsiminde örneklenen ev, ofis ve okulların iç ve dış ortamlarında otomatik analizörler kullanılarak günlük olarak yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ aktif örneklemesine ait ölçüm sonuçları Tablo 4.3. ve Tablo 4.4’de verilmektedir. Tablo 4.3 ve Tablo 4.4’de örneklenen tüm mikroçevrelerin iç ve dış ortamlarında NO₂, SO₂ ve O₃ kirleticilerine ait tüm data, gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları ve gündüz/gece konsantrasyon oranları verilmektedir.

İç ortam örneklemesine ait tüm veri seti göz önüne alındığında Tablo 4.3’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 değişmektedir. Genel olarak gündüz konsantrasyonlarının gece konsantrasyonlarından daha yüksek fakat birbirine yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. SO₂ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0,53 ile 21,11 arasında değişmektedir. O₃ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0,61 ile 2,51 arasında değişmektedir. Her 3 kirletici içinde yaz mevsiminde gündüz konsantrasyonlarının gece konsantrasyonlarından daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Yaz örneklemesinde olduğu gibi kış örneklemesinde de O₃’un gündüz konsantrasyonları gece konsantrasyonlarından büyük değerlere sahip olmakla birlikte, O₃’un ikincil bir kirletici olması, oluşabilmesi için güneş ışığına ihtiyaç duyması nedeniyle O₃ için elde edilen gündüz konsantrasyonları kış mevsiminde yaz mevsimine nazaran daha düşük bulunmuştur.

Aynı değerlendirme dış ortam örneklemesine ait tüm veri seti göz önüne alınarak yapıldığında Tablo 4.4’de görüleceği gibi, NO₂ için minimum konsantrasyon 19,25 µg/m³, maksimum konsantrasyon ise 108,24 µg/m³ olarak ölçülmüştür. SO₂ için minimum konsantrasyon 2,75 µg/m³, maksimum konsantrasyon ise 80,86 µg/m³ olarak ölçülmüştür. O₃ konsantrasyonları incelendiğinde O₃ için minimum konsantrasyon 2,17 µg/m³ maksimum konsantrasyon ise 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 değişmektedir. Genel olarak gündüz konsantrasyonları gece konsantrasyonlarından yüksek fakat birbirine yakın değerlere sahiptir. Kükürtdioksit için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0,02 ile 32,50 arasında değişmektedir. Genel olarak SO₂ için gündüz konsantrasyonlarının gece konsantrasyonlarından daha yüksek değerlere sahip olduğu

görülmektedir. Ozon için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 0,50 ile 3,24 arasında değişmektedir. Yaz örnekleme ile karşılaştırıldığında kış örneklemeinde oldukça düşük dış ortam O_3 konsantrasyonları elde edilmesine rağmen yine gündüz konsantrasyonları gece konsantrasyonlarına nazaran yüksek bulunmuştur. İkincil bir kirletici olan O_3 'un oluşabilmesi için güneş ışığına ihtiyaç duymasıyla nedeniyle örneklenen mikroçevrelerin hem iç hem de dış ortamlarında kış örneklemeinde yaz örneklemeine nazaran daha düşük O_3 düzeyleri tesbit edilmiştir.

Tablo 4.3 ve Tablo 4.4 birlikte ele alındığında, NO_2 kirlilik düzeylerinin iç ve dış ortamlarda birbirine yakın olduğunu görmekteyiz. Bu nedenle iç ortamlarda da NO_2 kirliliğine neden olan baskın kaynakların varlığından söz edebiliriz. Yaz örneklemeinde elde edilen sonuçlara benzer şekilde yanma kaynaklı olan SO_2 ve ikincil kirletici olan O_3 'un kış örneklemeinde elde edilen dış ortam konsantrasyon değerlerinin iç ortamlara oranla yüksek olması bu kirleticilerin birer dış ortam kirleticisi olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Kış Aktif Örnekleme NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

Mikroçevre	İÇ ORTAM ÖRNEKLEMESİ											
	NO ₂				SO ₂				O ₃			
	Tüm Data Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort. Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Data Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Data 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	n.d.	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

Tablo 4.4. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Kış Aktif Örnekleme NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³) ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

Mikroçevre	DIŞ ORTAM ÖRNEKLEMESİ											
	NO ₂				SO ₂				O ₃			
	Tüm Data 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

4.1.3. Partikül Madde (PM10) Aktif Örnekleme Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Ölçümü yapılan ev, ofis ve okulların belirlenen 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 ev, ofis ve okulların 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. PM10 kütlesi 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. PM10 kütlesi dış ortam veri setinde ise $27.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $155.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.

4.1.4. Partikül Madde (PM2.5) Aktif Örnekleme Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Ölçümü yapılan ev, ofis ve okulların belirlenen iç ve dış ortamlarında ve kişilerde yaz mevsiminde yapılan Partikül Madde (PM2.5) örnekleme sonuçları sırasıyla Tablo 4.7, Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'da verilmektedir.

Tablo 4.7'de görüldüğü gibi örneklenen ev, ofis ve okulların 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 4.8'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 4.9'da 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 4.5. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Yaz Örnekleme Partikül Madde (PM10) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	As	V	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	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	0,0009	0,0022	n.d	0,5243	3,1135	0,6476	0,4112	6,2421	0,2088	0,0099	0,0984	0,6836	n.d	0,0675	0,0392	0,0525
Okul 2	142,82	0,0004	0,0039	n.d	0,4256	3,6224	0,6781	0,9647	17,4614	0,5368	0,0059	0,1917	1,4625	n.d	0,0345	0,0017	0,0698
Okul 3	62,15	n.d	0,0014	n.d	0,4216	2,4861	0,2683	0,2914	7,4574	0,3325	0,0044	0,1342	0,4636	n.d	0,0538	0,0163	0,0167
Ofis 1	28,00	0,0004	0,0012	n.d	0,2097	1,2269	0,4703	0,1966	1,3600	0,0955	0,0131	0,0107	0,1404	0,0028	0,0401	n.d	0,0431
Ofis 2	44,52	0,0020	0,0018	n.d	0,3945	2,0704	0,4065	0,3584	2,0199	0,1487	0,0025	0,0714	0,3389	0,0024	0,0624	0,0485	0,0806
Ofis 3	56,31	0,0074	0,0033	n.d	0,3676	2,0626	0,6388	0,4149	2,4193	0,1887	0,0193	0,2237	0,8621	n.d	0,0532	0,7241	0,2284
Ofis 4	34,96	0,0006	0,0026	n.d	0,1850	1,3388	0,4301	0,2136	2,1813	0,0906	0,0029	0,0083	0,0884	n.d	0,0252	n.d	0,0719
Ofis 5	65,35	0,0009	0,0014	n.d	0,2639	1,7072	0,4592	0,3476	3,2613	0,1206	0,0025	0,0574	0,2393	n.d	0,0325	0,0366	0,0686
Ofis 6	51,99	0,0007	0,0018	n.d	0,5350	3,1532	0,2726	0,4686	4,2834	0,1841	0,0098	0,0572	0,5742	0,0027	0,0599	n.d	0,0616
Ofis 7	29,84	0,0005	0,0005	n.d	0,0647	0,4272	0,3124	0,2323	0,6613	0,0458	0,0021	0,0402	0,0518	0,0026	0,0207	0,0068	0,0373
Ofis 8	34,66	0,0005	0,0004	0,0234	0,0520	0,4208	0,7512	0,1793	1,0510	0,0501	0,0050	0,0087	0,0420	n.d	0,0666	n.d	0,0530
Ofis 9	33,05	n.d	n.d	n.d	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	0,0004	0,0008	n.d	0,0558	0,4019	0,5453	0,1611	0,8615	0,0506	0,0060	0,0105	0,0497	n.d	0,0451	n.d	0,0606
Ev 1	26,97	0,0012	0,0018	n.d	0,1584	1,0456	0,3745	0,2969	1,3644	0,0674	0,0154	0,0906	0,2604	n.d	0,0419	0,1783	0,0838
Ev 2	65,35	0,0005	0,0013	n.d	0,3494	2,1224	0,5033	0,4892	4,4176	0,1537	0,0032	0,1069	0,3934	n.d	0,0493	0,0733	0,0679
Ev 3	33,39	0,0009	0,0009	n.d	0,1135	0,8005	0,2394	0,2346	1,0471	0,0544	0,0037	0,0209	0,0206	n.d	0,0524	n.d	0,0463
Ev 4	113,47	0,0004	0,0018	n.d	0,0490	0,6750	0,3868	0,6238	1,1415	0,0711	0,0077	0,1062	n.d	0,0125	0,0876	0,0587	0,0711
Ev 5	29,09	0,0019	0,0013	n.d	0,0707	1,0905	0,4898	0,2085	0,8712	0,0435	0,0082	0,0742	0,0857	0,0070	0,0280	0,1677	0,0736
Ev 6	29,41	0,0046	0,0015	n.d	0,0742	0,5620	0,6901	0,1742	0,8343	0,0572	0,0113	0,1216	0,2230	n.d	0,0535	0,3012	0,1283
Ev 7	58,67	0,0007	0,0022	n.d	0,1522	0,9114	0,5102	0,3872	1,4494	0,0798	0,0057	0,0560	0,1436	n.d	0,0430	0,0109	0,0382
Ev 8	46,77	0,0002	0,0017	n.d	0,3564	1,6895	0,6691	0,2913	1,7645	0,1384	0,0048	0,0241	0,2404	n.d	0,0301	n.d	0,0575
Ev 9	32,97	0,0021	0,0017	n.d	0,1074	0,7263	0,5129	0,2146	1,2428	0,0594	0,0081	0,0099	0,0622	0,0025	0,0229	n.d	0,0270
Ev 10	63,99	0,0005	0,0017	0,0183	0,1342	0,8526	0,4660	0,4229	1,2745	0,0781	0,0047	0,0255	0,0843	0,0028	0,0382	n.d	0,0377
Ev 11	43,59	0,0011	0,0018	0,0274	0,2202	1,2607	0,7420	0,2978	2,3405	0,0887	0,0068	0,0573	0,2448	n.d	0,0371	0,0153	0,0675
Ev 12	22,84	0,0002	0,0006	n.d	0,0962	0,7046	0,4033	0,2548	1,0764	0,0629	0,0056	0,0238	0,0697	n.d	0,0367	n.d	0,0554
Ev 13	63,69	n.d	0,0010	n.d	0,1021	0,7254	0,2969	0,4829	1,1796	0,0665	0,0043	0,0233	0,0527	0,0028	0,0296	n.d	0,0260
Ev 14	25,44	0,0002	0,0011	n.d	0,1271	0,7684	0,4642	0,2217	0,9002	0,0693	0,0031	0,0046	0,0236	0,0026	0,0345	n.d	0,0599
Ev 15	26,23	0,0024	0,0047	0,0132	0,0393	0,4730	0,5929	0,2675	1,2170	0,0488	0,0091	n.d	n.d	0,0231	0,0432	n.d	0,0209

Tablo 4.6. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Yaz Örnekleme Partikül Madde (PM10) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	As	V	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	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	0,0041	0,0044	n.d	0,4444	2,7336	1,3050	0,5140	8,5918	0,2621	0,0124	0,1202	0,9121	n.d	0,1033	0,0781	0,0715
Okul 2	83,10	0,0006	0,0043	n.d	0,7419	5,1289	0,4640	0,7291	7,1447	0,3804	0,0071	0,1654	1,0398	n.d	0,0448	n.d	0,0495
Okul 3	27,59	0,0005	0,0008	n.d	0,2931	1,7875	0,4563	0,2029	1,6831	0,0936	0,0031	0,0404	0,2030	n.d	0,0185	n.d	0,0597
Ofis 1	64,28	0,0008	0,0032	n.d	0,6082	4,0202	0,6897	0,7124	8,3283	0,4139	0,0125	0,2379	1,5975	0,0027	0,0483	0,0469	0,0480
Ofis 2	155,97	0,0063	0,0080	n.d	1,3590	7,5428	0,6732	1,1648	14,4755	0,8168	0,0154	0,4366	3,4439	n.d	0,0452	0,4406	0,2093
Ofis 3	138,47	0,0161	0,0091	n.d	0,3930	3,0926	0,9679	0,9843	8,7147	0,6389	0,0290	0,7820	3,6388	n.d	0,0999	1,7856	0,4812
Ofis 4	134,81	0,0009	0,0058	n.d	0,7805	5,2496	0,6176	0,8180	11,9533	0,5733	0,0204	0,2555	2,1713	n.d	0,0426	0,0604	0,0831
Ofis 5	67,74	0,0019	0,0031	n.d	0,6608	4,3645	0,5182	0,6565	9,9295	0,4052	0,0134	0,2016	1,4774	n.d	0,0362	0,0850	0,0751
Ofis 6	100,63	0,0013	0,0041	0,0332	1,1553	7,2407	0,2269	0,9531	12,0478	0,4827	0,0138	0,2484	1,7608	0,0029	0,0373	n.d	0,0128
Ofis 7	27,24	0,0010	0,0014	n.d	0,0801	0,7393	0,3442	0,1928	1,5079	0,0694	0,0126	0,0883	0,1858	n.d	0,0364	0,0513	0,0323
Ofis 8	66,56	0,0014	0,0021	0,0122	0,2329	1,7058	1,1667	0,4565	4,8759	0,2455	0,0084	0,0975	0,8668	n.d	0,0224	n.d	0,0332
Ofis 9	61,71	n.d	n.d	n.d	0,4087	2,4315	0,8104	0,4012	4,7698	0,2132	0,0061	0,0664	0,4073	n.d	0,0370	n.d	0,0147
Ofis 10	68,42	0,0015	0,0021	n.d	0,1942	2,1857	1,1145	0,4885	4,7770	0,2393	0,0074	0,0889	0,8075	n.d	0,0223	n.d	0,0308
Ev 1	58,93	0,0016	0,0026	n.d	0,3466	2,2229	0,4942	0,4634	4,1978	0,1542	0,0254	0,1910	0,9499	n.d	0,0351	0,3714	0,1783
Ev 2	67,74	0,0009	0,0029	n.d	0,5644	3,6362	0,4373	0,5196	8,2628	0,2541	0,0070	0,1553	0,8484	n.d	0,0310	0,1115	0,0697
Ev 3	33,82	0,0015	0,0022	n.d	0,3742	2,5563	0,3948	0,3715	3,8583	0,1961	0,0125	0,0976	0,6282	n.d	0,0451	n.d	0,0414
Ev 4	77,49	0,0009	0,0037	n.d	0,7948	4,7143	0,6930	0,6346	6,2606	0,3356	0,0131	0,1922	1,4247	0,0022	0,0847	0,1711	0,0945
Ev 5	42,47	0,0030	0,0021	n.d	0,0879	1,3536	0,4147	0,2156	2,0037	0,0798	0,0085	0,1808	0,4041	0,0028	0,0526	0,2583	0,1152
Ev 6	61,63	0,0060	0,0020	n.d	0,3906	2,4486	0,9039	0,4319	3,7023	0,2038	0,0172	0,3427	1,3074	n.d	0,0507	0,6618	0,2474
Ev 7	73,78	0,0019	0,0050	0,0147	0,4450	2,7129	0,8856	0,5924	5,0218	0,2469	0,0114	0,1378	0,9459	n.d	0,0506	0,0560	0,0806
Ev 8	93,71	0,0005	0,0044	n.d	0,4190	2,3620	0,6573	0,3385	3,6898	0,2043	0,0049	0,0668	0,4734	n.d	0,0602	0,0124	0,0271
Ev 9	47,75	0,0004	0,0022	n.d	0,3226	2,0106	0,7346	0,3220	3,5592	0,1462	0,0048	0,0633	0,4728	n.d	0,0293	0,0072	0,0504
Ev 10	61,26	0,0010	0,0018	n.d	0,5236	2,8830	0,8556	0,4753	4,3079	0,2098	0,0078	0,0806	0,6747	n.d	0,0398	0,0254	0,0723
Ev 11	88,69	0,0015	0,0032	n.d	0,3795	2,2822	0,6720	0,3979	4,4545	0,1948	0,0092	0,1007	0,6472	n.d	0,0445	0,0258	0,0424
Ev 12	53,50	0,0005	0,0025	n.d	0,2492	1,7772	0,6255	0,4046	2,7909	0,1414	0,0081	0,0504	0,3914	0,0028	0,0434	0,0202	0,0216
Ev 13	59,24	0,0005	0,0024	0,0324	0,3556	2,3888	0,5004	0,3887	3,7195	0,1769	0,0073	0,0874	0,4944	0,0027	0,0928	0,0420	0,0488
Ev 14	45,83	0,0003	0,0014	n.d	0,4151	2,3291	0,8589	0,4489	2,7727	0,1423	0,0039	0,0552	0,4267	n.d	0,0282	n.d	0,0083
Ev 15	32,92	n.d	0,0016	n.d	0,3171	1,8031	0,3267	0,2621	3,0241	0,0814	0,0086	0,0106	0,1994	n.d	0,0611	n.d	0,0368

Tablo 4.7. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Yaz Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	As	V	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	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	0,0007	0,0022	n.d	0,1198	0,7134	0,5382	0,1345	1,6846	0,0378	0,0047	0,0231	0,0529	n.d	0,0233	0,0337	0,0307
Okul 2	25,00	n.d	0,0034	n.d	0,1472	1,0360	0,2602	0,1588	2,7655	0,0797	0,0022	0,0175	0,1327	n.d	0,0147	n.d	0,0462
Okul 3	17,59	n.d	0,0026	n.d	0,0771	0,5452	0,1908	0,0956	1,9168	0,0490	0,0010	0,0408	0,0337	n.d	0,0387	0,0163	0,0096
Ofis 1	15,48	0,0004	0,0022	n.d	0,0732	0,4780	0,4293	0,0891	0,3581	0,0348	0,0059	n.d	n.d	0,0028	0,0121	n.d	0,0166
Ofis 2	23,37	0,0006	0,0034	n.d	0,1608	0,8479	0,2878	0,1866	0,6247	0,0552	0,0013	0,0213	0,1158	0,0024	0,0312	n.d	0,0348
Ofis 3	16,85	0,0011	0,0046	n.d	0,0827	0,4306	0,3562	0,0792	0,2758	0,0367	0,0074	0,0290	0,0571	n.d	0,0277	0,0540	0,0400
Ofis 4	19,01	n.d	0,0028	n.d	0,0609	0,4731	0,3708	0,0894	0,6430	0,0300	0,0023	n.d	0,0475	n.d	0,0176	n.d	0,0397
Ofis 5	33,22	0,0007	0,0024	n.d	0,0901	0,5820	0,3885	0,1708	0,9578	0,0361	0,0024	0,0218	0,0420	n.d	0,0153	0,0289	0,0431
Ofis 6	23,71	0,0007	0,0016	n.d	0,1501	0,8922	0,1953	0,1616	1,1624	0,0482	0,0043	0,0058	0,1163	0,0027	0,0320	n.d	0,0348
Ofis 7	21,89	0,0005	n.d	n.d	0,0108	0,1897	0,2766	0,1690	0,2581	0,0203	0,0016	0,0285	n.d	0,0026	0,0146	0,0068	0,0319
Ofis 8	22,32	0,0005	n.d	0,0234	0,0393	0,2612	0,6923	0,1055	0,2923	0,0155	0,0029	n.d	n.d	n.d	0,0222	n.d	0,0368
Ofis 9	18,94	n.d	n.d	n.d	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	0,0004	n.d	n.d	0,0347	0,2044	0,4356	0,0777	0,2762	0,0193	0,0032	n.d	n.d	n.d	0,0234	n.d	0,0363
Ev 1	13,67	0,0008	0,0060	n.d	0,0703	0,4968	0,3288	0,1733	0,5625	0,0287	0,0094	0,0637	0,1427	n.d	0,0124	0,1783	0,0599
Ev 2	33,22	n.d	n.d	n.d	0,1214	0,7074	0,4192	0,2554	1,2952	0,0433	0,0025	0,0436	0,0839	n.d	0,0136	0,0578	0,0479
Ev 3	15,71	n.d	n.d	n.d	0,0060	0,1428	0,1746	0,0904	0,2175	0,0088	0,0020	0,0066	n.d	n.d	0,0315	n.d	0,0227
Ev 4	94,14	0,0004	0,0041	n.d	0,0101	0,3159	0,3268	0,5227	0,4129	0,0320	0,0033	0,0904	n.d	0,0048	0,0188	0,0587	0,0139
Ev 5	16,42	0,0015	0,0036	n.d	0,0301	0,7126	0,4193	0,1112	0,3556	0,0204	0,0035	0,0571	0,0857	0,0027	0,0182	0,1677	0,0534
Ev 6	20,13	0,0038	0,0033	n.d	0,0550	0,3331	0,6554	0,1103	0,3190	0,0377	0,0073	0,0965	0,1995	n.d	0,0365	0,2716	0,1036
Ev 7	40,60	0,0005	0,0059	n.d	0,0612	0,3217	0,4623	0,2614	0,3644	0,0313	0,0032	0,0341	0,0140	n.d	0,0347	0,0109	0,0126
Ev 8	32,67	0,0002	0,0031	n.d	0,1378	0,6796	0,6105	0,1898	0,6295	0,0657	0,0013	0,0131	0,0846	n.d	0,0120	n.d	0,0322
Ev 9	19,82	0,0002	0,0017	n.d	0,0449	0,2835	0,4596	0,1301	0,3523	0,0167	0,0049	n.d	n.d	0,0025	0,0121	n.d	0,0177
Ev 10	43,63	0,0005	0,0018	0,0183	0,0362	0,2803	0,4219	0,3302	0,3961	0,0290	0,0013	0,0152	0,0108	0,0028	0,0225	n.d	0,0142
Ev 11	25,03	0,0009	0,0030	0,0274	0,0544	0,3432	0,6117	0,1599	0,5430	0,0237	0,0031	0,0279	0,0346	n.d	0,0290	0,0153	0,0532
Ev 12	14,35	0,0002	n.d	n.d	0,0236	0,2212	0,3616	0,1557	0,2672	0,0210	0,0015	0,0092	n.d	n.d	0,0179	n.d	0,0321
Ev 13	49,75	n.d	0,0019	n.d	0,0347	0,2632	0,2563	0,3921	0,3637	0,0233	0,0009	0,0131	n.d	0,0028	0,0145	n.d	0,0029
Ev 14	15,26	0,0002	0,0019	n.d	0,0703	0,3796	0,4445	0,1469	0,2845	0,0310	0,0006	n.d	0,0056	0,0026	0,0209	n.d	0,0261
Ev 15	12,15	0,0016	0,0143	0,0132	0,0393	0,3207	0,5777	0,1888	0,4185	0,0288	0,0045	n.d	n.d	0,0231	0,0257	n.d	0,0179

Tablo 4.8. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Yaz Örnekleme Partikül Madde (PM_{2.5}) Kütle ve Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi (µg/m ³)	As	V	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	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	0,0072	0,0120	n.d	0,1798	1,0082	0,5074	0,1497	0,9908	0,0613	0,0043	0,0457	0,1881	n.d	0,0210	0,0519	0,0337
Okul 2	23,95	0,0007	0,0070	n.d	0,1511	1,0790	0,3491	0,1819	1,5416	0,0999	0,0032	0,0511	0,2033	n.d	0,0224	n.d	0,0029
Okul 3	11,23	0,0009	0,0034	n.d	0,0596	0,3746	0,4146	0,0525	0,3065	0,0081	0,0008	0,0126	n.d	n.d	0,0009	n.d	0,0435
Ofis 1	23,50	0,0009	0,0055	n.d	0,0918	0,6408	0,3994	0,1426	0,8249	0,0630	0,0023	0,0190	0,1188	0,0060	0,0175	n.d	0,0180
Ofis 2	20,15	0,0006	0,0038	n.d	0,2110	1,1118	0,2355	0,1415	0,9513	0,0849	0,0019	0,0269	0,2360	n.d	0,0050	n.d	0,0168
Ofis 3	19,13	0,0020	0,0110	n.d	0,1245	0,6617	0,4300	0,0921	0,4291	0,0611	0,0048	0,0296	0,1378	n.d	0,0494	0,0385	0,0255
Ofis 4	18,55	0,0004	0,0062	n.d	0,1516	0,8907	0,4556	0,1111	1,0628	0,0620	0,0047	0,0386	0,1333	n.d	0,0193	0,0238	0,0370
Ofis 5	20,96	0,0026	0,0076	n.d	0,1247	0,7522	0,3785	0,1314	1,4078	0,0599	0,0038	0,0390	0,1488	n.d	0,0162	0,0571	0,0408
Ofis 6	16,92	0,0022	0,0047	0,0332	0,1355	0,8416	0,0809	0,1233	1,4144	0,0578	0,0020	0,0380	0,1052	0,0063	0,0232	n.d	n.d
Ofis 7	14,30	0,0020	0,0042	n.d	0,0035	0,1744	0,2773	0,0920	0,2617	0,0189	0,0059	0,0540	0,0485	n.d	0,0234	0,0449	0,0163
Ofis 8	25,56	0,0016	0,0028	n.d	0,1122	0,6025	0,9001	0,1370	0,6639	0,0390	0,0033	0,0152	0,0828	n.d	0,0162	n.d	0,0044
Ofis 9	20,50	n.d	0,0043	n.d	0,1899	0,9370	0,6932	0,2211	0,9605	0,0766	0,0017	0,0243	0,1765	n.d	0,0256	n.d	0,0112
Ofis 10	25,01	0,0019	0,0033	n.d	0,1260	0,7466	0,8601	0,1396	0,7506	0,0490	0,0026	0,0170	0,0877	n.d	0,0204	n.d	0,0066
Ev 1	21,65	0,0006	0,0068	n.d	0,1317	0,8365	0,4369	0,1735	1,0807	0,0603	0,0134	0,1110	0,4172	n.d	0,0134	0,2736	0,1145
Ev 2	20,96	n.d	0,0041	n.d	0,1023	0,6402	0,3150	0,1551	1,7845	0,0597	0,0030	0,0406	0,1682	n.d	0,0137	0,0912	0,0457
Ev 3	15,91	0,0005	0,0045	n.d	0,0371	0,3419	0,2966	0,1178	0,4990	0,0324	0,0030	0,0281	0,0861	n.d	0,0034	n.d	0,0246
Ev 4	50,47	0,0009	0,0052	n.d	0,0716	0,6436	0,3590	0,1439	0,9904	0,0474	0,0063	0,0727	0,2246	0,0047	0,0130	0,1496	0,0709
Ev 5	23,37	0,0049	0,0088	n.d	n.d	0,6480	0,3369	0,1090	0,4436	0,0298	0,0043	0,0972	0,1769	0,0061	0,0194	0,1971	0,0845
Ev 6	29,81	0,0121	0,0085	n.d	0,0665	0,4970	0,7405	0,1789	0,6207	0,0532	0,0080	0,1844	0,5081	n.d	0,0208	0,4937	0,1641
Ev 7	28,16	0,0027	0,0131	0,0147	0,1256	0,7477	0,7551	0,2090	0,8197	0,0610	0,0044	0,0480	0,2034	n.d	0,0201	0,0462	0,0565
Ev 8	30,95	0,0007	0,0047	n.d	0,2101	0,9859	0,5616	0,1712	1,1599	0,0988	0,0014	0,0261	0,2124	n.d	0,0311	n.d	0,0165
Ev 9	19,43	0,0005	0,0037	n.d	0,0610	0,3862	0,5899	0,1219	0,5888	0,0278	0,0011	0,0170	0,0319	n.d	0,0085	n.d	0,0255
Ev 10	22,54	0,0015	0,0049	n.d	0,1109	0,6266	0,7090	0,1951	0,6719	0,0452	0,0017	0,0168	0,1032	n.d	0,0252	0,0254	0,0558
Ev 11	20,80	0,0011	0,0030	n.d	0,0639	0,4228	0,5374	0,1231	1,0121	0,0457	0,0039	0,0371	0,0886	n.d	0,0234	0,0203	0,0214
Ev 12	20,36	0,0006	0,0036	n.d	0,0138	0,2532	0,5259	0,2185	0,5045	0,0354	0,0044	0,0043	0,0768	0,0060	0,0013	n.d	0,0059
Ev 13	20,90	0,0005	0,0045	0,0324	0,1364	0,7777	0,3898	0,1987	1,1178	0,0564	0,0017	0,0272	0,1519	0,0059	0,0169	n.d	0,0205
Ev 14	23,10	0,0006	0,0038	n.d	0,1453	0,7741	0,7627	0,2523	0,6245	0,0425	0,0019	0,0195	0,1156	n.d	0,0165	n.d	0,0040
Ev 15	4,67	n.d	0,0059	n.d	0,0236	0,1324	0,2076	0,0330	0,1282	n.d	0,0007	n.d	n.d	n.d	0,0306	n.d	n.d

Tablo 4.9. Ev, Ofis ve Okulların Kişisel Yaz Örneklemesi Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütle (μg/m ³)	As	V	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	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	58,25	0,0027	0,0128	0,1932	0,8929	1,5385	0,2377	1,2307	0,0366	0,0139	0,0227	0,0835	0,0029	0,1250	0,0343	0,0277
Okul 2	10,69	0,0022	0,0108	0,1095	0,7515	1,6505	0,3813	1,3125	0,0133	0,0149	0,0242	n.d	0,0026	0,1119	0,0983	0,0574
Okul 3	37,28	0,0009	0,0081	n.d	0,3136	0,2514	0,2654	2,1719	0,0506	0,0158	0,0212	0,0932	0,0030	0,1323	0,0267	0,0186
Ofis 1	48,57	0,0008	0,0075	n.d	0,4127	0,8942	0,0872	0,2419	0,0245	0,0078	0,0083	n.d	0,0013	0,0407	0,0052	0,0330
Ofis 2	72,86	0,0009	0,0116	0,4328	1,7254	1,1083	0,4332	1,8342	0,0853	0,0248	0,0546	0,3869	0,0044	0,2119	0,0464	0,0669
Ofis 3	45,31	0,0235	0,0251	0,3865	1,3453	1,8020	0,2561	0,5773	0,0585	0,0167	0,1044	0,7515	0,0038	0,1222	0,2525	0,1465
Ofis 4	28,96	0,0009	0,0044	0,0218	0,2948	0,9960	0,0658	0,2610	0,0336	0,0041	0,0188	n.d	0,0010	0,0394	0,0013	0,0367
Ofis 5	194,96	0,0063	0,0052	0,2351	1,3404	1,1389	0,4123	2,7496	0,0383	0,0152	0,0150	n.d	0,0049	0,2223	0,0199	0,0752
Ofis 6	25,15	0,0009	0,0025	0,1099	0,7788	0,6610	0,1700	0,8999	0,0570	0,0104	0,0127	0,0130	0,0033	0,0926	0,0139	0,0720
Ofis 7	106,73	0,0012	0,0028	n.d	0,1428	0,5361	0,1123	0,1985	0,0250	0,0024	0,0334	n.d	0,0009	0,0284	0,0097	0,0411
Ofis 8	39,21	0,0011	0,0099	0,0730	0,5985	2,0835	0,1768	0,9935	0,0331	0,0101	0,0087	n.d	0,0024	0,0907	0,0048	0,0218
Ofis 9	84,32	0,0011	0,0056	n.d	0,3535	0,9389	0,1785	0,6994	0,0294	0,0088	0,0119	n.d	0,0013	0,0722	0,0086	0,0317
Ofis 10	71,51	0,0013	0,0122	n.d	0,4149	1,2281	0,1099	0,5490	0,0302	0,0075	0,0119	n.d	0,0018	0,0649	0,0050	0,0308
Ev 1	148,77	0,0012	0,0048	n.d	0,3284	0,9744	0,0748	0,1960	0,0140	0,0078	0,0157	n.d	0,0011	0,0394	0,0344	0,0611
Ev 2	38,58	0,0083	0,0030	n.d	0,3693	0,6530	0,1344	0,4909	0,0340	0,0063	0,0776	0,5769	0,0022	0,0801	0,0898	0,0824
Ev 3	9,80	0,0015	0,0021	n.d	0,2443	0,8228	0,0670	0,2744	0,0958	0,0067	0,0122	n.d	0,0011	0,0414	0,0110	0,0418
Ev 4	95,53	0,0017	0,0096	n.d	0,1896	0,5586	0,0989	0,3223	0,0255	0,0040	0,0221	n.d	0,0013	0,0293	0,0388	0,0534
Ev 5	24,99	0,0037	0,0119	n.d	0,7595	0,9221	0,1121	0,2821	0,0271	0,0094	0,0131	n.d	0,0021	0,0548	0,0296	0,0423
Ev 6	51,92	0,0086	0,0024	0,0334	0,7277	1,6216	0,1677	0,9269	0,0437	0,0137	0,0665	0,5436	0,0019	0,0937	0,0861	0,0861
Ev 7	50,96	0,0019	0,0128	n.d	0,3139	1,1737	0,1086	0,4344	0,0411	0,0086	0,0174	n.d	0,0016	0,0595	0,0396	0,0415
Ev 8	68,18	0,0016	0,0031	n.d	0,4217	1,0663	0,1408	0,5453	0,0465	0,0091	0,0075	n.d	0,0018	0,0567	0,0163	0,0173
Ev 9	19,19	0,0003	0,0026	n.d	0,1262	0,5691	0,0265	0,1160	0,0144	0,0043	0,0103	n.d	0,0008	0,0211	0,0104	0,0488
Ev 10	61,05	0,0012	0,0044	n.d	0,1113	0,8665	0,0756	0,1912	0,0157	0,0042	0,0132	n.d	0,0008	0,0394	0,0050	0,0294
Ev 11	43,85	0,0024	0,0117	n.d	0,3419	1,5484	0,1021	0,4927	0,0317	0,0073	0,0112	n.d	0,0015	0,0566	0,0215	0,0565
Ev 12	12,48	0,0006	0,0044	n.d	0,0974	0,8341	0,0334	0,0604	0,0229	0,0037	0,0122	n.d	0,0005	0,0192	0,0110	0,0187
Ev 13	77,73	0,0005	0,0036	n.d	0,1620	0,7315	0,0457	0,0570	0,0182	0,0030	0,0080	n.d	0,0007	0,0192	0,0111	0,0150
Ev 14	61,81	0,0009	0,0090	0,1033	0,8603	1,1015	0,2132	1,1114	0,0627	0,0131	0,0224	0,0882	0,0026	0,1026	0,0109	0,0402
Ev 15	47,47	0,0023	0,0112	n.d	0,0009	1,5603	0,0730	0,2650	0,0350	0,0048	0,0145	n.d	0,0012	0,0495	0,0124	0,0170

4.1.5. Partikül Madde (PM10) Aktif Örnekleme Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Ölçümü yapılan ev, ofis ve okulların belirlenen iç ve dış ortamlarında kış mevsiminde yapılan Partikül Madde (PM10) örnekleme sonuçları Tablo 4.10 ve Tablo 4.11’de verilmektedir.

Tablo 4.10’da görüldüğü gibi örneklenen ev, ofis ve okulların 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 4.11’den de 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.

4.1.6. Partikül Madde (PM2.5) Aktif Örnekleme Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Ölçümü yapılan ev, ofis ve okulların belirlenen iç ve dış ortamlarında ve kişilerde kış mevsiminde yapılan Partikül Madde (PM2.5) örnekleme sonuçları sırasıyla Tablo 4.12, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14’de verilmektedir.

Tablo 4.12’de görüldüğü gibi örneklenen ev, ofis ve okulların 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 4.13’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 4.14’de 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 4.10. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Kış Örneklemesi Partikül Madde (PM10) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 10 Kütle (μg/m ³)	As	V	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	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	183,54	0,0012	0,0052	n.d	0,1202	0,6667	3,9488	0,4418	13,1948	0,1304	0,0271	0,0576	0,2733	0,0041	0,0677	0,0566	0,0501
Okul 2	377,69	0,0242	0,0172	0,0804	1,1427	9,6138	5,2895	1,1477	18,7126	0,4626	0,0367	0,2832	2,1690	0,0047	0,1631	1,3857	0,5980
Okul 3	397,97	0,0032	0,0165	0,4651	1,7511	11,0815	0,7407	2,1730	26,2731	0,8503	0,0207	0,2256	2,5095	0,0045	0,0693	0,1959	0,1292
Ofis 1	81,50	0,0007	0,0054	n.d	0,1043	0,5756	0,7292	0,5201	0,6252	0,0627	0,0119	0,0361	0,0303	0,0057	0,0723	0,0159	0,0547
Ofis 2	28,03	0,0004	0,0030	n.d	0,1294	0,6061	0,3454	0,2070	0,9447	0,0555	0,0131	0,0130	0,0196	0,0042	0,0662	n.d	0,0340
Ofis 3	25,78	0,0072	0,0070	0,0285	0,1476	0,6602	0,4013	0,1838	0,6089	0,0220	0,0106	0,0305	0,0146	0,0043	0,0691	n.d	0,0525
Ofis 4	55,56	0,0026	0,0029	n.d	0,1479	1,5058	0,7904	0,2625	1,6791	0,0473	0,0078	0,0421	0,1756	0,0045	0,0603	0,0175	0,1061
Ofis 5	92,24	0,0024	0,0078	0,0134	0,3724	2,6827	1,0111	0,4379	2,7955	0,1555	0,0204	0,0964	0,5468	0,0047	0,0736	0,0992	0,1077
Ofis 6	87,18	0,0013	0,0061	n.d	0,1319	0,8022	0,7723	0,1924	0,8061	0,0465	0,0200	0,0447	0,0833	0,0042	0,0604	0,0509	0,1038
Ofis 7	77,08	0,0010	0,0081	n.d	0,2995	2,1497	1,0217	0,4061	2,1860	0,2286	0,0202	0,0579	0,3508	0,0048	0,0683	0,0158	0,0629
Ofis 8	23,89	0,0005	0,0024	0,0350	0,0432	0,1280	0,2032	0,1284	0,2823	0,0249	0,0074	0,0256	n.d	0,0031	0,1066	n.d	0,0396
Ofis 9	49,14	0,0032	0,0043	0,0138	0,1644	0,7884	0,6065	0,4041	0,7784	0,0880	0,0124	0,0491	n.d	0,0050	0,0790	0,1010	0,1296
Ofis 10	35,96	0,0006	0,0026	n.d	0,0598	0,2102	0,2775	0,1013	0,4576	0,0195	0,0139	0,0340	n.d	0,0035	0,0934	n.d	0,0452
Ev 1	43,49	0,0075	0,0048	0,0196	0,2427	1,1811	1,2545	0,3017	0,9951	0,0757	0,0171	0,1405	0,4375	0,0044	0,0788	0,5292	0,1999
Ev 2	57,00	0,0043	0,0089	0,0151	0,1642	0,8598	0,9680	0,3752	1,0577	0,1149	0,0156	0,0805	0,3405	0,0652	0,1208	0,3343	0,1528
Ev 3	63,96	0,0006	0,0029	n.d	0,0711	0,5874	0,3413	0,2802	0,5504	0,0398	0,0113	0,0468	n.d	0,0045	0,0602	n.d	0,0679
Ev 4	59,55	0,0008	0,0030	0,0058	0,0678	0,8083	0,3954	0,2531	0,5673	0,0570	0,0114	0,0538	0,0942	0,0045	0,0740	n.d	0,0669
Ev 5	62,71	0,0032	0,0131	n.d	0,0587	1,1972	1,1256	0,2474	0,6406	0,0703	0,0162	0,0759	0,1576	0,0049	0,1347	0,0486	0,0825
Ev 6	44,67	0,0013	0,0052	n.d	0,0984	0,4764	0,4696	0,2861	0,3047	0,0266	0,0148	0,0221	n.d	0,0044	0,0692	0,0514	0,1165
Ev 7	41,57	0,0018	0,0035	n.d	0,1229	0,7087	0,6790	0,3193	0,8072	0,0590	0,0139	0,0358	0,0653	0,0044	0,0651	0,0309	0,1080
Ev 8	111,20	0,0018	0,0047	n.d	0,2390	1,3893	0,7302	0,5316	1,7926	0,1371	0,0191	0,0539	0,2639	0,0061	0,1241	0,1435	0,1543
Ev 9	45,38	0,0005	0,0033	n.d	0,1242	0,1750	0,1708	0,0953	0,3681	0,0536	0,0134	0,0312	n.d	0,0036	0,0754	n.d	0,0635
Ev 10	91,12	0,0015	0,0075	0,0284	0,3428	1,7411	0,9287	0,5484	2,0415	0,1694	0,0197	0,0426	0,3261	0,0066	0,1961	0,0298	0,1457
Ev 11	27,85	0,0005	0,0022	n.d	0,0514	0,1161	0,1247	0,2206	0,1665	0,0116	0,0117	0,0104	n.d	0,0040	0,0659	n.d	0,0561
Ev 12	24,94	0,0019	0,0040	0,0333	0,1083	0,4448	0,5180	0,1767	0,4614	0,0403	0,0121	0,0165	0,0735	0,0045	0,0591	0,0445	0,0438
Ev 13	33,78	0,0008	0,0024	n.d	0,0626	0,1502	0,1319	0,1781	0,2671	0,0191	0,0112	0,0129	0,0268	0,0037	0,0563	0,0321	0,0585
Ev 14	88,10	0,0066	0,0153	n.d	0,3245	1,9249	1,2273	0,5231	2,6312	0,2317	0,0296	0,2312	1,0543	0,0049	0,0711	0,9665	0,4255
Ev 15	58,33	0,0038	0,0061	0,0147	0,3125	1,5121	0,6960	0,2975	2,7471	0,1026	0,0152	0,0688	0,3504	0,0045	0,0735	0,2011	0,1299

Tablo 4.11. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Kış Örnekleme Partikül Madde (PM10) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 10 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	As	V	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	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	0,0030	0,0080	n.d	0,1198	0,4305	1,0057	0,6015	1,2822	0,1304	0,0207	0,0700	0,5100	0,0053	0,0664	0,1046	0,1322
Okul 2	138,38	0,0387	0,0329	n.d	0,5808	8,9209	3,2023	0,7407	7,1502	0,5677	0,0370	0,5084	2,9186	0,0057	0,0813	1,8354	0,3574
Okul 3	71,75	0,0094	0,0250	0,1026	0,5838	2,5404	0,4008	0,4361	7,3266	0,2575	0,0286	0,2796	1,3690	0,0049	0,0703	0,2191	0,1264
Ofis 1	33,35	0,0010	0,0047	n.d	0,1273	0,6164	0,4145	0,2244	1,2285	0,1127	0,0078	0,0371	0,1816	0,0048	0,0585	0,1478	0,0836
Ofis 2	53,21	0,0010	0,0041	n.d	0,1646	0,7389	0,6748	0,3079	2,3658	0,0948	0,0147	0,0239	0,3386	0,0045	0,0698	0,0539	0,0775
Ofis 3	22,88	0,0012	0,0031	n.d	0,1127	0,4942	0,2232	0,2276	1,0555	0,0547	0,0095	0,0115	0,0786	0,0042	0,0571	0,0363	0,0417
Ofis 4	92,50	0,0132	0,0109	0,1122	0,5033	3,6039	0,7448	0,5606	5,8855	0,4556	0,0264	0,2170	1,5181	0,0041	0,0600	0,4150	0,2790
Ofis 5	105,04	0,0052	0,0146	0,0984	0,6798	4,7044	1,2754	0,7067	6,0341	0,4572	0,0261	0,2165	1,7163	0,0044	0,0535	0,1958	0,1070
Ofis 6	120,15	0,0099	0,0340	n.d	1,1851	6,6172	0,8503	0,8065	10,6037	0,7134	0,1229	0,2637	2,2038	0,0041	0,0581	0,2676	0,0824
Ofis 7	113,07	0,0029	0,0184	n.d	0,9673	5,9516	1,1874	0,7785	8,1160	0,6828	0,0373	0,5712	2,0462	0,0047	0,0624	0,1743	0,0717
Ofis 8	42,32	0,0017	0,0051	0,0054	0,0983	0,2690	0,5634	0,3493	2,0896	0,1159	0,0131	0,0143	0,0785	0,0045	0,0701	0,0684	0,0718
Ofis 9	81,47	0,0055	0,0088	n.d	0,5659	2,8566	0,8896	0,7210	6,7534	0,3699	0,0157	0,1609	0,7509	0,0044	0,0649	0,3192	0,1928
Ofis 10	43,18	0,0015	0,0040	0,0117	0,1180	0,4337	0,5676	0,3551	2,9199	0,1342	0,0153	0,0194	0,1210	0,0049	0,0703	0,0638	0,0725
Ev 1	47,69	0,0094	0,0052	n.d	0,2107	1,0425	0,6947	0,2478	2,8108	0,1060	0,0163	0,2103	0,8539	0,0039	0,0539	0,6338	0,3771
Ev 2	79,09	0,0067	0,0077	0,0489	0,3280	2,3919	0,4107	0,4371	4,7026	0,3235	0,0150	0,2252	1,0622	0,0041	0,1357	0,4438	0,1134
Ev 3	63,31	0,0023	0,0077	n.d	0,1067	1,0935	0,8228	0,2692	1,0895	0,0525	0,0136	0,0372	0,0545	0,0045	0,1808	0,0577	0,0253
Ev 4	139,69	0,0019	0,0061	n.d	1,1260	7,8672	1,2325	1,0301	9,1219	0,6420	0,0327	0,5393	2,3697	0,0043	0,1784	0,5784	0,1444
Ev 5	118,28	0,0060	0,0092	n.d	0,2573	2,7332	2,0143	0,6510	5,7785	0,3387	0,0421	0,2079	1,5658	0,0049	0,1611	0,2474	0,1272
Ev 6	57,24	0,0175	0,0107	n.d	0,4931	2,8752	1,1881	0,3973	6,1097	0,2445	0,0193	0,1175	0,7180	0,0047	0,0572	0,3759	0,1519
Ev 7	137,84	0,0060	0,0146	0,0878	0,8833	4,4999	1,6606	1,0111	8,3271	0,4384	0,0184	0,1248	1,1693	0,0052	0,0864	0,2041	0,1134
Ev 8	162,24	0,0071	0,0173	n.d	1,7850	9,3135	1,2641	1,2246	10,8273	0,8968	0,0249	0,2008	2,0564	0,0049	0,0755	0,4248	0,1918
Ev 9	64,33	0,0021	0,0073	n.d	0,2263	0,9120	0,9898	0,4015	6,3276	0,2621	0,0190	0,0685	0,7040	0,0048	0,0692	0,0372	0,0641
Ev 10	68,31	0,0020	0,0090	n.d	0,6289	2,3381	1,0181	0,4851	5,0943	0,2915	0,0181	0,0454	0,4697	0,0057	0,0834	0,0825	0,0781
Ev 11	138,76	0,0039	0,0126	n.d	1,1694	6,8112	0,8643	1,3688	10,3782	0,7144	0,0257	0,2267	2,2986	0,0042	0,0547	0,1897	0,0974
Ev 12	49,27	0,0045	0,0114	n.d	0,4753	2,3001	1,1769	0,4287	5,5030	0,2989	0,0145	0,0749	0,7997	0,0043	0,0606	0,2154	0,1045
Ev 13	48,27	0,0040	0,0112	n.d	0,3359	1,7354	0,2505	0,3012	5,4680	0,1696	0,0107	0,0401	0,5332	0,0043	0,0617	0,0762	0,1086
Ev 14	196,82	0,0265	0,0387	0,0171	0,5123	2,6418	2,1244	1,1169	10,5076	0,8685	0,0455	0,5023	3,3028	0,0046	0,2036	1,7059	0,5269
Ev 15	163,92	0,0056	0,0181	0,1728	1,2921	6,5003	0,9660	0,8980	13,6492	0,6067	0,0232	0,1952	1,9211	0,0043	0,0627	0,3862	0,1591

Tablo 4.12. Ev, Ofis ve Okulların İç Ortam Kış Örneklemesi Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	As	V	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	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	0,0002	0,0024	n.d	0,0284	0,1135	1,3418	0,0796	1,8690	0,0110	0,0078	0,0197	n.d	0,0030	0,0475	0,0283	0,0262
Okul 2	16,12	0,0026	0,0052	n.d	0,0765	1,1082	0,6085	0,0756	1,1308	0,0506	0,0066	0,0203	0,2576	0,0035	0,0501	0,0880	0,1058
Okul 3	29,72	0,0004	0,0066	0,0274	0,5234	3,0587	0,3426	0,3268	4,3105	0,2539	0,0076	0,0445	0,3549	0,0033	0,0545	n.d	0,0576
Ofis 1	40,60	0,0004	0,0051	n.d	0,0118	0,2482	0,5444	0,2390	0,1425	0,0404	0,0068	0,0185	n.d	0,0043	0,0537	n.d	0,0421
Ofis 2	9,28	0,0002	0,0022	n.d	0,0547	0,2634	0,2571	0,0964	0,3220	0,0243	0,0097	0,0053	n.d	0,0031	0,0526	n.d	0,0219
Ofis 3	19,11	0,0003	0,0024	0,0285	0,0625	0,3607	0,3300	0,1207	0,2935	0,0095	0,0056	0,0102	n.d	0,0032	0,0563	n.d	0,0332
Ofis 4	30,00	0,0018	0,0020	n.d	0,0481	0,9566	0,6409	0,1547	0,7232	0,0160	0,0038	0,0275	0,0889	0,0034	0,0448	0,0153	0,0774
Ofis 5	41,66	0,0014	0,0050	0,0134	0,0495	0,8141	0,6217	0,1765	0,4711	0,0544	0,0080	0,0398	0,0816	0,0035	0,0575	0,0512	0,0739
Ofis 6	40,95	0,0010	0,0055	n.d	0,0718	0,4705	0,7090	0,1385	0,4107	0,0236	0,0101	0,0337	0,0582	0,0031	0,0472	0,0450	0,0869
Ofis 7	34,31	0,0003	0,0048	n.d	0,0619	0,7265	0,6499	0,1846	0,5972	0,1128	0,0069	0,0199	0,0769	0,0036	0,0504	n.d	0,0316
Ofis 8	16,15	0,0003	0,0020	n.d	0,0342	0,0797	0,1640	0,0877	0,1217	0,0135	0,0032	0,0130	n.d	0,0031	0,0433	n.d	0,0211
Ofis 9	37,68	0,0028	0,0037	n.d	0,0651	0,4122	0,5502	0,3315	0,4023	0,0676	0,0055	0,0404	n.d	0,0037	0,0615	0,0987	0,1057
Ofis 10	20,33	0,0003	0,0022	n.d	0,0458	0,1502	0,2146	0,0502	0,2406	0,0127	0,0084	0,0183	n.d	0,0035	0,0475	n.d	0,0275
Ev 1	23,15	0,0051	0,0042	0,0196	0,1311	0,7300	1,0585	0,2008	0,4491	0,0485	0,0085	0,0978	0,3060	0,0033	0,0629	0,3625	0,1523
Ev 2	29,98	0,0022	0,0076	0,0151	0,0806	0,4016	0,8278	0,2446	0,3981	0,0740	0,0079	0,0427	0,1709	0,0652	0,0705	0,1993	0,1130
Ev 3	36,62	0,0004	0,0025	n.d	0,0205	0,2564	0,2761	0,1755	0,1411	0,0135	0,0044	0,0395	n.d	0,0034	0,0432	n.d	0,0512
Ev 4	41,08	0,0003	0,0026	n.d	0,0095	0,5264	0,3179	0,1800	0,2526	0,0369	0,0060	0,0255	0,0922	0,0033	0,0585	n.d	0,0452
Ev 5	17,55	0,0024	0,0087	n.d	0,0496	0,9309	0,8245	0,1282	0,3184	0,0526	0,0063	0,0548	0,0784	0,0036	0,0511	0,0349	0,0543
Ev 6	34,56	0,0010	0,0049	n.d	0,0282	0,2981	0,4292	0,2454	0,1350	0,0124	0,0080	0,0170	n.d	0,0033	0,0535	0,0514	0,1045
Ev 7	13,29	0,0007	0,0025	n.d	0,0224	0,2223	0,4331	0,1366	0,1892	0,0273	0,0080	0,0150	n.d	0,0033	0,0464	n.d	0,0712
Ev 8	40,93	0,0008	0,0027	n.d	0,0421	0,5174	0,6112	0,2567	0,5131	0,0577	0,0093	0,0150	n.d	0,0045	0,1035	0,1284	0,1229
Ev 9	21,11	0,0003	0,0024	n.d	0,0787	0,1042	0,1350	0,0358	0,0753	0,0391	0,0064	0,0131	n.d	0,0036	0,0601	n.d	0,0552
Ev 10	24,10	0,0006	0,0050	0,0284	0,1608	0,8437	0,7481	0,2140	0,7405	0,0886	0,0098	0,0106	0,0766	0,0049	0,0758	0,0218	0,1083
Ev 11	23,08	0,0004	0,0020	n.d	0,0224	0,0774	0,1126	0,1957	0,1037	0,0060	0,0071	0,0043	n.d	0,0029	0,0504	n.d	0,0410
Ev 12	6,15	0,0006	0,0028	n.d	0,0571	0,1568	0,2827	0,0604	0,1040	0,0136	0,0082	0,0055	n.d	0,0033	0,0467	0,0445	0,0372
Ev 13	23,57	0,0004	0,0018	n.d	0,0434	0,0922	0,1115	0,1361	0,0669	0,0067	0,0070	0,0053	n.d	0,0027	0,0397	0,0321	0,0343
Ev 14	15,52	0,0061	0,0150	n.d	0,0339	0,2961	0,6800	0,0971	0,3348	0,0678	0,0105	0,0492	0,0757	0,0036	0,0551	0,3154	0,2164
Ev 15	14,86	0,0012	0,0041	0,0147	0,1229	0,5600	0,4919	0,0955	0,8194	0,0444	0,0072	0,0288	0,0656	0,0033	0,0576	0,0509	0,0701

Tablo 4.13. Ev, Ofis ve Okulların Dış Ortam Kış Örneklemesi Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	As	V	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	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	28,17	0,0019	0,0061	n.d	0,0685	0,1043	0,7147	0,2273	0,1053	0,0421	0,0099	0,0226	0,0642	0,0039	0,0409	0,0707	0,1060
Okul 2	48,88	0,0263	0,0273	n.d	0,0475	4,0722	2,7359	0,4061	1,0258	0,1291	0,0142	0,2028	1,4767	0,0042	0,0482	1,1961	0,1235
Okul 3	30,45	0,0076	0,0222	n.d	0,2569	0,6271	0,1442	0,2220	0,9944	0,0980	0,0139	0,1362	0,6873	0,0036	0,0480	0,0457	0,0686
Ofis 1	11,03	0,0007	0,0036	n.d	0,0508	0,1127	0,3085	0,0739	0,0577	0,0160	0,0041	0,0129	n.d	0,0034	0,0377	0,0402	0,0603
Ofis 2	15,77	0,0007	0,0032	n.d	0,0237	0,0719	0,4364	0,0748	0,0786	0,0196	0,0056	0,0034	n.d	0,0033	0,0409	0,0431	0,0647
Ofis 3	11,96	0,0010	0,0028	n.d	0,0199	0,0630	0,1147	0,1024	0,1723	0,0145	0,0038	0,0027	n.d	0,0031	0,0403	0,0220	0,0329
Ofis 4	25,62	0,0044	0,0076	0,1122	0,1133	0,8965	0,4647	0,1066	1,1828	0,1153	0,0087	0,0374	0,2846	0,0030	0,0360	0,0649	0,0974
Ofis 5	32,14	0,0037	0,0110	n.d	0,1307	1,1104	0,8642	0,1978	0,9589	0,1177	0,0090	0,0651	0,4214	0,0032	0,0320	0,0389	0,0583
Ofis 6	20,83	0,0074	0,0283	n.d	0,3404	1,0344	0,4679	0,1605	2,8337	0,2390	0,0202	0,0213	0,4247	0,0029	0,0339	0,0177	0,0266
Ofis 7	17,71	0,0016	0,0120	n.d	0,2686	1,2556	0,6869	0,1041	1,4424	0,1792	0,0080	0,3667	0,2863	0,0033	0,0402	0,0214	0,0321
Ofis 8	19,54	0,0015	0,0045	n.d	0,0634	0,1000	0,4940	0,2109	0,2042	0,0500	0,0078	0,0058	n.d	0,0033	0,0391	0,0416	0,0624
Ofis 9	13,42	0,0025	0,0053	n.d	0,1193	0,3010	0,5498	0,2091	0,4809	0,0752	0,0060	0,0253	n.d	0,0032	0,0436	0,0751	0,1126
Ofis 10	18,77	0,0013	0,0032	n.d	0,0763	0,1412	0,4610	0,1969	0,2443	0,0416	0,0090	0,0079	n.d	0,0035	0,0420	0,0406	0,0608
Ev 1	17,83	0,0049	0,0044	n.d	0,0472	0,0646	0,3908	0,0833	0,1039	0,0254	0,0065	0,0366	0,1819	0,0028	0,0344	0,1792	0,2687
Ev 2	20,72	0,0017	0,0036	n.d	0,0572	0,5808	0,1432	0,0329	0,0875	0,0417	0,0033	0,0168	n.d	0,0030	0,0330	0,0177	0,0266
Ev 3	19,88	0,0018	0,0060	n.d	0,0459	0,4159	0,4584	0,1012	0,4269	0,0227	0,0050	0,0146	n.d	0,0032	0,1631	n.d	n.d
Ev 4	22,06	0,0017	0,0056	n.d	0,1081	1,1879	0,5205	0,1564	0,9459	0,0781	0,0050	0,0346	0,1117	0,0030	0,0370	n.d	n.d
Ev 5	57,01	0,0046	0,0050	n.d	0,0810	1,3230	1,7511	0,3204	0,6774	0,1292	0,0215	0,0967	0,6171	0,0037	0,0427	0,1369	0,0914
Ev 6	22,39	0,0161	0,0086	n.d	0,0813	0,5081	0,9729	0,1523	0,5710	0,0770	0,0095	0,0434	0,1974	0,0034	0,0383	0,2727	0,0868
Ev 7	37,74	0,0036	0,0108	n.d	0,2457	0,6200	1,2083	0,2914	1,0687	0,1106	0,0089	0,0083	0,0257	0,0038	0,0498	0,0404	0,0606
Ev 8	15,39	0,0026	0,0085	n.d	0,2009	0,5200	0,5382	0,0902	0,9090	0,0996	0,0077	0,0128	0,0121	0,0036	0,0490	0,0519	0,0778
Ev 9	25,12	0,0017	0,0054	n.d	0,1358	0,3311	0,7778	0,1628	0,7769	0,0692	0,0062	0,0131	0,0642	0,0035	0,0421	0,0212	0,0318
Ev 10	26,50	0,0014	0,0077	n.d	0,4222	1,2086	0,6498	0,2083	2,2405	0,1785	0,0096	0,0080	0,1986	0,0041	0,0480	0,0258	0,0386
Ev 11	11,81	0,0008	0,0046	n.d	0,0353	0,1841	0,3084	0,0969	0,3746	0,0088	0,0069	0,0032	n.d	0,0029	0,0320	0,0165	0,0247
Ev 12	4,11	0,0042	0,0092	n.d	0,1575	0,4814	0,8690	0,1636	0,7348	0,1585	0,0082	0,0490	0,3643	0,0031	0,0385	0,1918	0,0821
Ev 13	5,17	0,0038	0,0095	n.d	0,0574	0,0479	0,1390	0,0726	0,0891	0,0080	0,0049	0,0055	n.d	0,0031	0,0374	0,0603	0,0905
Ev 14	20,60	0,0068	0,0288	0,0171	0,3145	0,7247	1,6035	0,1402	1,0982	0,1607	0,0136	0,0394	0,3134	0,0035	0,0416	0,2583	0,1334
Ev 15	20,08	0,0014	0,0116	n.d	0,3288	0,8216	0,5897	0,1297	2,2262	0,1465	0,0120	0,0295	0,3860	0,0031	0,0406	0,0412	0,0617

Tablo 4.14. Ev, Ofis ve Okulların Kişisel Kış Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mikroçevre	PM 2.5 Kütlesi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	As	V	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	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	284,21	0,0022	0,0200	n.d	0,7219	2,4099	0,4655	1,1796	0,1585	0,0174	0,0504	0,4845	0,0060	0,1994	0,0732	0,1055
Okul 2	87,68	0,0239	0,0301	0,4686	4,7439	4,5589	1,1221	3,0986	0,1521	0,0466	0,1376	1,1689	0,0204	0,5960	1,1294	0,2706
Okul 3	67,79	0,0103	0,0151	0,5718	1,1181	0,4639	0,7445	3,6128	0,1393	0,0357	0,0795	0,3936	0,0117	0,3376	0,2786	0,0850
Ofis 1	182,27	0,0042	0,0112	n.d	0,3628	1,1876	0,2113	0,2312	0,0352	0,0062	0,0462	n.d	0,0022	0,0470	0,0290	0,0284
Ofis 2	34,33	0,0098	0,0125	n.d	0,1109	0,2832	0,0327	0,1740	0,0339	0,0044	0,0251	n.d	0,0014	0,0486	0,0139	0,0392
Ofis 3	102,27	0,0014	0,0048	n.d	0,2469	0,4615	0,1013	0,1058	0,0223	0,0051	0,0348	n.d	0,0017	0,0422	0,0294	0,0479
Ofis 4	126,78	0,0010	0,0055	n.d	0,1087	0,5296	0,0989	0,2997	0,0178	0,0045	0,0689	n.d	0,0022	0,1886	0,1416	0,1203
Ofis 5	211,95	0,0053	0,0217	0,4242	2,0677	2,3618	0,8994	2,9342	0,2586	0,0369	0,1004	1,0486	0,0117	0,3634	0,1401	0,0731
Ofis 6	42,34	0,0039	0,0087	0,2250	1,8352	1,3888	0,4112	0,7403	0,1264	0,0209	0,0928	0,8043	0,0076	0,6244	0,4147	0,1142
Ofis 7	94,03	0,0121	0,0091	0,2479	1,4218	1,8815	0,3443	1,0537	0,1751	0,0195	0,0452	0,5512	0,0072	0,1910	0,0693	0,0349
Ofis 8	42,59	0,0013	0,0098	0,0520	0,1318	0,4090	0,2115	0,0080	0,0110	0,0191	0,0040	n.d	0,0034	0,0422	0,0365	0,0577
Ofis 9	135,85	0,0095	0,0156	n.d	0,4309	1,9443	0,1121	0,2744	0,0542	0,0082	0,0750	0,0189	0,0027	0,1310	0,2322	0,1088
Ofis 10	117,98	0,0054	0,0098	0,0934	0,2852	1,0018	0,1393	0,2213	0,0692	0,0068	0,0445	0,2373	0,0030	0,1688	0,1063	0,0704
Ev 1	58,61	0,0147	0,0063	0,1867	0,8854	1,4809	0,2667	0,8722	0,0797	0,0128	0,1325	0,8632	0,0053	0,3636	0,4156	0,1802
Ev 2	211,55	0,0074	0,0200	n.d	0,4708	0,8549	0,3116	0,7072	0,0741	0,0135	0,0379	0,0464	0,0048	0,1364	0,2143	0,0996
Ev 3	182,22	0,0011	0,0071	n.d	0,5190	1,1061	0,2218	0,2227	0,0119	0,0071	0,0761	n.d	0,0034	0,0604	0,0099	0,0385
Ev 4	118,48	0,0064	0,0101	0,1318	0,9022	1,2683	0,2601	0,4113	0,0521	0,0133	0,0859	0,3475	0,0044	0,1619	0,1891	0,1009
Ev 5	68,88	0,0042	0,0374	n.d	0,9185	2,2172	0,1877	0,1803	0,0834	0,0100	0,0950	0,4599	0,0045	0,1890	0,1227	0,0229
Ev 6	81,96	0,0045	0,0074	n.d	0,2437	0,6070	0,0998	0,1000	0,0511	0,0049	0,0511	0,2282	0,0020	0,1639	0,1515	0,0642
Ev 7	53,92	0,0024	0,0045	n.d	0,1078	0,5954	0,0990	0,2696	0,0468	0,0046	0,0207	n.d	0,0018	0,0670	0,0893	0,0684
Ev 8	121,88	0,0099	0,0267	0,1864	0,8233	1,8688	0,3881	0,7513	0,1359	0,0142	0,0544	0,3376	0,0045	0,1916	0,2401	0,1481
Ev 9	47,24	0,0011	0,0053	n.d	0,3654	1,2402	0,1121	0,4069	0,0566	0,0083	0,0198	n.d	0,0030	0,0430	0,0231	0,0185
Ev 10	148,49	0,0057	0,0346	0,3511	1,2719	2,1481	0,6085	1,0368	0,1282	0,0191	0,0595	0,6257	0,0073	0,1824	0,1191	0,1018
Ev 11	45,60	0,0022	0,0039	n.d	0,0267	0,2481	0,0322	0,0716	0,0121	0,0022	0,0057	n.d	0,0009	0,0442	0,0363	0,0283
Ev 12	29,41	0,0017	0,0059	n.d	0,3325	1,3107	0,1090	0,2170	0,0614	0,0064	0,0268	0,1505	0,0019	0,1108	0,0383	0,0477
Ev 13	101,60	0,0096	0,0075	n.d	0,0637	0,2791	0,0776	0,1703	0,0295	0,0039	0,0310	n.d	0,0019	0,0668	0,0064	0,0164
Ev 14	136,61	0,0346	0,0473	0,3053	1,6542	3,0224	0,6113	1,6087	0,1508	0,0275	0,1310	0,9739	0,0095	0,2024	0,7503	0,2871
Ev 15	52,85	0,0017	n.d	n.d	0,4808	2,1266	0,1769	0,4184	0,0959	0,0147	0,0669	0,2127	0,0038	0,0840	0,2678	0,1625

4.2 İnorganik Kirleticilerin Pasif Örneklemeye Ölçüm Sonuçları

4.2.1 İnorganik Gaz Kirleticilerin Pasif Örneklemeye Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Çalışma kapsamında yaz mevsiminde örneklenen okul, ofis ve evlerin iç ortam, dış ortam ve kişilerde günlük olarak yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ pasif örneklemesine ait ölçüm sonuçları günlük ortalama konsantrasyonlar (µg/m³) şeklinde sırasıyla Tablo 4.15, Tablo 4.16 ve Tablo 4.17’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 4.15 Okullarda Yaz Mevsimi Pasif Örneklemeye 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	7,50
	Sınıf	36,68	11,61	6,79
	İdareci Odası	50,80	4,95	4,29
	Dış Ortam	58,36	45,61	38,65
Okul 2	Kişi	33,80	6,65	12,19
	Sınıf	26,49	6,55	17,85
	İdareci Odası	22,71	2,57	7,22
	Dış Ortam	16,04	62,30	57,72
Okul 3	Kişi	14,01	1,07	17,28
	Sınıf	3,50	1,34	11,45
	İdareci Odası	6,35	0,71	9,48
	Dış Ortam	2,50	2,17	71,84

Tablo 4.16. Ofislerde Yaz Mevsimi Pasif Örnekleme 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	30,00	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	22,20
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	43,60	5,53	54,09
Ofis 9	Kişi	20,85	3,28	6,37
	İç Ortam	12,50	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	3,30	2,07
	Dış Ortam	41,64	5,11	52,51

Tablo 4.17. Evlerde Yaz Mevsimi Pasif Örnekleme 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 Kadını)	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 Kadını)	44,84	1,18	6,69
	Mutfak	56,21	0,86	2,82
	Oturma Odası	25,12	2,38	3,89
	Yatak Odası	24,20	0,68	7,92
	Dış Ortam	28,59	4,22	47,24
Ev 3	Kişi (Ev Kadını)	40,48	1,70	5,11
	Mutfak	75,88	1,18	2,03
	Oturma Odası	34,93	2,17	3,19
	Yatak Odası	21,13	1,10	2,27
	Dış Ortam	25,85	5,11	47,88
Ev 4	Kişi (Ev Kadını)	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 Kadını)	31,60	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 Kadını)	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)	31,10	7,47	7,69
	Kişi (Ev Kadını)	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 Kadını)	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 4.17 (Devamı)

Mikroçevre	Ortam	NO2 (µg/m3)	SO2 (µg/m3)	O3 (µg/m3)
Ev 9	Kişi (Ev Kadını)	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 Kadını)	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	1,10	12,42
	Dış Ortam	25,93	2,38	36,53
Ev 11	Kişi (Ev Kadını)	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 Kadını)	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	18,20	3,64	45,94
Ev 13	Kişi (Ev Kadını)	48,28	2,20	5,88
	Mutfak	57,25	1,10	4,08
	Oturma Odası	44,52	2,15	4,75
	Yatak Odası	39,20	1,41	3,78
	Dış Ortam	16,71	3,20	35,23
Ev 14	Kişi (Ev Kadını)	23,03	2,49	13,26
	Mutfak	32,20	1,81	7,41
	Oturma Odası	24,50	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 Kadını)	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

4.2.2. İnorganik Gaz Kirleticilerin Pasif Örnekleme Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Çalışma kapsamında kış mevsiminde örneklenen okul, ofis ve evlerin iç ortam, dış ortam ve kişilerde günlük olarak yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ pasif örneklemesine ait ölçüm sonuçları günlük ortalama konsantrasyonlar (µg/m³) şeklinde sırasıyla Tablo 4.18, Tablo 4.19 ve Tablo 4.20’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 4.18. Okullarda Kış Mevsimi Pasif Örnekleme 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	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 4.19. Ofislerde Kış Mevsimi Pasif Örnekleme 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 4.20. Evlerde Kış Mevsimi Pasif Örnekleme 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 Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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 4.20 (Devamı)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Ev 9	Kişi (Ev Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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 Kadını)	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
--	-------------	-------	-------	------

BÖLÜM 5. İNORGANİK KİRLİTİCİLERİN ÖLÇÜM SONUÇLARININ TARTIŞILMASI

5.1. İnorganik Gaz Kirleticilerin (NO₂, SO₂ ve O₃) Yaz Mevsimi Aktif Örnekleme Ölçüm Sonuçlarının Tartışılması

Tablo 5.1’de yaz mevsiminde örneklenen tüm ortamların iç ve dış ortamlarında NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları tüm data, gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları, gündüz/gece konsantrasyon oranları ve iç ortam/dış ortam konsantrasyon oranları şeklinde ayrı ayrı verilmektedir.

Tablo 5.1 incelendiğinde, NO₂ için İç Ortam/Dış Ortam oranlarının okullar ve ofislerde 1 dolayında iken evlerde 1,5’a yakın olması evlerin iç ortamlarında NO₂ kirletici kaynaklarının ofis ve okullara oranla daha baskın olduğu görülmektedir. Kocaeli, çok küçük yüzölçümüne sahip trafiğin çok yoğun olduğu bir endüstri şehridir. Bu nedenle örneklenen bölgelerin dış ortamlarında trafik kaynaklı NO₂’nin iç ortamlara nazaran daha yüksek olması beklenirken evlerin dış ortamlarında NO₂ için elde edilen düzeylerin genellikle iç ortamlara nazaran düşük olması evlerin iç ortamlarında mevcut olan NO₂ kaynaklarının trafiğin meydana getirdiği kirliliği dahi baskıladığını ve hipotezimizi çürüttüğünü söyleyebiliriz. 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 ev, okul ve ofislerin iç ve dış ortamlarında NO₂ için gündüz konsantrasyonları gece konsantrasyonlarından yüksek ve Gündüz/Gece oranlarının 1,5’a yakın değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. NO₂ için Gündüz/Gece oranlarının 1’in üzerinde olması durumu iç ortamlarda pişirme faaliyetlerinin dış ortamlarda da trafik yoğunluğunun etkisiyle NO₂ konsantrasyonları gündüz periyodunda yüksek olurken gece hem iç ortam faaliyetlerinin hem de trafiğin etkisinin azalması ile açıklanabilir.

SO₂ ve O₃ için durumun NO₂’de olduğundan daha farklı olduğu görülmektedir. İkincil bir kirletici olan O₃, ortamda NOx’lerin varlığında hidrokarbon ve CO’in fotokimyasal reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır (Chameides and Walker, 1973; Crutzen, 1973). Bu nedenle fotokimyasal reaksiyon süresinin tamamlandığı yerlerde O₃ konsantrasyonlarının yüksek olması beklenen bir durumdur. Çalışma sonucunda elde edilen O₃ konsantrasyonları bu durumu destekler şekilde trafikten uzak alanlarda daha yüksek olduğu, trafiğin yoğun olduğu kentsel alanlarda ise düşük olduğu tesbit edilmiştir. Bu durumun bir diğer nedeni NO konsantrasyonlarının yüksek olduğu emisyon kaynaklarının yakınında, Azotoksit’in NO₂’ye

yükseltgenmesi sırasında O₃'nun tüketilmesidir. Fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında O₃ konsantrasyonları dış ortamlarla karşılaştırıldığında çok düşük seviyelerde seyretmektedir. Tablo 5.1'de ev ofis ve okullar için iç ortam O₃ konsantrasyonları incelendiğinde, ev ofis ve okulların iç ortamlarında O₃'un tüm veri setinin 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, ev, ofis ve okulların dış ortamlarında O₃'un 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. Ozon için elde edilen İç Ortam/Dış Ortam oranları, tüm data ortalama konsantrasyonları için 0,16-0,23, gündüz ortalama konsantrasyonları için 0,14-0,23 ve gece ortalama konsantrasyonları için 0,27-0,47 aralıklarında olması yukarıda sözü edilen fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında O₃ konsantrasyonlarının dış ortamlarla karşılaştırıldığında çok düşük seviyelerde seyretmesini desteklemektedir.

Tablo 5.1'de ev, ofis ve okullar için iç ortam SO₂ konsantrasyonları incelendiğinde, ev ofis ve okulların iç ortamlarında SO₂'in tüm veri setinin 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, ev ofis ve okulların dış ortamlarında SO₂'in tüm veri setinin 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 tesbit edilmiştir. Kükürtdioksit için elde edilen İç Ortam/Dış Ortam oranları, tüm data ortalama konsantrasyonları için 0,19-0,24, gündüz ortalama konsantrasyonları için 0,17-0,21 ve gece ortalama konsantrasyonları için 0,14-0,50 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 5.1. Ev, Ofis ve Okulların İç ve Dış Ortam Yaz Aktif Örnekleme NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³), İç Ortam/Dış Ortam ve Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

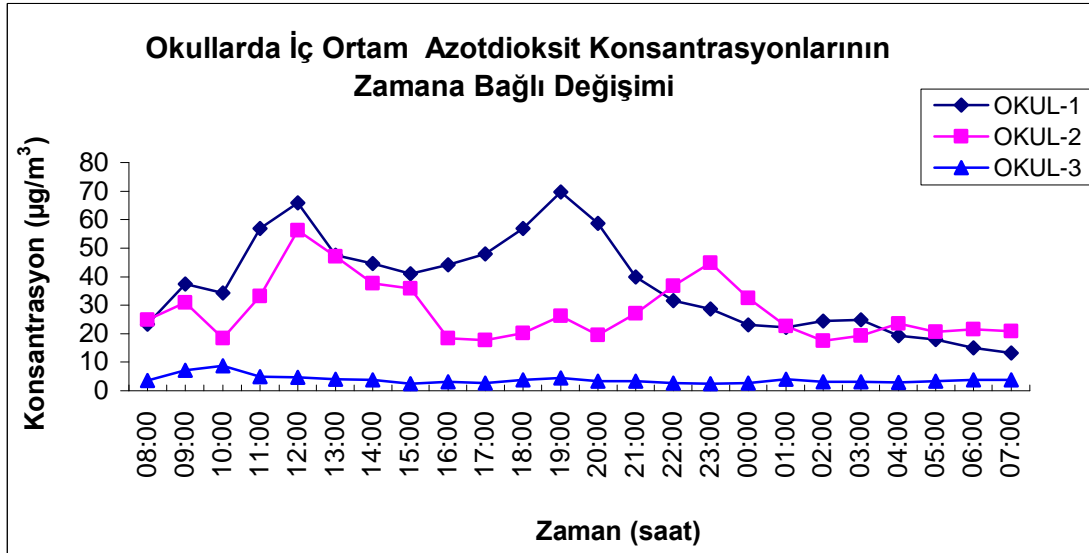
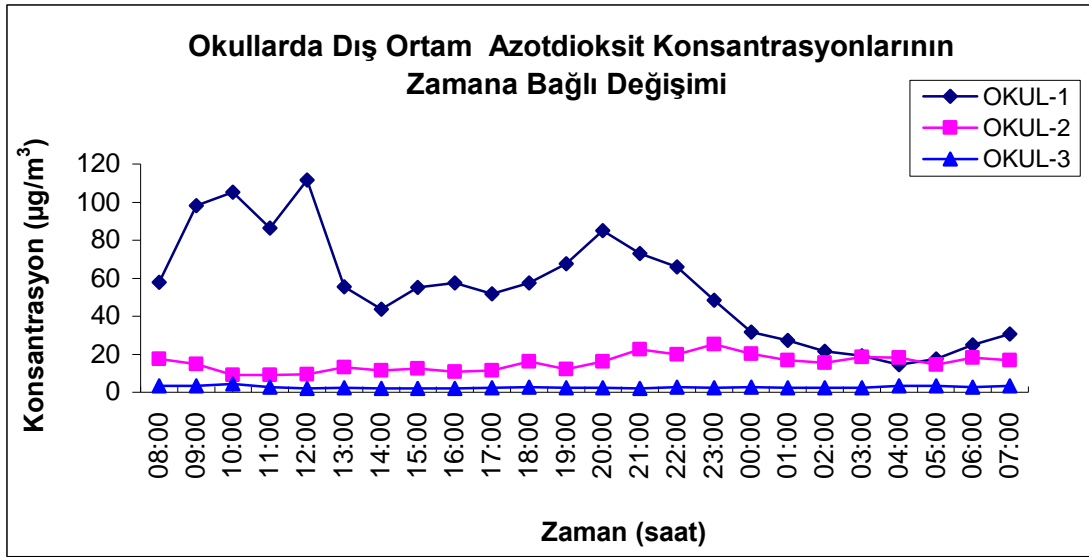
		OKULLAR				OFİSLER				EVLER			
		Tüm Data Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Data Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Data Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı
İçOrtam Örneklemesi	NO ₂	22,96	27,48	18,45	1,49	41,35	48,77	33,93	1,44	37,90	44,04	31,77	1,39
	SO ₂	6,90	11,29	2,51	4,50	4,62	6,31	2,92	2,16	3,40	4,33	2,48	1,74
	O ₃	14,05	23,09	5,00	4,62	6,68	9,25	4,11	2,25	6,46	10,26	2,66	3,86
Dış Ortam Örneklemesi	NO ₂	24,18	28,53	19,84	1,44	38,37	41,24	35,50	1,16	28,09	30,69	25,50	1,20
	SO ₂	35,73	53,02	18,43	2,88	24,55	37,77	11,32	3,34	14,39	23,80	4,98	4,77
	O ₃	60,44	102,25	18,62	5,49	40,49	66,88	14,10	4,74	37,70	66,81	8,60	7,77
İç Ortam / Dış Ortam Oranı	NO ₂	0,95	0,96	0,93	1,04	1,08	1,18	0,96	1,24	1,35	1,44	1,25	1,15
	SO ₂	0,19	0,21	0,14	1,56	0,19	0,17	0,26	0,65	0,24	0,18	0,50	0,36
	O ₃	0,23	0,23	0,27	0,84	0,16	0,14	0,29	0,47	0,17	0,15	0,31	0,50

5.1.1. İnorganik Gaz Kirletici Konsantrasyonlarının Yaz Mevsiminde Zamana Bağlı Değişimleri

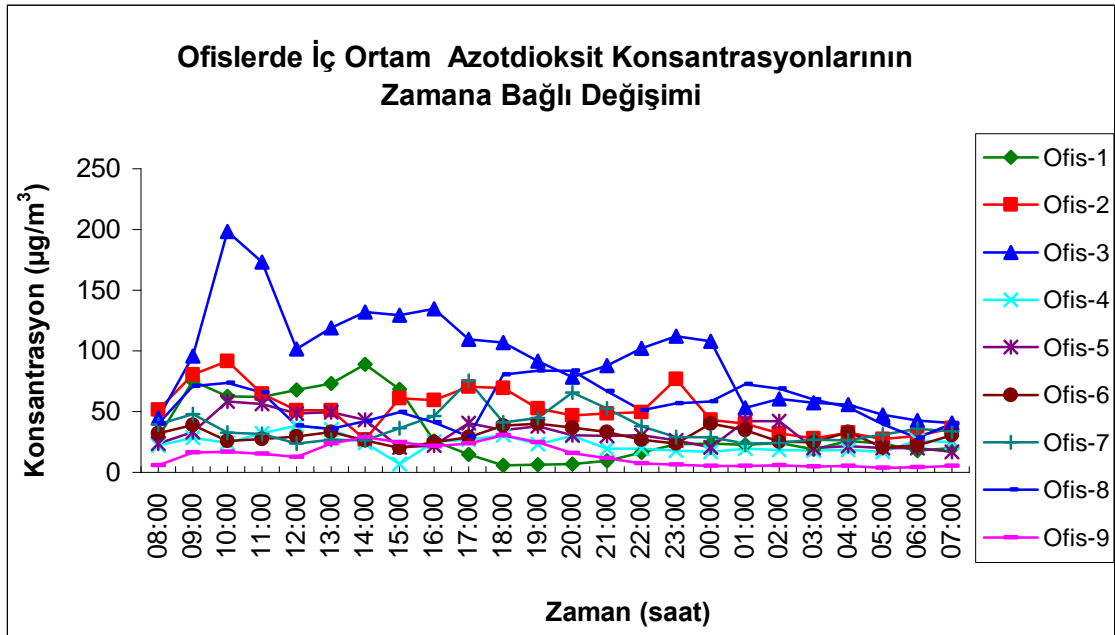
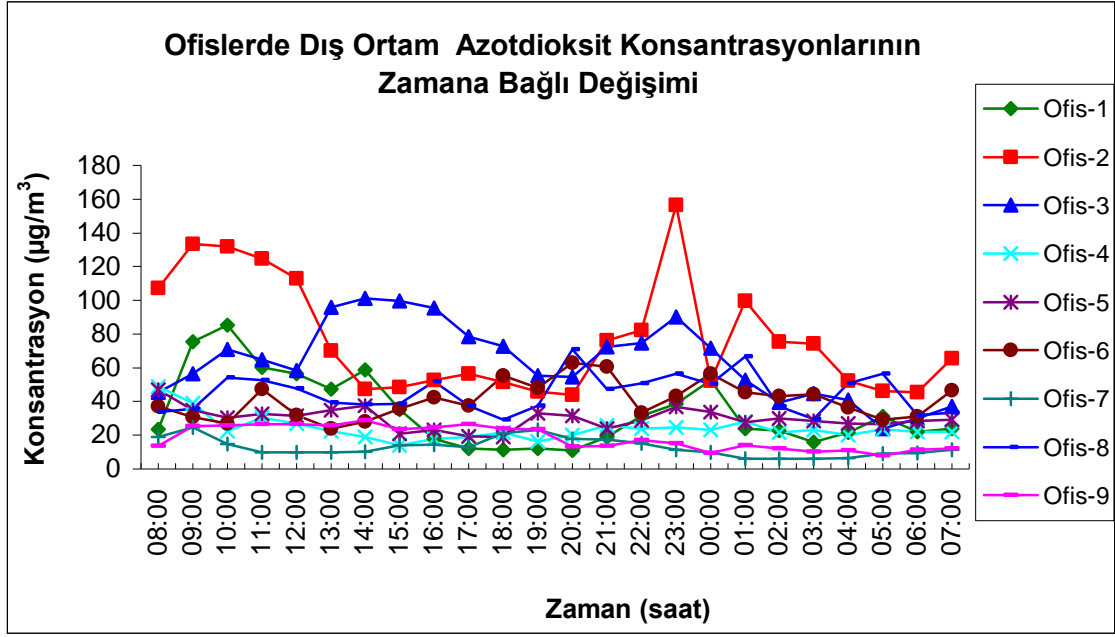
Yaz mevsiminde örnekleme yapılan ev, okul ve ofislerin iç ve dış ortamlarında yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ aktif örnekleme sonuçları Şekil 5.1 – 5.9’da saatlik dilimler halinde verilmektedir. Bu sayede örneklenen mikroçevrelerde incelenen kirleticilerin zamana bağlı değişimleri değerlendirilerek NO₂, SO₂ ve O₃’un ölçüm yapılan gün içerisinde ani artış ve azalmalar gösterdiği saat aralıkları daha rahat görülebilmektedir.

Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de yaz mevsiminde ev, okul ve ofislerin iç ve dış ortamlarında yapılan NO₂ aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki saatlik değişimi verilmektedir. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 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.

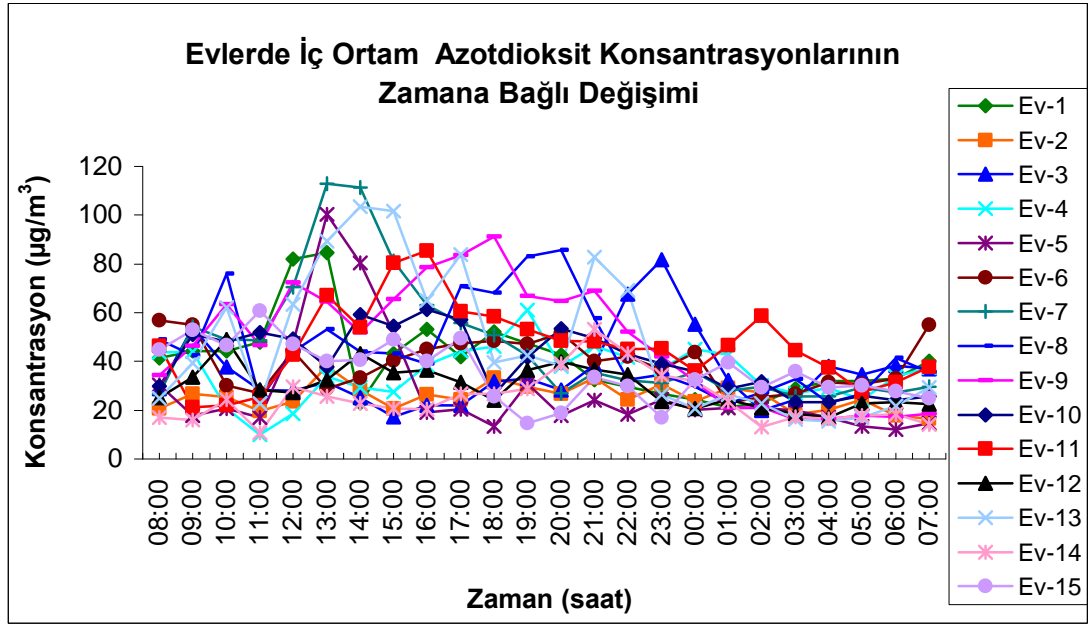
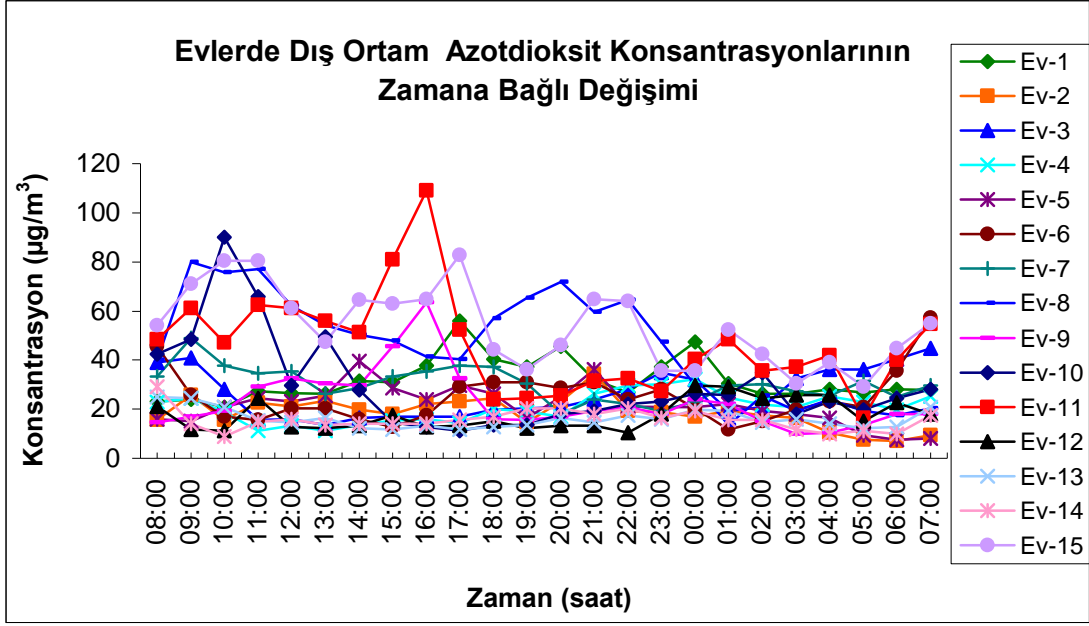
Okul ve ofislerin iç ortamlarında önemli bir NO₂ kaynağı bulunmadığından özellikle trafiğin neden olduğu kirliliğin dış ortamlardan iç ortamlara taşınımı şeklinde gerçekleşmektedir. Şekil 5.3 incelendiğinde NO₂’in evlerin iç ve dış ortamlarındaki saatlik değişimin okul ve ofislere nazaran farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Önceki bölümde evlerde NO₂ iç ortam konsantrasyonlarının dış ortamlara nazaran genellikle yüksek bulunduğu 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 5.1. Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



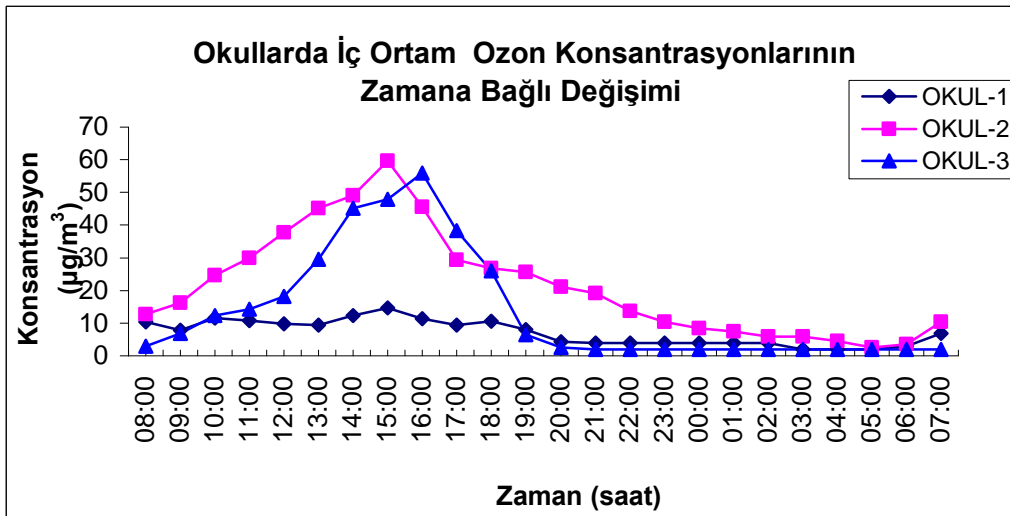
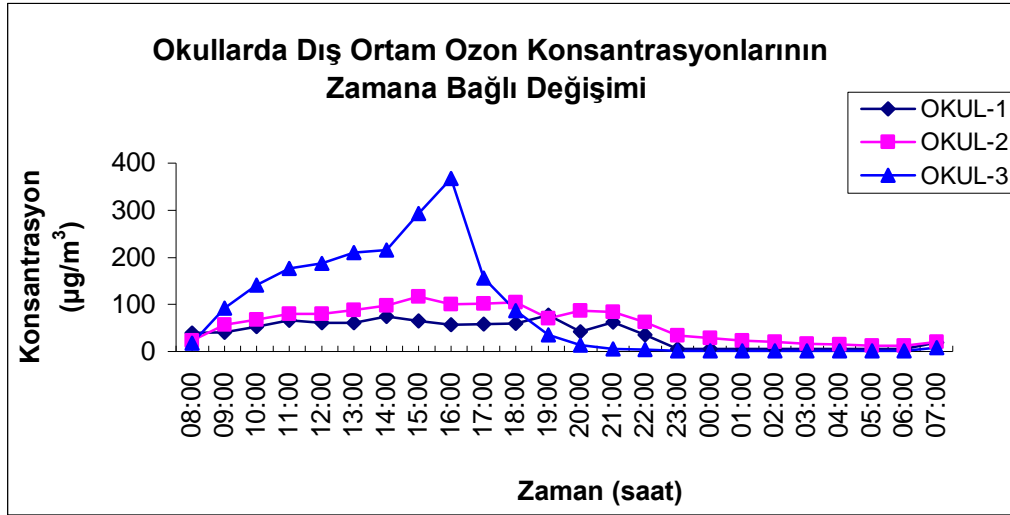
Şekil 5.2. Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



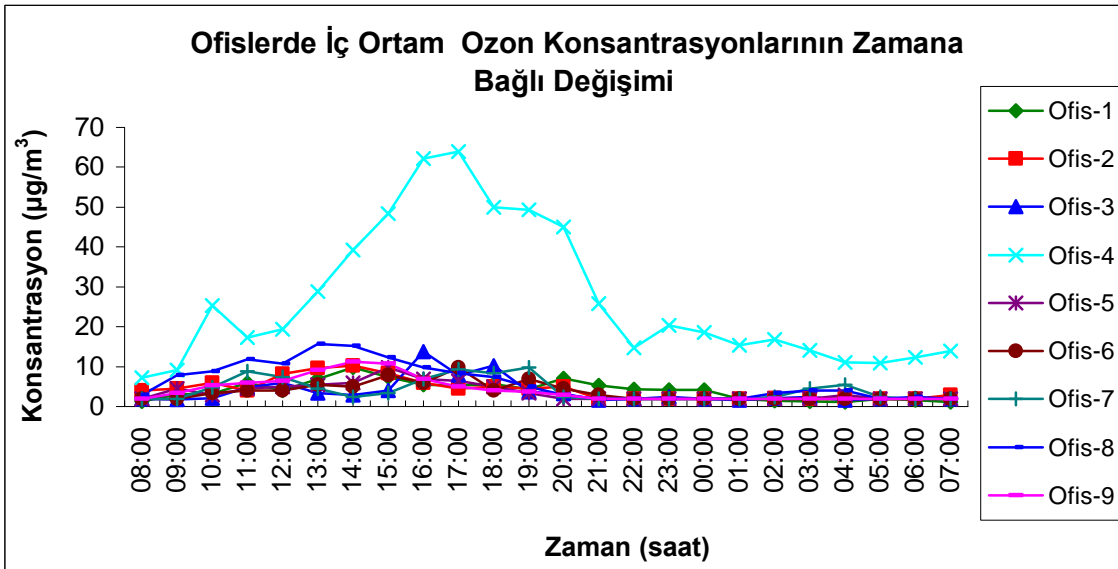
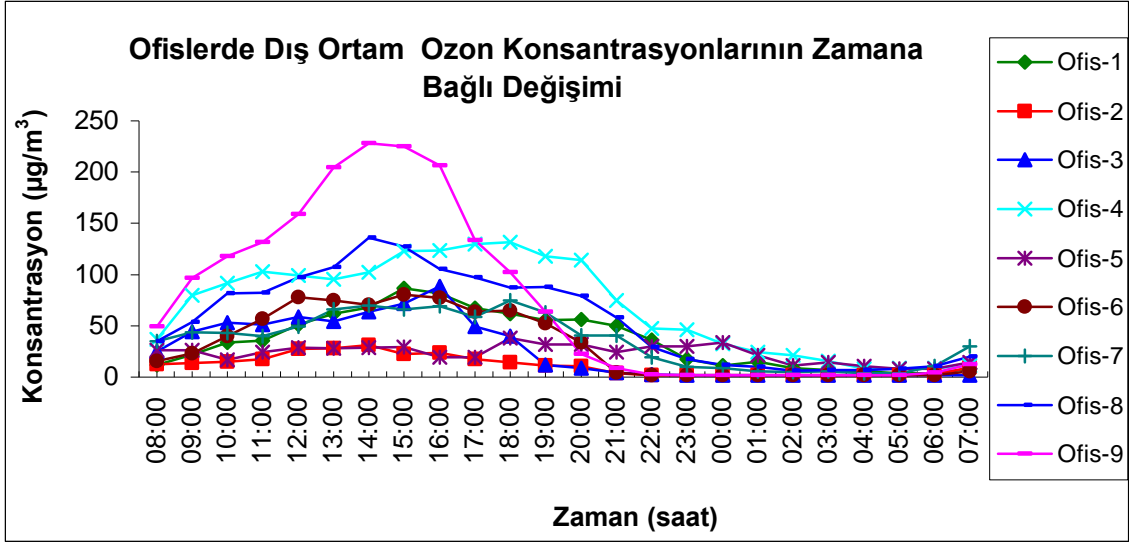
Şekil 5.3. Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6’da yaz mevsiminde ev, okul ve ofislerin iç ve dış ortamlarında yapılan O_3 aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki saatlik değişimi verilmektedir. Trafikten uzak olan bölgelerde yüksek O_3 konsantrasyonları gözlenirken trafiğin yoğun olduğu kentsel alanlarda ise O_3 konsantrasyonları düşük bulunmuştur. Bu duruma trafik ve

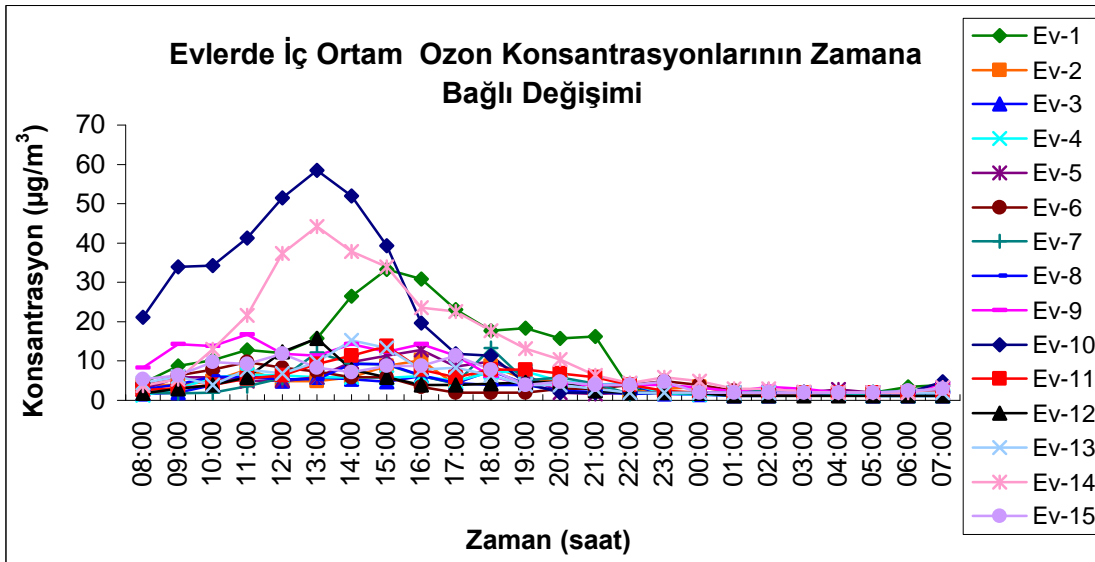
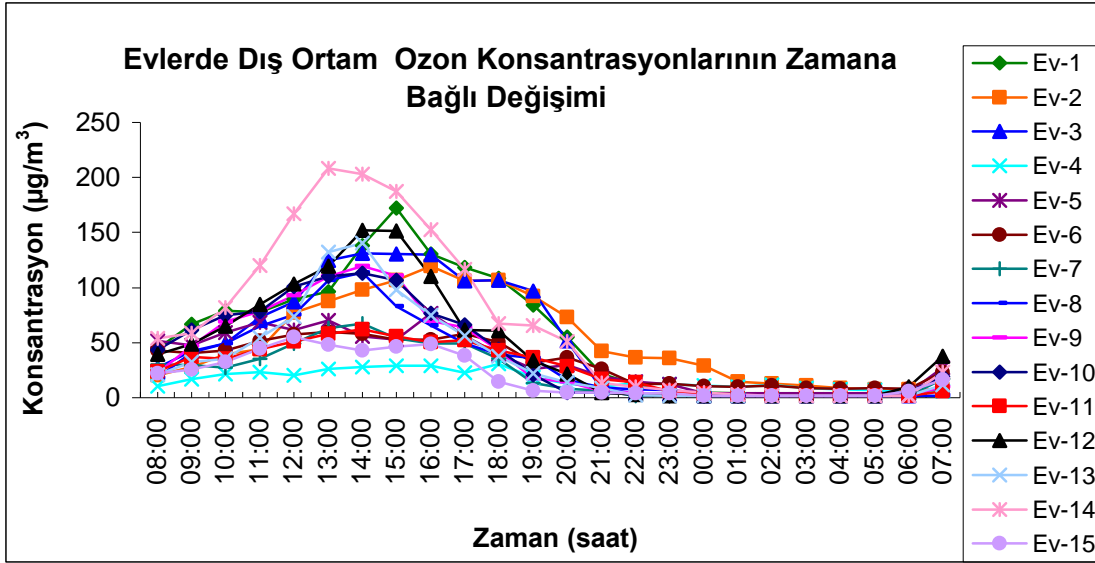
sanayiden uzak olan Okul 3 ile trafiğin yoğun olduğu kentsel bölgede bulunan Okul 1 örnekleme noktaları örnek olarak gösterilebilir. Yüksek dış ortam NO_2 konsantrasyonlarına (gündüz ortalama konsantrasyonu: $47,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sahip Okul 1 noktasında NO 'in NO_2 'e yükseltgenmesi sırasında O_3 'ün tüketilmesi nedeniyle düşük O_3 konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: $10,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$) elde edilirken, düşük NO_2 konsantrasyonlarına (gündüz ortalama konsantrasyonu: $4,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sahip Okul 3 örnekleme noktasında fotokimyasal reaksiyon süresinin tamamlanması nedeniyle yüksek O_3 konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: $25,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gözlenmiştir. Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da, fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle iç ortamlarda O_3 konsantrasyonları dış ortamlarla karşılaştırıldığında çok düşük seviyelerde seyrettiği görülmektedir.



Şekil 5.4. Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



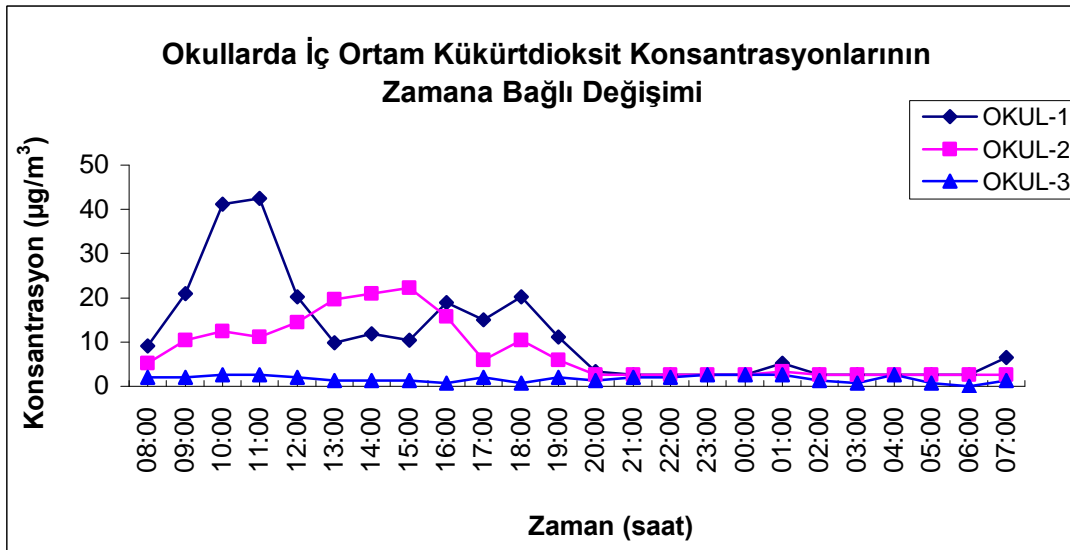
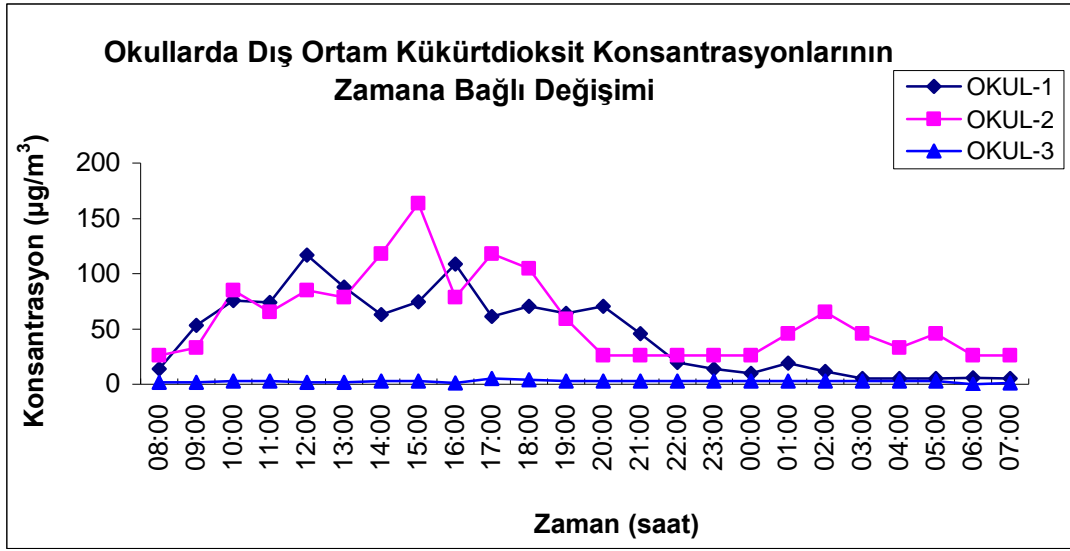
Şekil 5.5. Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



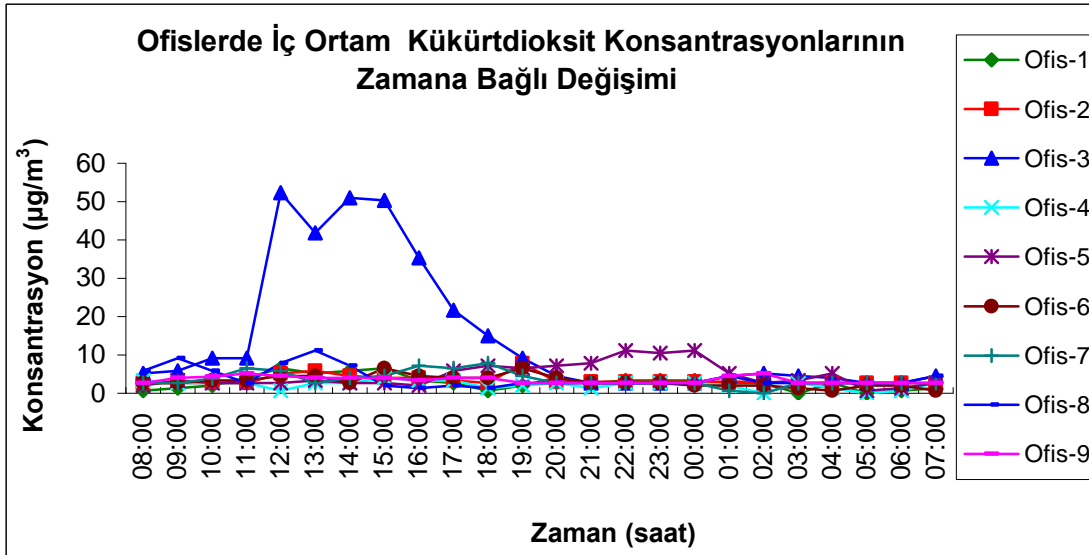
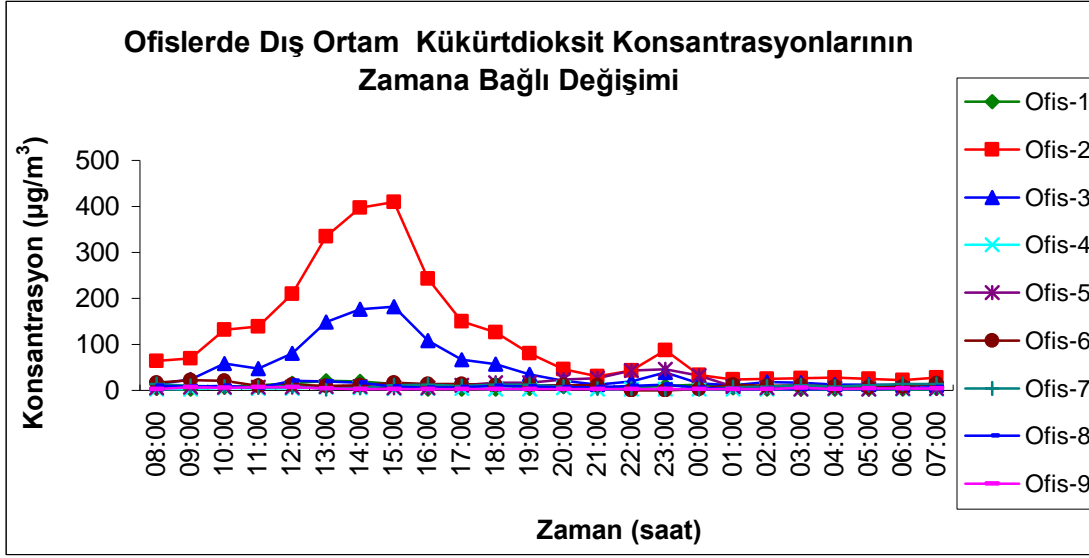
Şekil 5.6. Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

Şekil 5.7, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’da yaz 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 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

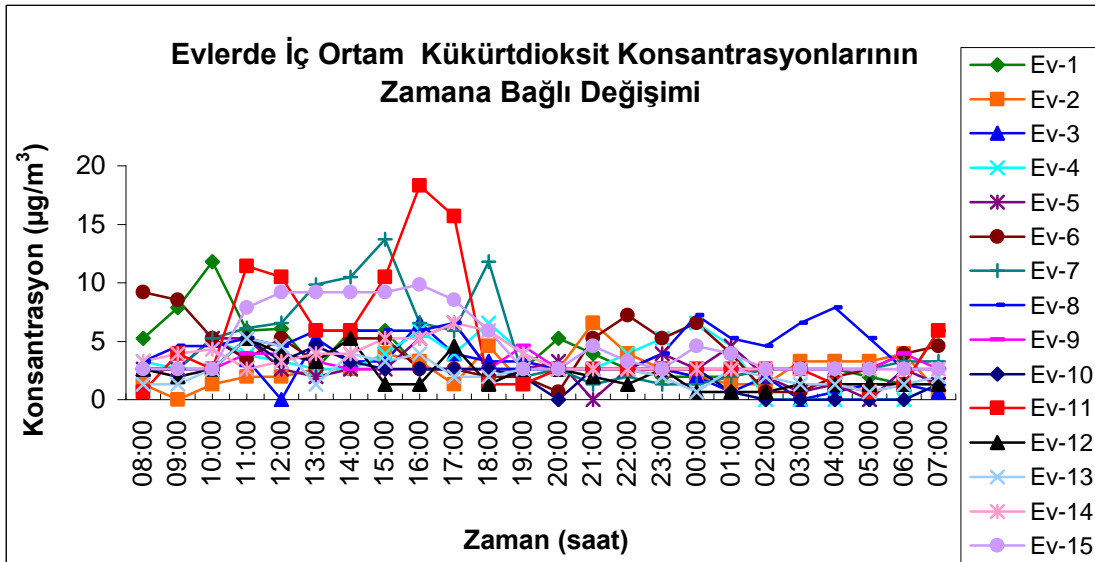
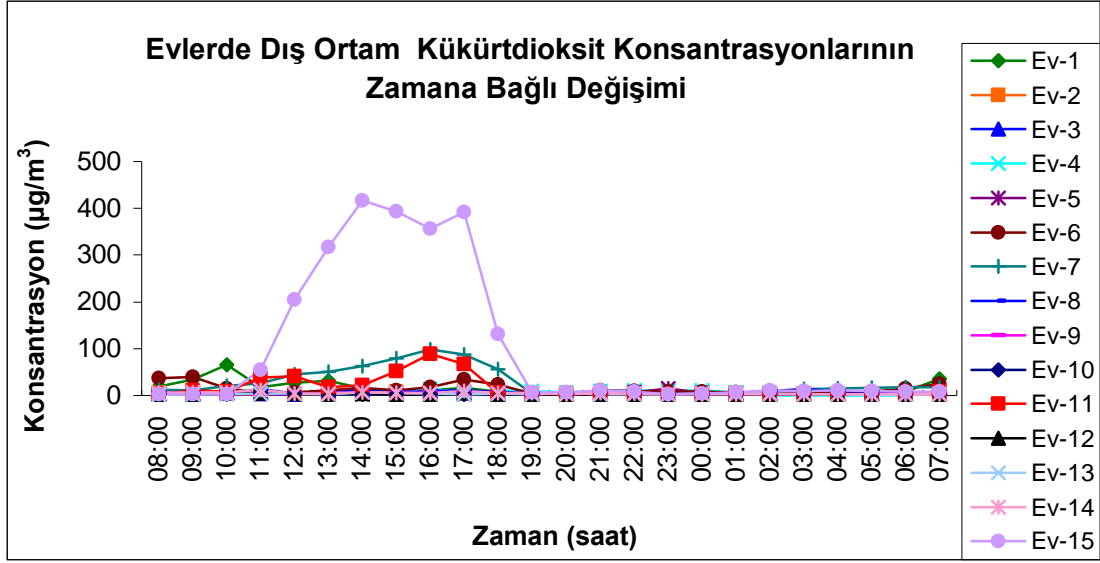
(gündüz ortalama konsantrasyonu: $1,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gözlenirken diesel yakıt kullanan ve trafiğin en yoğun olduğu şehir içi otobüs ve minibüs hattı güzergahında bulunan Ofis 3 örnekleme noktasında yüksek SO_2 konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: $25,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gözlenmiştir. Yaz mevsimi olması nedeniyle konutlarda ısıtma amaçlı olarak S içeren fosil yakıtların kullanılmaması nedeniyle gözlenen SO_2 kirliliğinde trafiğin etkisine işaret etmektedir. Şekil 5.7, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9 da görülen düşük iç ortam SO_2 kirlilik düzeyleri, SO_2 'nin bir dış ortam kaynaklı kirletici olması ve iç ortamlarda önemli bir kaynağının bulunmaması kirleticinin taşınım yoluyla dış ortamlardan iç ortamlara ulaştığını düşündürmektedir.



Şekil 5.7. Okullarda Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



Şekil 5.8. Ofislerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



Şekil 5.9. Evlerde Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

5.2. İnorganik Gaz Kirleticilerin (NO₂, SO₂ ve O₃) Kış Mevsimi Aktif Örnekleme Ölçüm Sonuçlarının Tartışılması

Tablo 5.2’de kış mevsiminde örneklenen tüm ortamların iç ve dış ortamlarında NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları tüm data, gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları, gündüz/gece konsantrasyon oranları ve iç ortam/dış ortam konsantrasyon oranları şeklinde ayrı ayrı verilmektedir.

Tablo 5.2 incelendiğinde, NO₂ için İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1’den düşük olduğu ve tüm data ortalama konsantrasyonları göz önüne alındığında NO₂ için İç Ortam/Dış Ortam oranlarının okullarda 0,69, ofislerde 0,95 ve evlerde 0,97 olduğunu görmekteyiz. Yaz örneklemesinde 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 5.2’de ev ofis ve okullar için iç ortam NO₂ konsantrasyonları incelendiğinde, ev ofis ve okulların iç ortamlarında NO₂’in tüm veri setinin ortalama konsantrasyonlarının 49,62-59,55 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 55,02-71,96 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 44,23-48,34 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. Dış ortam NO₂ konsantrasyonları incelendiğinde ise, ev, ofis ve okulların dış ortamlarında NO₂’un tüm veri setinin ortalama konsantrasyonlarının 52,48-85,98 µg/m³, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 63,04-89,84 µg/m³ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 41,25-82,13 µg/m³ aralıklarında olduğu görülmektedir. NO₂ 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.

Kış örnekleme sonucunda elde edilen O₃ konsantrasyonları yaz örneklemesinde olduğu gibi trafikten uzak alanlarda yüksek, trafiğin yoğun olduğu kentsel alanlarda ise düşük olduğu tesbit edilmiştir. Bu durumun NO konsantrasyonlarının yüksek olduğu trafiğin yoğun olduğu bölgelerde, NO’ın NO₂’ye yükseltgenmesi sırasında O₃’ün tüketilmesi şeklinde gerçekleştiğini daha önce yaz mevsimi sonuçlarının değerlendirmesinde bahsedilmişti. Fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında O₃ konsantrasyonları dış ortamlarla karşılaştırıldığında çok düşük düzeylerde seyrettiği Tablo 5.2’de görülmektedir. Tablo 5.2’de ev ofis ve okullar için iç ortam O₃ konsantrasyonları incelendiğinde, ev ofis ve okulların iç ortamlarında O₃’ün tüm veri setinin ortalama konsantrasyonlarının 2,38-2,71

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 2,32-3,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 2,13-2,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralıklarında olduğu görülmektedir. Dış ortam O_3 konsantrasyonları incelendiğinde ise, ev ofis ve okulların dış ortamlarında O_3 'un tüm veri setinin ortalama konsantrasyonlarının 6,57-7,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 6,99-7,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 6,14-7,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralıklarında olduğu görülmektedir. Sıcaklıkların yüksek seyrettiği yaz mevsiminde kış mevsimine oranla hem iç hem dış ortamlarda daha yüksek O_3 seviyeleri elde edilmiştir. Ozon için elde edilen İç Ortam/Dış Ortam oranları, tüm data ortalama konsantrasyonları için 0,34-0,40, gündüz ortalama konsantrasyonları için 0,31-0,44 ve gece ortalama konsantrasyonları için 0,31-0,38 aralıklarında olması yaz mevsimine benzer mekanizma (fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması) nedeniyle örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında O_3 konsantrasyonlarının dış ortamlarla karşılaştırıldığında daha düşük seviyelerde seyretmesini desteklemektedir.

Tablo 5.2'de ev ofis ve okullar için iç ortam SO_2 konsantrasyonları incelendiğinde, ev ofis ve okulların iç ortamlarında SO_2 'in tüm veri setinin ortalama konsantrasyonlarının 6,17-7,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 7,68-9,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 4,38-5,59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralıklarında olduğu görülmektedir. Dış ortam SO_2 konsantrasyonları incelendiğinde ise, ev ofis ve okulların dış ortamlarında SO_2 'in tüm veri setinin ortalama konsantrasyonlarının 19,67-36,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, gündüz ortalama konsantrasyonlarının 27,23-48,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve gece ortalama konsantrasyonlarının 12,11-24,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralıklarında olduğu görülmektedir. Yaz mevsimi sonuçlarına benzer şekilde kış mevsimi sonuçlarında da SO_2 konsantrasyonları iç ortamlarda dış ortamlara nazaran oldukça düşük seviyelerde tesbit edilmiştir. Kükürtdioksit için elde edilen İç Ortam/Dış Ortam oranları, tüm data ortalama konsantrasyonları için 0,17-0,39, gündüz ortalama konsantrasyonları için 0,16-0,36 ve gece ortalama konsantrasyonları için 0,19-0,46 aralıklarında olması SO_2 'in dış ortam kaynaklı bir kirletici olduğunu ve iç ortamlarda önemli bir kaynağının bulunmadığını göstermektedir. Ölçüm yapılan örnekleme noktalarının büyük çoğunluğunda ısınma amaçlı olarak doğalgazın kullanılması nedeniyle kış mevsiminde dış ortam SO_2 kirlilik düzeyleri düşük bulunmuştur. Bu nedenle dizel yakıt kullanan motorlu taşıtların dış ortamlarda gözlenen SO_2 kirliliğinin önemli bir kaynağı olduğunu söyleyebiliriz.

Tablo 5.2. Ev, Ofis ve Okulların İç ve Dış Ortam Kış Aktif Örnekleme NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³) ve İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

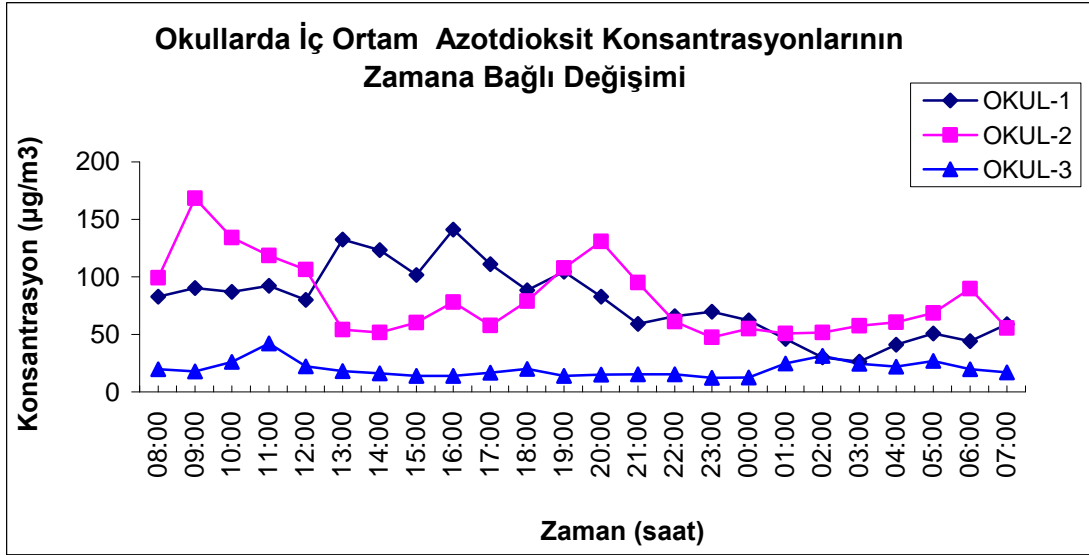
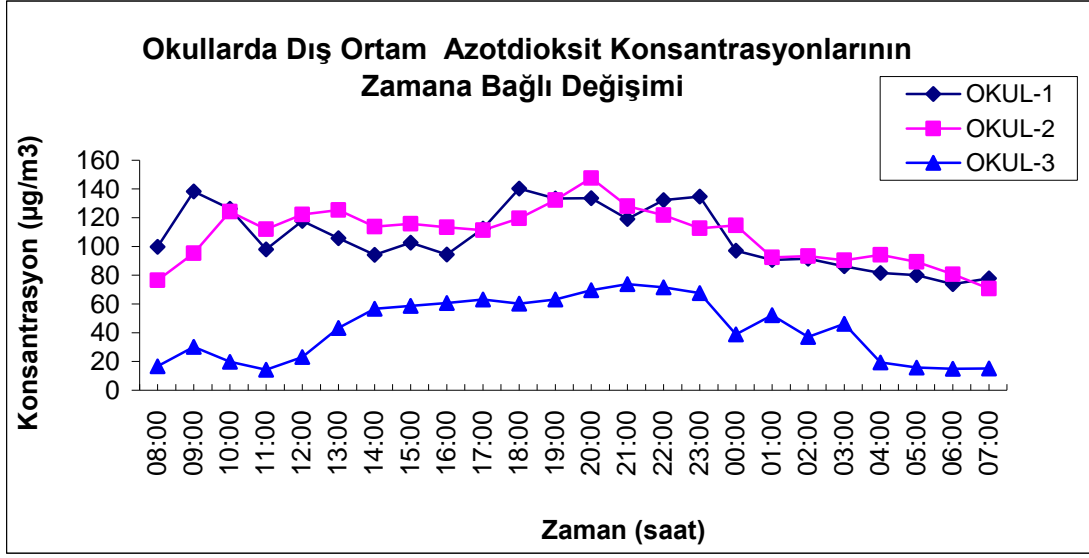
		OKULLAR				OFİSLER				EVLER			
		Tüm Data Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Data Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı	Tüm Data Ort.Kons. (µg/m ³)	Gündüz Ort.Kons. (µg/m ³)	Gece Ort. Kons. (µg/m ³)	Gündüz/Gece Oranı
İç Ortam Örnekleme	NO ₂	59,55	71,96	47,15	1,53	49,62	55,02	44,23	1,24	56,91	65,47	48,34	1,35
	SO ₂	6,17	7,68	4,65	1,65	6,57	8,75	4,38	2,00	7,72	9,85	5,59	1,76
	O ₃	2,38	2,32	2,44	0,95	2,71	3,06	2,37	1,29	2,60	3,07	2,13	1,44
Dış Ortam Örnekleme	NO ₂	85,98	89,84	82,13	1,09	52,48	63,71	41,25	1,54	58,52	63,04	53,99	1,17
	SO ₂	36,48	48,12	24,84	1,94	20,73	27,84	13,63	2,04	19,67	27,23	12,11	2,25
	O ₃	7,00	7,52	6,48	1,16	7,60	7,57	7,63	0,99	6,57	6,99	6,14	1,14
İç Ortam / Dış Ortam Oranı	NO ₂	0,69	0,80	0,57	1,40	0,95	0,86	1,07	0,81	0,97	1,04	0,90	1,16
	SO ₂	0,17	0,16	0,19	0,85	0,32	0,31	0,32	0,98	0,39	0,36	0,46	0,78
	O ₃	0,34	0,31	0,38	0,82	0,36	0,40	0,31	1,30	0,40	0,44	0,35	1,26

5.2.1. İnorganik Gaz Kirletici Konsantrasyonlarının Kış Mevsiminde Zamana Bağlı Değişimleri

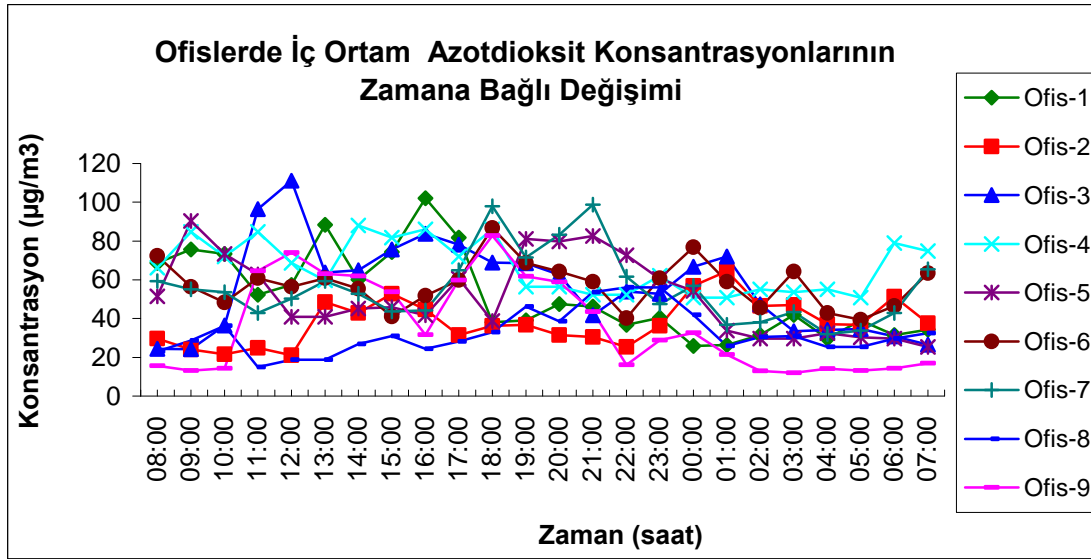
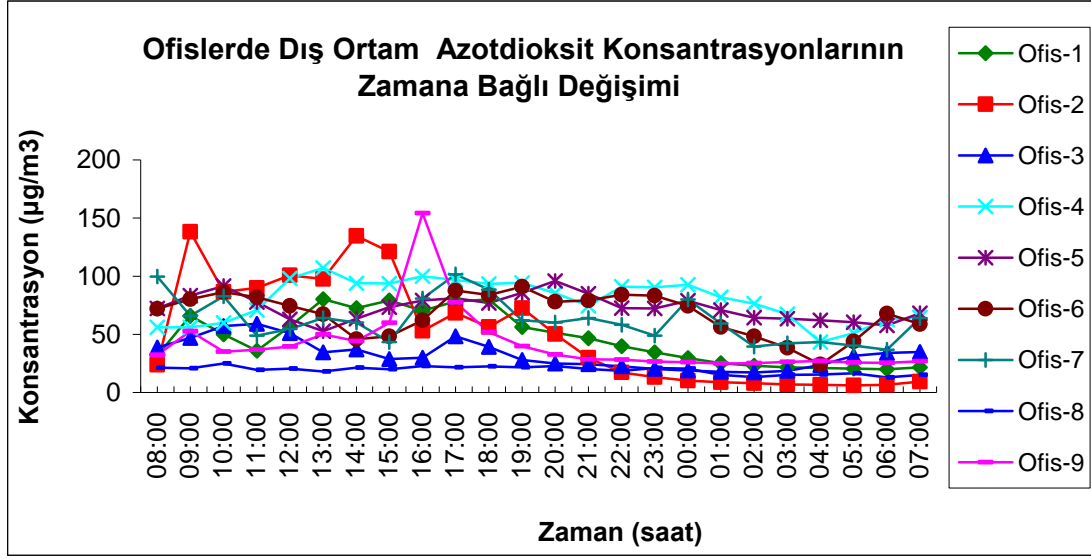
Kış mevsiminde örnekleme yapılan ev, okul ve ofislerin iç ve dış ortamlarında yapılan NO₂, SO₂ ve O₃ aktif örnekleme sonuçları Şekil 5.10 – 5.18’de saatlik dilimler halinde verilmektedir. Bu sayede örneklenen mikroçevrelerde incelenen kirleticilerin zamana bağlı değişimleri değerlendirilerek NO₂, SO₂ ve O₃’un ölçüm yapılan gün içerisinde ani artış ve azalmalar gösterdiği saat aralıkları daha rahat görülebilmektedir.

Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de kış mevsiminde ev, okul ve ofislerin iç ve dış ortamlarında yapılan NO₂ aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki saatlik değişimi verilmektedir. Yaz mevsimi örnekleme olduğu gibi tüm mikroçevrelerde yapılan kış mevsimi örnekleme de iç ve dış ortam NO₂ saatlik değişimleri arasında bir uyum olduğu görülmektedir. Her 3 mikroçevrede de ani değişimler gündüz periyodunda görülmektedir. Trafik yoğun olduğu bölgelerde yoğun saatlerde mikroçevrelerin dış ortamlarında yüksek NO₂ konsantrasyonları tespit edilmiştir.

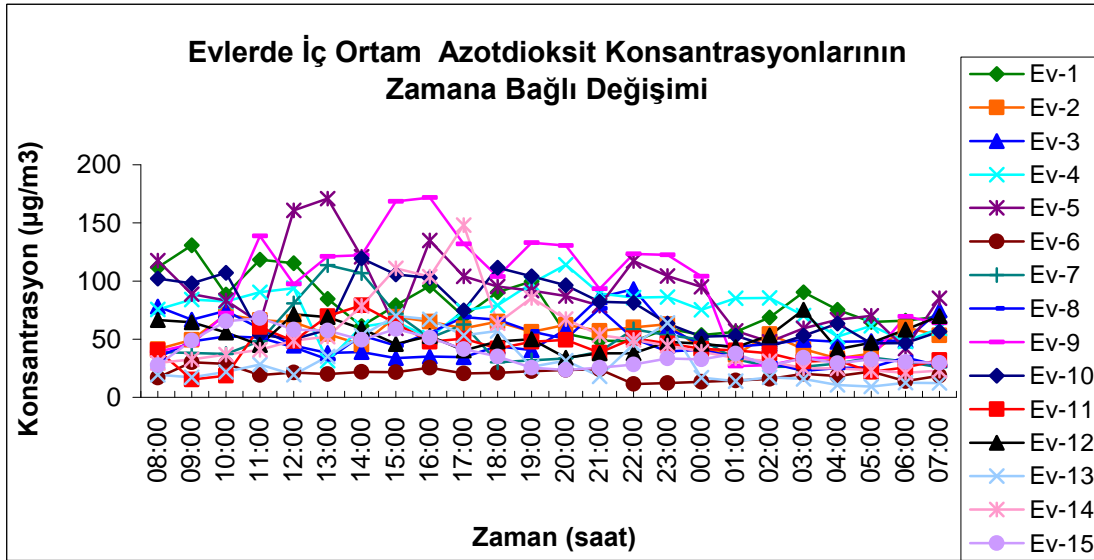
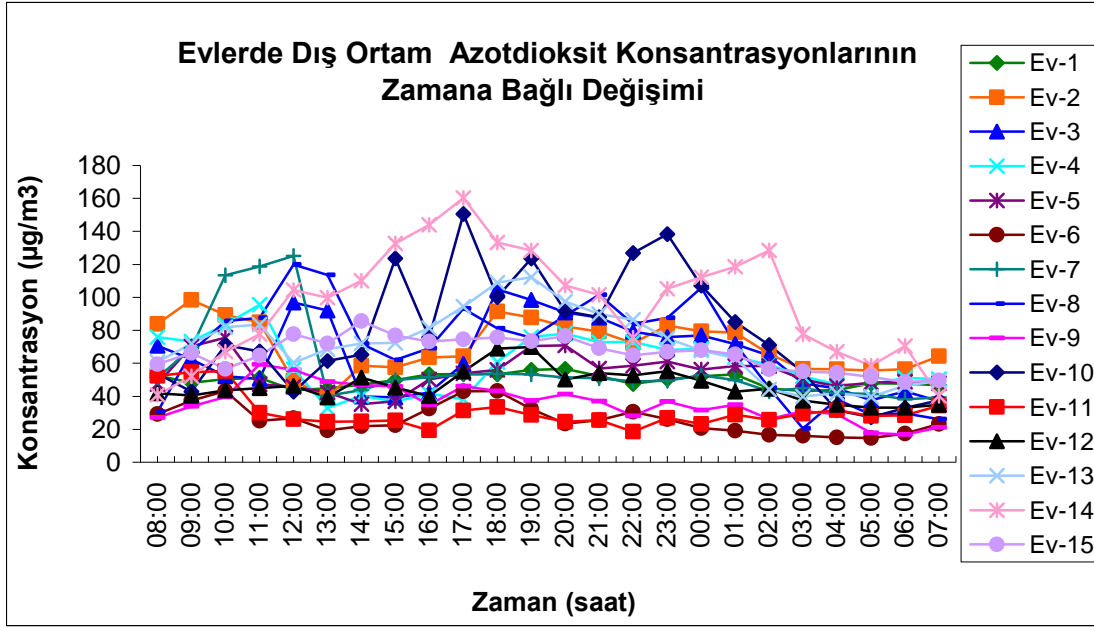
Şekil 5.10 ve Şekil 5.11 incelendiğinde okul ve ofislerin iç ortamlarında belirlenen NO₂ kirlilik düzeylerinin dış ortam kirlilik düzeylerine oranla düşük olması ve okul ve ofislerin iç ortamlarında NO₂ kirliliğine neden olabilecek önemli kaynakların bulunmaması, kirliliğin dış ortam kaynaklı olduğunu ve dış ortamlardan iç ortamlara taşınım şeklinde gerçekleştiğini düşündürmektedir. Şekil 5.12 incelendiğinde NO₂’in evlerin iç ve dış ortamlarındaki saatlik değişimin okul ve ofislere nazaran farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Yaz ve kış mevsimlerinde evlerde Gece /Gündüz 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 ile açıklanabilir. Evlerin iç ortamlarında pişirme faaliyetleri, dış ortamlarında ise trafik yoğunluğuna bağlı 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 5.10. Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



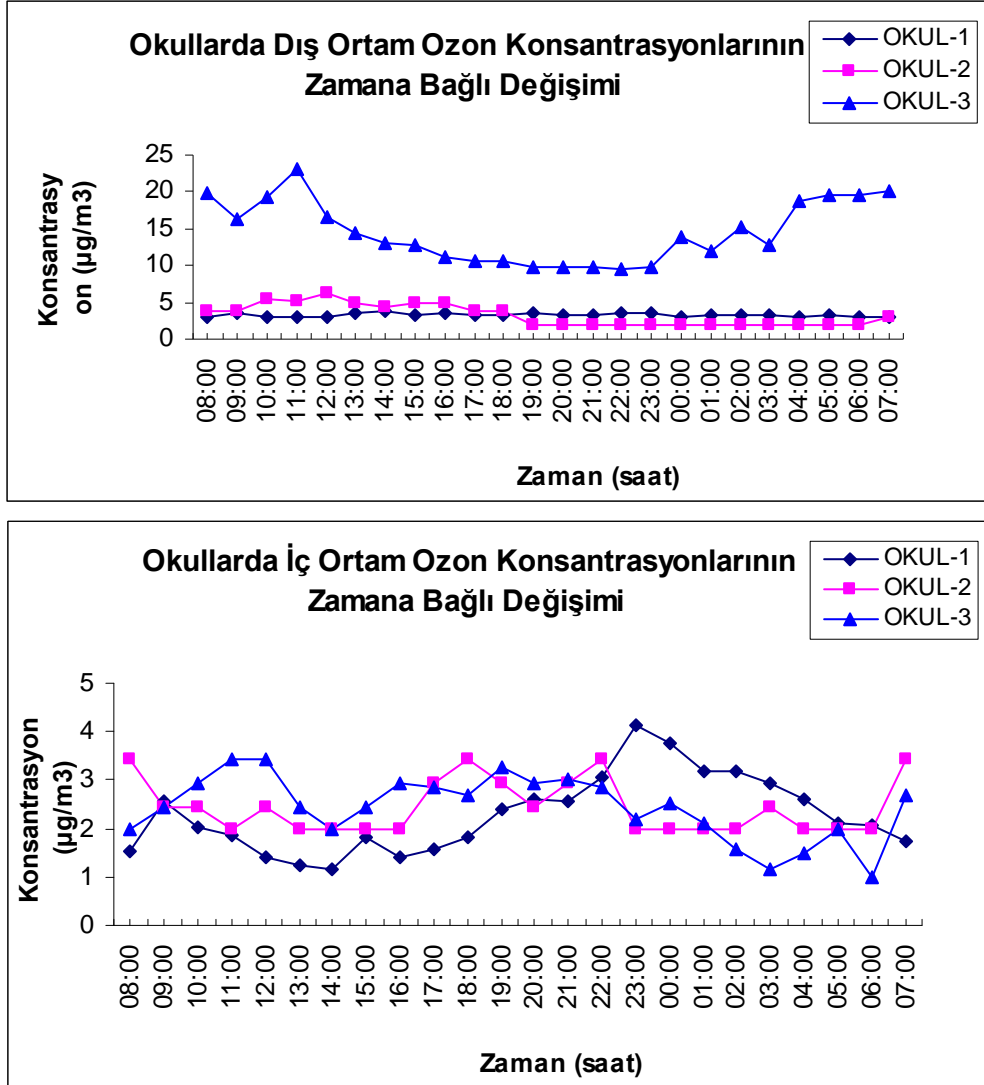
Şekil 5.11 Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



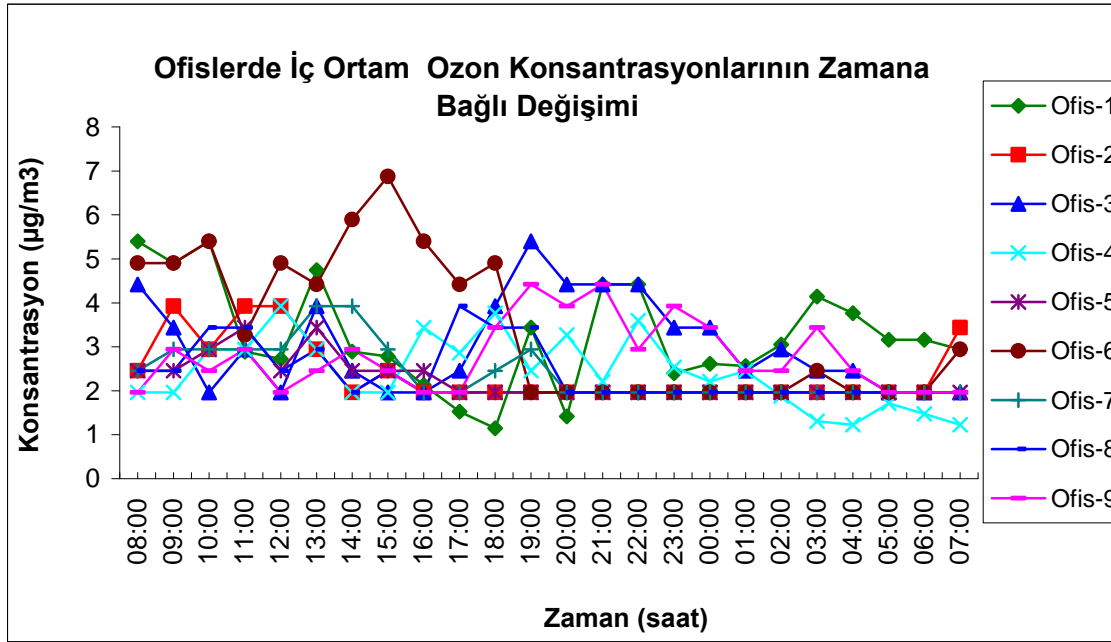
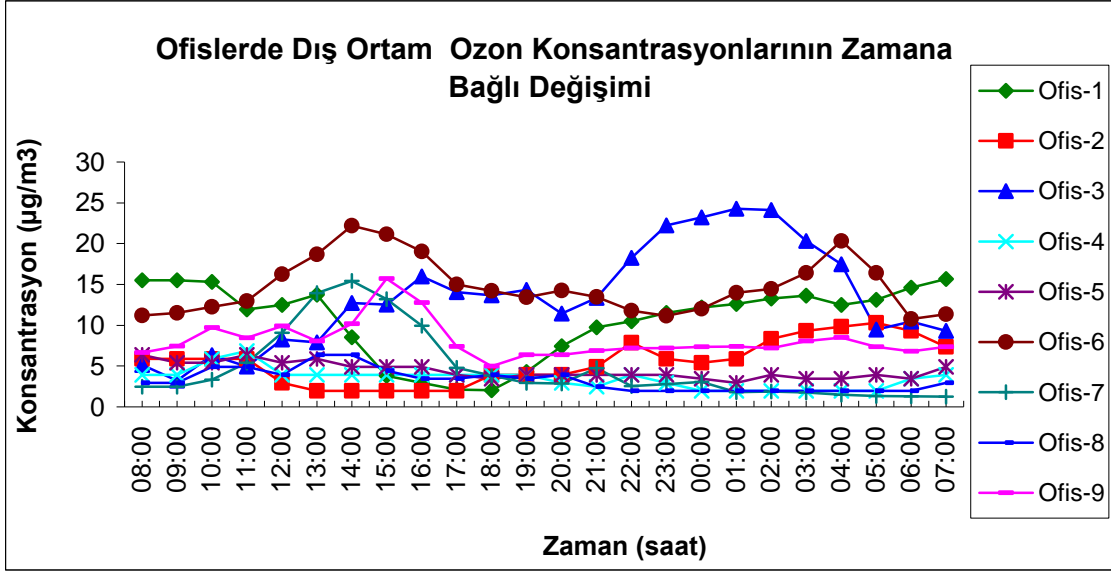
Şekil 5.12 Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Azotdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’de kış mevsiminde ev, okul ve ofislerin iç ve dış ortamlarında yapılan O_3 aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki saatlik değişimleri verilmektedir. Yaz mevsimine benzer şekilde trafikten uzak olan bölgelerde yüksek O_3 konsantrasyonları gözlenirken trafiğin yoğun olduğu kentsel alanlarda ise O_3 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 NO_2 konsantrasyonlarına

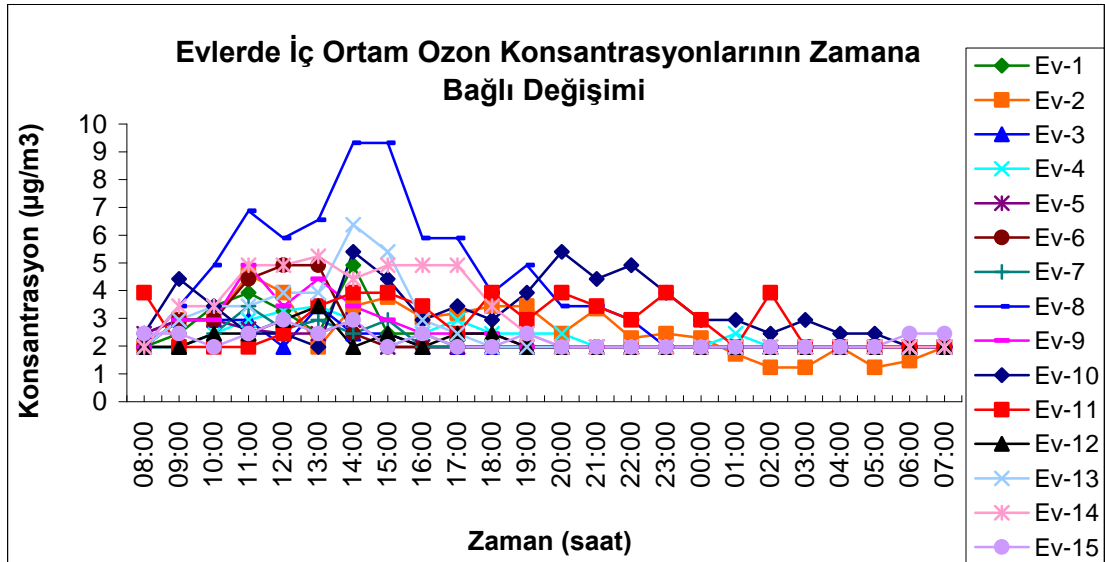
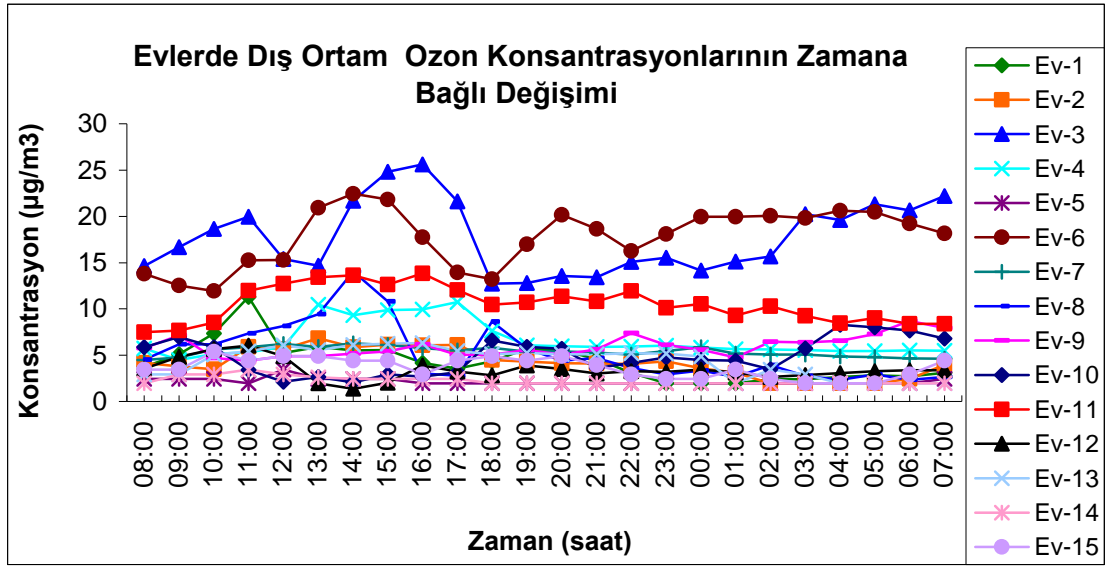
(gündüz ortalama konsantrasyonu: $113,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sahip Okul 1 noktasında NO'nin NO₂'e yükseltgenmesi sırasında O₃'un tüketilmesi nedeniyle düşük O₃ konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: $3,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$) elde edilirken, düşük NO₂ konsantrasyonlarına (gündüz ortalama konsantrasyonu: $42,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sahip Okul 3 örnekleme noktasında fotokimyasal reaksiyon süresinin tamamlanması nedeniyle yüksek O₃ konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: $14,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gözlenmiştir. Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'de, fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle iç ortamlarda O₃ konsantrasyonları 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 $3,42-26,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim gösterirken kış mevsiminde O₃ konsantrasyonları oldukça düşerek $2,17-4,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermektedir.



Şekil 5.13. Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



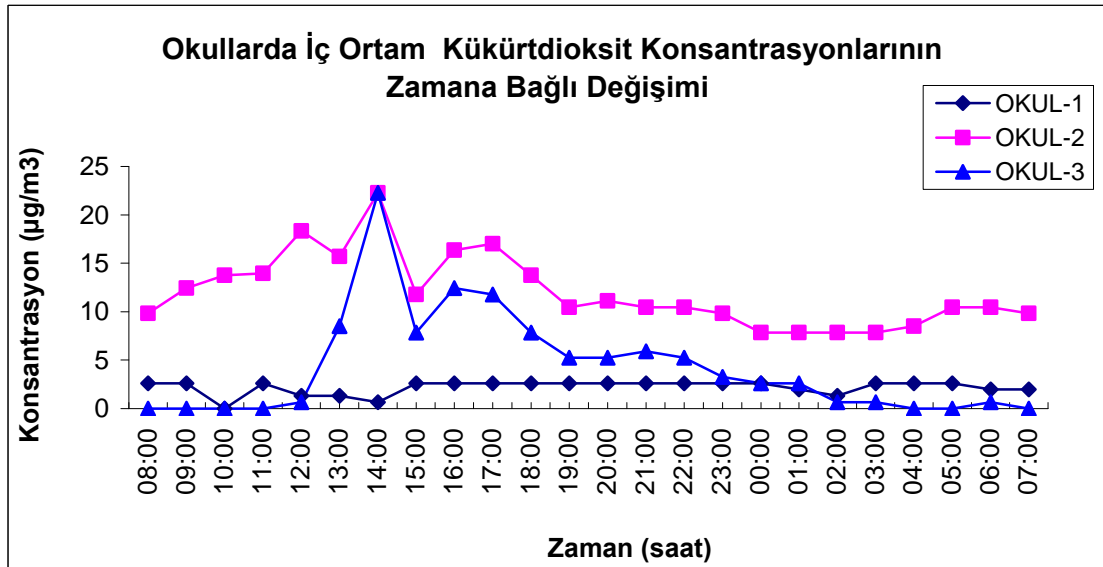
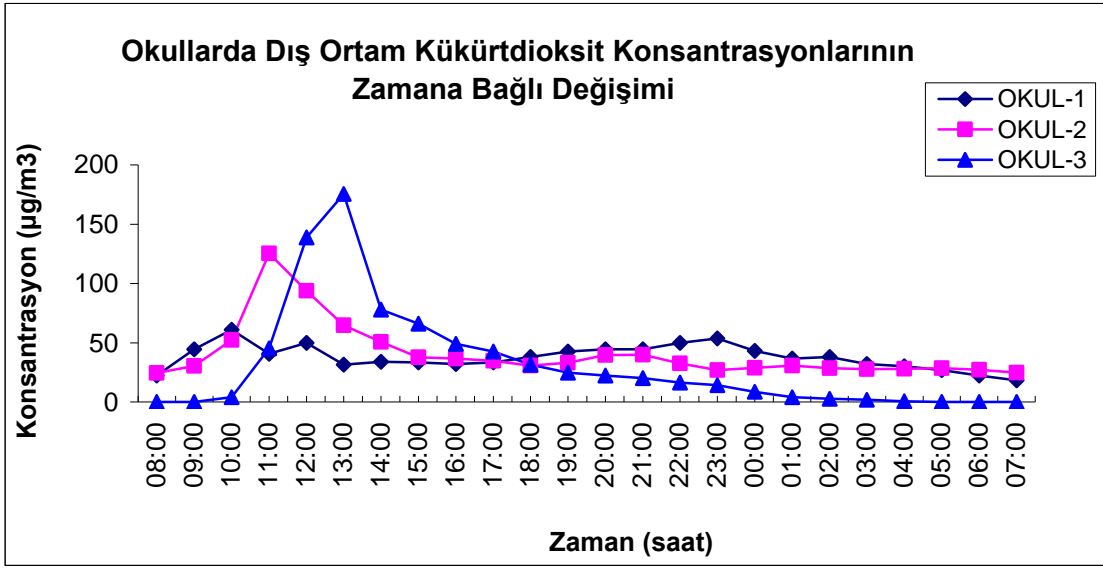
Şekil 5.14. Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



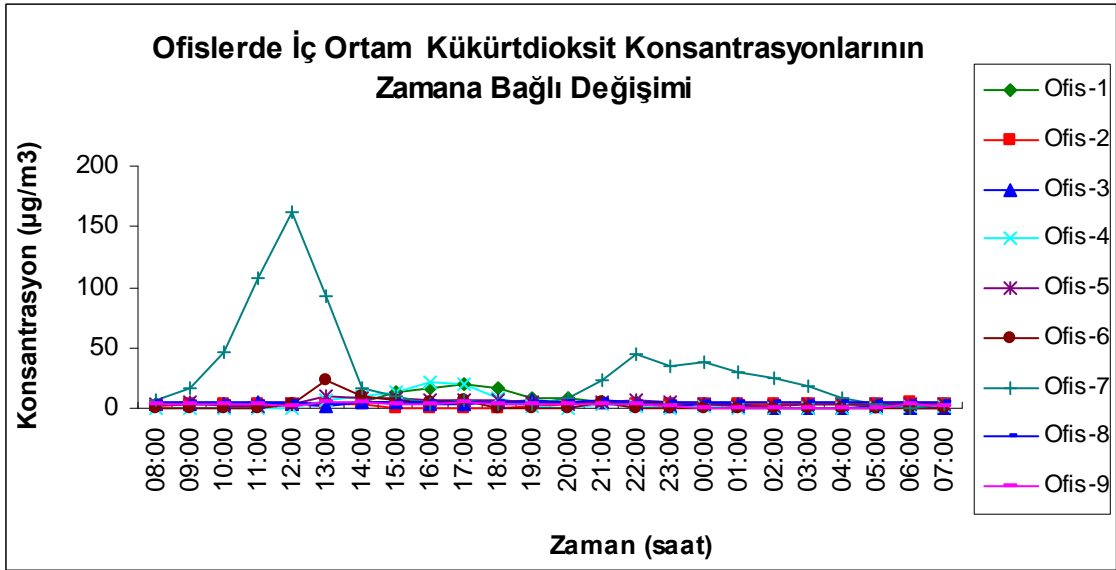
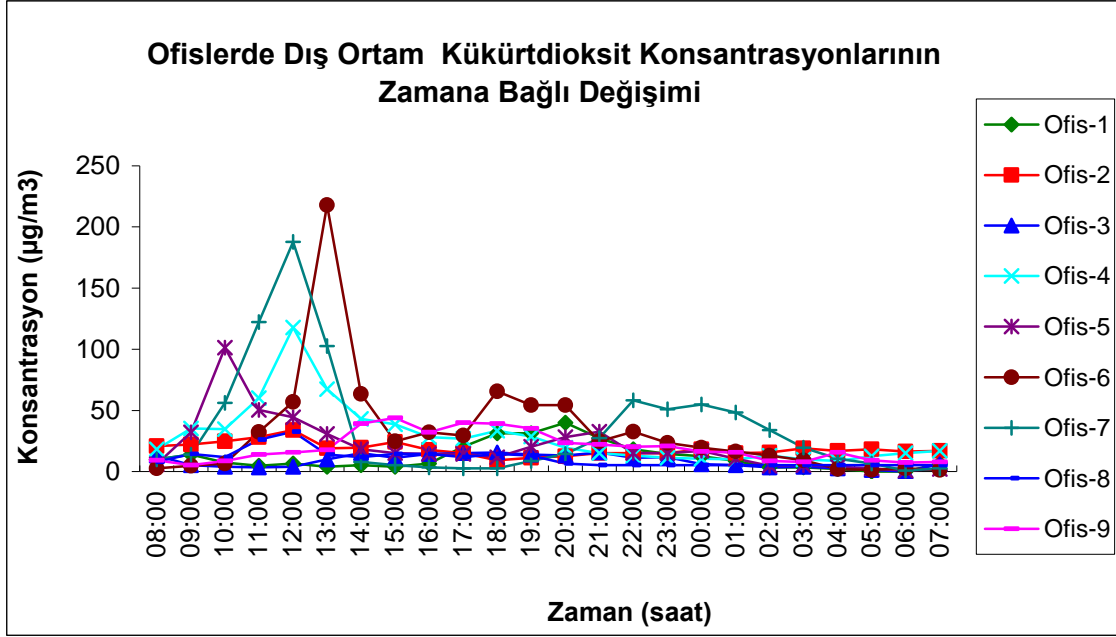
Şekil 5.15. Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Ozon Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

Şekil 5.16, Şekil 5.17 ve Şekil 5.18’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

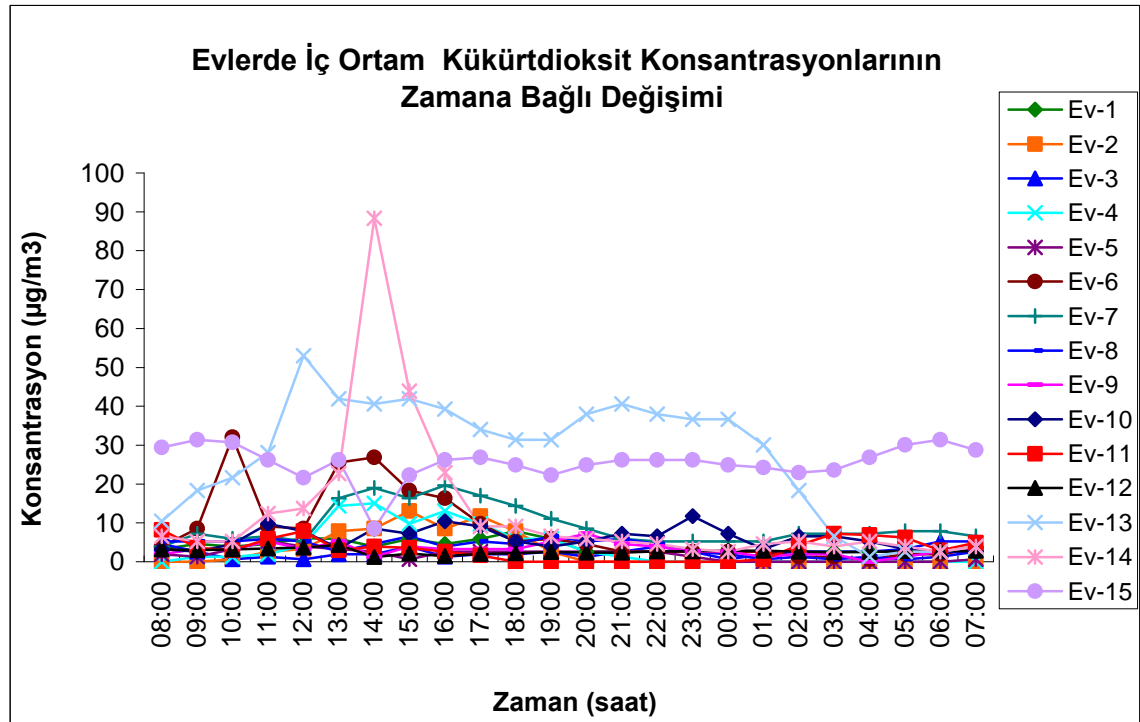
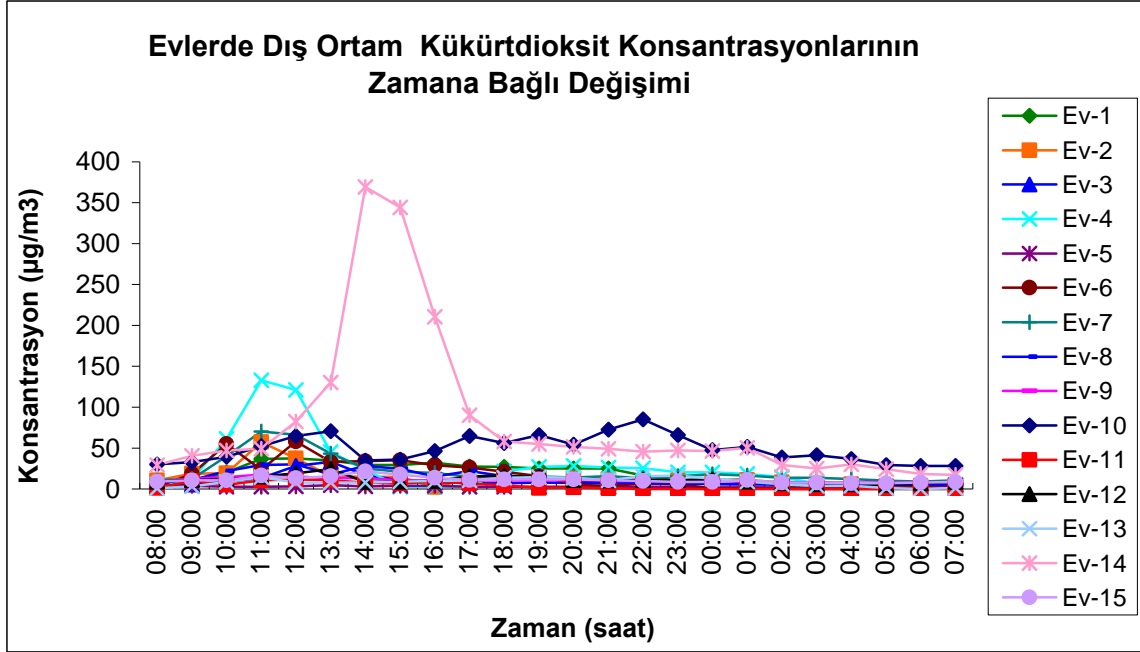
3 örnekleme noktasında kış mevsiminde yüksek dış ortam SO₂ kirlilik düzeyleri tesbit edilmiştir. Endüstri ve trafik etkisinden uzak bir bölgede bulunmasına rağmen Okul 3 örnekleme noktasında yüksek dış ortam SO₂ konsantrasyonları (gündüz ortalama konsantrasyonu: 54,59 µg/m³ ; yaz mevsiminde aynı değer 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 5.16, Şekil 5.17 ve Şekil 5.18 da görülen düşük iç ortam SO₂ kirlilik düzeyleri, SO₂'nin bir dış ortam kaynaklı 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 5.16. Okullarda Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



Şekil 5.17. Ofislerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi



Şekil 5.18. Evlerde Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Zamana Bağlı Değişimi

5.3. Partikül Madde (PM2.5 ve PM10) Ölçüm Sonuçlarının Tartışılması

5.3.1. Partikül Madde (PM10) Yaz Örneklemesi

Tablo 5.3’de Yaz mevsimi için ev, ofis ve okulların iç ve dış ortamlarında Partikül Madde PM10 fraksiyonundaki ölçüm sonuçları (PM10 kütlesi ve partiküldeki ağır metaller ve eser elementlerin konsantrasyonları) tüm veri seti ortalamaları ve iç ortam/dış ortam konsantrasyon oranları verilmektedir. Bu sayede PM10 kütleleri tespit edilen major ve eser elementlerin ortalama konsantrasyonlarını okullar, ofisler ve evler için ayrı ayrı incelenebilmiştir.

İç Ortam Partikül Madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 5.3’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.

Dış Ortam Partikül Madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 5.3’de görüldüğü gibi $0.0010 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ni) ile $5.7295 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ca) arasında değişmektedir. 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.

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 toprak kaynaklı elementlerin iç ortamlara taşınımının yüksek olduğunu göstermektedir.

PM10 partikül fraksiyonunda tesbit edilen ağır metallerin 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. Tüm veri seti ortalama konsantrasyonları göz önüne alındığında Ni haricindeki tüm ağır metaller ve PM10 kütlesinin İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1’den küçük olduğu bulunmuştur. İç Ortam/Dış Ortam oranları PM 10 kütlesi için 0,7057, Ni için 2,7423 ve diğer ağır metaller için ise 0,2557 (Fe) ile 0,9194 (Cu) aralığında tesbit edilmiştir. Bu durum PM10 partikül

fraksiyonunda incelenen tüm ağır metaller (Ni hariç) için dış ortam kirletici kaynaklarının iç ortam kirletici kaynaklarına baskın olduğunu göstermektedir.

PM10 iç ortam sonuçları dikkate alındığında toprak kaynaklı elementlerin konsantrasyonları ofis ve evlere nazaran okullarda daha yüksek iken, insan kaynaklı (antropojenik) elementlerin konsantrasyonları ise okullara nazaran ofis ve evlerde daha yüksek gözlenmiştir. Okulların ölçüm yapılan iç ortamlarında (sınıflar) önemli bir insan kaynaklı kirletici kaynaklarının olmaması ve evler ve ofislere nazaran daha fazla pencere ve kapısının olmasının yanısıra yaz mevsimi nedeniyle pencere ve giriş kapılarının genellikle açık olması nedeniyle okullar için toprak kaynaklı elementlerin dış ortamlardan iç ortamlara taşınımı daha kolay olmaktadır. Ofis ve evlerin iç ortamlarında bulunan çeşitli insan kaynaklı kirletici kaynakların yanısıra dış ortamdan iç ortama taşınım nedeniyle insan kaynaklı element konsantrasyonları yüksek, okullara nazaran dış ortama açık olan yüzey alanlarının daha az olması nedeniyle de toprak kaynaklı element konsantrasyonları düşük bulunmuştur.

Tablo 5.3. Ev, Okul ve Ofislerin Yaz Mevsimi İç ve Dış Ortam Partikül Madde (PM10) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

	İç Ortam Örneklemesi				Dış Ortam Örneklemesi				İç Ortam/Dış Ortam Oranları			
	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler
PM10 Kütle	49,95	101,91	41,11	45,46	70,78	65,78	88,58	59,92	0,7057	1,5493	0,4641	0,7587
As	0,0011	0,0005	0,0014	0,0011	0,0020	0,0017	0,0031	0,0014	0,5615	0,2675	0,4324	0,8302
V	0,0017	0,0025	0,0014	0,0017	0,0032	0,0032	0,0039	0,0027	0,5274	0,7808	0,3608	0,6299
Mg	0,0038	0,0010	0,0032	0,0047	0,0042	0,0010	0,0053	0,0040	0,9115	1,0000	0,6059	1,1786
Al	0,2130	0,4571	0,2443	0,1434	0,4763	0,4931	0,5873	0,3990	0,4472	0,9269	0,4159	0,3593
Si	1,3713	3,0740	1,4766	0,9605	3,0608	3,2167	3,8573	2,4987	0,4480	0,9556	0,3828	0,3844
S	0,4904	0,5313	0,4797	0,4894	0,6717	0,7417	0,7129	0,6303	0,7301	0,7163	0,6728	0,7765
K	0,3393	0,5558	0,2965	0,3245	0,5193	0,4820	0,6828	0,4178	0,6533	1,1531	0,4343	0,7767
Ca	2,6980	10,3870	2,2261	1,4747	5,7295	5,8065	8,1380	4,1084	0,4709	1,7888	0,2735	0,3590
Ti	0,1205	0,3594	0,1157	0,0760	0,2715	0,2454	0,4098	0,1845	0,4439	1,4647	0,2824	0,4117
Cr	0,0069	0,0068	0,0070	0,0068	0,0111	0,0075	0,0139	0,0100	0,6177	0,8951	0,5056	0,6798
Mn	0,0622	0,1414	0,0573	0,0497	0,1658	0,1087	0,2503	0,1208	0,3754	1,3013	0,2288	0,4113
Fe	0,2630	0,8699	0,2850	0,1270	1,0286	0,7183	1,6357	0,6859	0,2557	1,2110	0,1742	0,1852
Ni	0,0026	0,0005	0,0015	0,0038	0,0010	0,0005	0,0010	0,0011	2,7423	1,0000	1,5791	3,6095
Cu	0,0441	0,0519	0,0451	0,0419	0,0480	0,0555	0,0428	0,0500	0,9194	0,9353	1,0551	0,8384
Zn	0,0610	0,0191	0,0836	0,0542	0,1543	0,0267	0,2474	0,1177	0,3951	0,7144	0,3381	0,4606
Pb	0,0628	0,0463	0,0759	0,0574	0,0834	0,0602	0,1021	0,0757	0,7527	0,7688	0,7434	0,7586

5.3.2. Partikül Madde (PM 2.5) Yaz Örneklemesi

Tablo 5.3’de yaz mevsimi için ev, ofis ve okulların iç ve dış ortamlarında Partikül Madde PM2.5 fraksiyonundaki ölçüm sonuçları (PM2.5 kütlesi ve partiküldeki ağır metaller ve eser elementlerin konsantrasyonları) tüm veri seti ortalamaları ve iç ortam/dış ortam konsantrasyon oranları verilmektedir. Bu sayede PM2.5 kütleleri tespit edilen major ve eser elementlerin ortalama konsantrasyonlarını okullar, ofisler ve evler için ayrı ayrı incelenebilmiştir.

İç Ortam Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 5.4’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.

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 5.4’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 5.4’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 örnekleme sonuçları ile benzer şekilde, PM2.5 fraksiyonundaki toprak kaynaklı major elementlerin dış ortamda yüksek bulunan konsantrasyonları, önemli kirletici kaynakları bulunmamasına rağmen iç ortamlarda da yüksek düzeylerde bulunması yine PM10 partiküllerinde görüldüğü gibi yaz mevsimi nedeniyle örneklenen çevrelerde pencerelerin uzun süre açık kalması ile ilişkili olduğunu ve bu sayede sözü geçen toprak kaynaklı elementlerin iç ortamlara taşınımının yüksek olduğunu göstermektedir. Özellikle toprak kaynaklı elementler PM2.5 partikül fraksiyonuna

nazaran PM10 partikül fraksiyonunda tutunma eğilimi gösterdiği görülmektedir. PM2.5 partikülleri PM10 partiküllerinin bir alt sınıfı olup çalışma sonucunda özellikle Ca, Si ve Al gibi elementlerin toplam kütle içerisindeki büyük bir kısmının PM10 boyutunda bulunduğunu, bunun yanında S, Pb, Zn, Cu 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 düzeylerinin de belirlenme 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 ve İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları hesaplanmıştır. Tablo 5.5’de görüldüğü gibi Kişisel/İç Ortam oranlarının toprak kaynaklı elementlerde 1 dolaylarında, insan kaynaklı elementlerde ise 3-4 dolaylarında olduğu görülmektedir. Özellikle As, S, V, Cu ve Cr 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. İç Ortam/Dış Ortam oranlarını hesapladığımızda 0,3466 ile 1,3480 aralığında değiştiği görülmüştür. Bu durumda iç ortam PM2.5 kirlilik düzeylerine dış ortamın büyük bir katkısının olduğu söylenebilir. Ancak iç ortamda dış ortamlara nazaran elde edilen düşük PM2.5 kirlilik düzeylerine bakarak iç ortamdaki olası kirleticiler kaynağının hiç etkisinin olmadığı, iç ortam kirliliğinin sadece dış ortamlardan kirleticilerin iç ortama taşınımı şeklinde gerçekleştiği de düşünülmemelidir. İnsanlar vakitlerinin yaklaşık %80’lik bir kısmını iç ortamlarda geçirmektedirler. Bu nedenle iç ortamlarda bulunan çok sayıda kirleticiler kaynağının 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 bir çok element için iç ortam ve dış ortam kirlilik düzeylerinden daha fazla bulunmuştur.

Kişisel Partikül Madde (PM2.5) sonuçları ile İç 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 iken Kişisel PM2.5 sonuçlarında 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 şehirlerinden biri olan Kocaeli, 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 5.4. Ev, Okul ve Ofislerin Yaz Mevsimi İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Kişisel Örnekleme				İç Ortam Örnekleme				Dış Ortam Örnekleme			
	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler
PM2.5 Kütle	58,43	35,41	71,76	54,16	25,98	21,61	21,59	29,77	21,99	19,34	20,46	23,54
As	0,0029	0,0019	0,0038	0,0024	0,0006	0,0003	0,0005	0,0007	0,0018	0,0029	0,0014	0,0018
V	0,0077	0,0105	0,0087	0,0064	0,0028	0,0028	0,0018	0,0034	0,0057	0,0075	0,0053	0,0057
Mg	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,0038	0,0010	0,0032	0,0047	0,0038	0,0010	0,0042	0,0040
Al	0,0613	0,1012	0,1263	0,0100	0,0690	0,1147	0,0791	0,0530	0,1058	0,1301	0,1271	0,0867
Si	0,5150	0,6527	0,7407	0,3370	0,4642	0,7649	0,4900	0,3868	0,6620	0,8206	0,7359	0,5809
S	1,0654	1,1468	1,1387	1,0003	0,4048	0,3297	0,3816	0,4353	0,4823	0,4237	0,4711	0,5016
K	0,1557	0,2948	0,2002	0,0983	0,1743	0,1296	0,1274	0,2146	0,1470	0,1280	0,1332	0,1601
Ca	0,6959	1,5717	0,9004	0,3844	0,6650	2,1223	0,5472	0,4521	0,8433	0,9463	0,8727	0,8031
Ti	0,0373	0,0335	0,0415	0,0352	0,0336	0,0555	0,0332	0,0294	0,0514	0,0564	0,0572	0,0464
Cr	0,0092	0,0149	0,0108	0,0071	0,0033	0,0026	0,0035	0,0033	0,0036	0,0028	0,0033	0,0039
Mn	0,0240	0,0227	0,0280	0,0216	0,0243	0,0272	0,0127	0,0315	0,0408	0,0365	0,0302	0,0487
Fe	0,0910	0,0591	0,1155	0,0810	0,0471	0,0731	0,0436	0,0443	0,1512	0,1306	0,1275	0,1710
Ni	0,0020	0,0028	0,0025	0,0014	0,0022	0,0005	0,0015	0,0030	0,0016	0,0005	0,0016	0,0019
Cu	0,0756	0,1231	0,0985	0,0508	0,0220	0,0256	0,0218	0,0213	0,0185	0,0148	0,0216	0,0171
Zn	0,0341	0,0531	0,0367	0,0285	0,0332	0,0170	0,0111	0,0512	0,0546	0,0180	0,0170	0,0869
Pb	0,0468	0,0346	0,0556	0,0434	0,0337	0,0288	0,0346	0,0340	0,0346	0,0267	0,0178	0,0474

n.d.: Belirlenemedi

Tablo 5.5. Ev, Ofis ve Okullarda Partikül Madde (PM2.5) Yaz Örnekleme Kişisel/İç Ortam ve İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

	Kişisel / İç Ortam Oranları				İç Ortam / Dış Ortam Oranları			
	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler
As	4,6188	6,1426	7,2758	3,2602	0,3466	0,1072	0,3660	0,4140
V	2,7586	3,8220	4,7757	1,8758	0,4845	0,3687	0,3399	0,6061
Mg	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,0084	1,0000	0,7667	1,1786
Al	0,8891	0,8827	1,5970	0,1881	0,6518	0,8812	0,6225	0,6116
Si	1,1095	0,8533	1,5115	0,8712	0,7012	0,9321	0,6659	0,6658
S	2,6317	3,4779	2,9841	2,2976	0,8393	0,7783	0,8101	0,8679
K	0,8933	2,2742	1,5717	0,4579	1,1856	1,0123	0,9566	1,3404
Ca	1,0464	0,7405	1,6456	0,8502	0,7886	2,2428	0,6270	0,5630
Ti	1,1107	0,6035	1,2496	1,1975	0,6533	0,9832	0,5802	0,6332
Cr	2,8077	5,6229	3,0979	2,1500	0,9160	0,9509	1,0563	0,8330
Mn	0,9870	0,8357	2,2025	0,6861	0,5961	0,7444	0,4210	0,6461
Fe	1,9308	0,8081	2,6515	1,8287	0,3117	0,5595	0,3415	0,2589
Ni	0,8834	5,6889	1,6487	0,4684	1,3480	1,0000	0,9328	1,6056
Cu	3,4430	4,8117	4,5216	2,3808	1,1876	1,7302	1,0083	1,2446
Zn	1,0257	3,1247	3,3096	0,5566	0,6088	0,9459	0,6517	0,5892
Pb	1,3898	1,1979	1,6041	1,2768	0,9729	1,0796	1,9486	0,7172

n.d.: Belirlenemedi

5.3.3. Partikül Madde (PM10) Kış Örneklemesi

Tablo 5.6’da kış mevsimi için ev, ofis ve okulların iç ve dış ortamlarında Partikül Madde PM10 fraksiyonundaki ölçüm sonuçları (PM10 kütlesi ve partiküldeki ağır metaller ve eser elementlerin konsantrasyonları) tüm veri seti ortalamaları ve iç ortam/dış ortam konsantrasyon oranları verilmektedir. Bu sayede PM10 kütleleri tespit edilen major ve eser elementlerin ortalama konsantrasyonlarını okullar, ofisler ve evler için ayrı ayrı incelenebilmiştir.

İç Ortam Partikül Madde (PM10) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 5.6’da 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 5.6’dan 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 için kış örneklemesi için gözlenen iç ve dış ortamlar arasındaki ilişkiler yaz mevsimi sonuçlarına çok benzerlik göstermektedir. PM10 partikül fraksiyonunda ağırlıklı olarak tutunan toprak kaynaklı elementlerin yüksek dış ortam konsantrasyon değerlerinin yanısıra iç ortam konsantrasyon değerlerinin de yüksek olması incelenen toprak kaynaklı elementlerin iç ortamlara taşınımının yüksek olduğunu göstermektedir.

Örneklenen okul, ofis ve evlerde ayrı ayrı İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları hesaplanarak PM10 partikül fraksiyonunda tesbit edilen ağır metallerin hangilerinin iç ortamlarda hangilerinin dış ortamlarda daha baskın olduğunu belirlenmiştir. Tüm veri seti ortalama konsantrasyonları göz önüne alındığında Mg, Ni ve Cu haricindeki tüm ağır metaller ve PM10 kütlesinin İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1’den küçük olduğu bulunmuştur. İç Ortam/Dış Ortam oranları PM 10 kütlesi için 0,93, ağır metaller için ise 0,3271 (Ti) ile 1,4518 (Ni) aralığında tesbit edilmiştir. Bu durum PM10 partikül fraksiyonunda dış ortam kirletici kaynaklarının iç ortam kirletici kaynaklarına nazaran daha baskın olduğunu göstermektedir.

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 5.6. Ev, Okul ve Ofislerin Kış Mevsimi İç ve Dış Ortam Partikül Madde (PM10) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

	İç Ortam Örnekleme				Dış Ortam Örnekleme				İç Ortam / Dış Ortam Oranları			
	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler
PM10 Kütle	84,62	319,73	55,64	56,91	90,93	101,26	70,72	102,34	0,93	3,16	0,79	0,56
As	0,0031	0,0096	0,0020	0,0025	0,0071	0,0170	0,0043	0,0070	0,4287	0,5624	0,4593	0,3515
V	0,0063	0,0130	0,0050	0,0058	0,0129	0,0220	0,0108	0,0125	0,4873	0,5896	0,4625	0,4654
Mg	0,0275	0,1822	0,0097	0,0084	0,0241	0,0349	0,0234	0,0225	1,1381	5,2242	0,4139	0,3729
Al	0,2502	1,0047	0,1600	0,1594	0,5585	0,4281	0,4522	0,6554	0,4480	2,3466	0,3539	0,2432
Si	1,5980	7,1206	1,0109	0,8848	3,3298	3,9639	2,6286	3,6704	0,4799	1,7964	0,3846	0,2411
S	0,9249	3,3263	0,6159	0,6507	1,0242	1,5363	0,7391	1,1119	0,9031	2,1652	0,8333	0,5853
K	0,4014	1,2542	0,2843	0,3089	0,6102	0,5928	0,5038	0,6846	0,6579	2,1158	0,5644	0,4513
Ca	3,0265	19,3935	1,1164	1,0266	6,0181	5,2530	4,7052	7,0464	0,5029	3,6919	0,2373	0,1457
Ti	0,1215	0,4811	0,0750	0,0806	0,3715	0,3185	0,3191	0,4169	0,3271	1,5103	0,2352	0,1932
Cr	0,0162	0,0282	0,0138	0,0155	0,0255	0,0288	0,0289	0,0226	0,6369	0,9806	0,4768	0,6859
Mn	0,0685	0,1888	0,0429	0,0615	0,1861	0,2860	0,1536	0,1877	0,3683	0,6602	0,2796	0,3278
Fe	0,3345	1,6506	0,1222	0,2128	1,2039	1,5992	0,9034	1,3253	0,2779	1,0322	0,1353	0,1606
Ni	0,0067	0,0044	0,0044	0,0087	0,0046	0,0053	0,0045	0,0046	1,4518	0,8413	0,9849	1,8968
Cu	0,0848	0,1000	0,0749	0,0883	0,0846	0,0727	0,0625	0,1017	1,0026	1,3767	1,1996	0,8685
Zn	0,1556	0,5461	0,0304	0,1610	0,3414	0,7197	0,1742	0,3773	0,4558	0,7587	0,1746	0,4269
Pb	0,1209	0,2591	0,0736	0,1248	0,1457	0,2053	0,1080	0,1589	0,8299	1,2620	0,6814	0,7854

5.3.4. Partikül Madde (PM 2.5) Kış Örneklemesi

Tablo 5.7'de kış mevsimi için ev, ofis ve okulların iç ve dış ortamlarında Partikül Madde PM2.5 fraksiyonundaki ölçüm sonuçları (PM2.5 kütlesi ve partiküldeki ağır metaller ve eser elementlerin konsantrasyonları) tüm veri seti ortalamaları ve iç ortam/dış ortam konsantrasyon oranları verilmektedir. Bu sayede PM2.5 kütleleri tespit edilen major ve eser elementlerin ortalama konsantrasyonlarını okullar, ofisler ve evler için ayrı ayrı incelenebilmiştir.

İç Ortam Partikül Madde (PM2.5) veri setinde eser ve major elementlerin ortalama konsantrasyonları Tablo 5.7'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 5.7'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 5.7'de 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 Ca, Si ve Al gibi toprak kaynaklı elementler PM10 partikül fraksiyonuna tutunma eğilimi gösterirken S, Pb, Zn, Cu gibi insan kaynaklı elementlerin toplam kütle içerisinde tutunma eğiliminin PM2.5 partiküllerinde ağırlık kazandığı söylenebilir.

PM2.5 kişisel maruziyet düzeylerinde hangi ortamın daha baskın olduğunu belirleyebilmek amacıyla Kişisel/İç Ortam ve İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları

hesaplanmıştır. Tablo 5.8’de görüldüğü gibi Kişisel/İç Ortam oranları Ni hariç tüm ağır metallerde 1’in üzerinde olduğu görülmektedir. Bu oran özellikle As, S, V, Cu ve Cr gibi yanma kaynaklı elementlerin PM2.5 kişisel maruziyet düzeylerinin iç ortam maruziyet düzeylerinden 2-6 kat daha yüksek olması gözlenen yüksek kişisel maruziyet düzeylerinde dış ortamların etkisini akla getirmektedir. İç Ortam/Dış Ortam oranlarının genellikle 1’in altında bulunması iç ortam PM2.5 kirlilik düzeylerine dış ortamın katkısının önemli olduğu göstermektedir.

İç ve Dış Ortam PM2.5 sonuçları incelendiğinde en yüksek konsantrasyonlara sahip elementler sırasıyla Ca, Si ve S 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 örnekleme 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 ulaşması kış mevsiminde trafiğin yanısıra ısınma amaçlı fosil yakıtların yakılması da S elementinin konsantrasyonundaki artışı açıklamaktadır.

Tablo 5.7. Ev, Okul ve Ofislerin Kış Mevsimi İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Örnekleme Partikül Madde (PM2.5) Kütle ve Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Kişisel Örnekleme				İç Ortam Örnekleme				Dış Ortam Örnekleme			
	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler
PM2.5 Kütle	106,76	146,56	109,04	97,29	25,67	21,04	29,01	24,37	22,17	35,83	18,68	21,76
As	0,0071	0,0121	0,0054	0,0071	0,0012	0,0011	0,0009	0,0015	0,0042	0,0120	0,0025	0,0038
V	0,0142	0,0217	0,0109	0,0150	0,0042	0,0047	0,0035	0,0046	0,0095	0,0185	0,0081	0,0086
Mg	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,0060	0,0098	0,0050	0,0059	0,0055	0,0010	0,0121	0,0021
Al	0,1164	0,3471	0,1047	0,0781	0,0727	0,2094	0,0505	0,0602	0,1392	0,1243	0,1206	0,1546
Si	0,8090	2,1946	0,7002	0,6044	0,5277	1,4268	0,4482	0,4009	0,6753	1,6012	0,5087	0,6013
S	1,4020	2,4776	1,1449	1,3582	0,5112	0,7643	0,4682	0,4894	0,6916	1,1983	0,4848	0,7280
K	0,3020	0,7774	0,2562	0,2375	0,1594	0,1607	0,1580	0,1602	0,1605	0,2851	0,1437	0,1468
Ca	0,7635	2,6303	0,6043	0,4963	0,5599	2,4368	0,3725	0,3094	0,7897	0,7085	0,7656	0,8220
Ti	0,0830	0,1500	0,0804	0,0713	0,0457	0,1052	0,0375	0,0393	0,0876	0,0897	0,0868	0,0876
Cr	0,0141	0,0332	0,0132	0,0108	0,0073	0,0073	0,0068	0,0076	0,0089	0,0127	0,0082	0,0086
Mn	0,0607	0,0891	0,0537	0,0596	0,0263	0,0282	0,0227	0,0283	0,0472	0,1205	0,0549	0,0275
Fe	0,3199	0,6823	0,2663	0,2832	0,0640	0,2043	0,0309	0,0580	0,2187	0,7427	0,1420	0,1650
Ni	0,0050	0,0127	0,0043	0,0039	0,0057	0,0033	0,0034	0,0076	0,0033	0,0039	0,0032	0,0033
Cu	0,1803	0,3777	0,1847	0,1378	0,0551	0,0507	0,0515	0,0583	0,0446	0,0457	0,0386	0,0485
Zn	0,1917	0,4937	0,1213	0,1783	0,0564	0,0391	0,0216	0,0831	0,1083	0,4375	0,0405	0,0877
Pb	0,0907	0,1537	0,0695	0,0923	0,0710	0,0632	0,0521	0,0851	0,0708	0,0994	0,0608	0,0718

n.d.: Belirlenemedi

Tablo 5.8. Ev, Ofis ve Okullarda Partikül Madde (PM2.5) Kış Örneklemesi Kişisel/İç Ortam ve İç Ortam/Dış Ortam Konsantrasyon Oranları

	Kişisel / İç Ortam Oranları				İç Ortam / Dış Ortam Oranları			
	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler	Tüm Data	Okullar	Ofisler	Evler
As	5,7239	11,1035	6,3311	4,7183	0,2932	0,0914	0,3440	0,3982
V	3,3815	4,5904	3,1111	3,2689	0,4423	0,2556	0,4284	0,5313
Mg	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,0825	9,7895	0,4116	2,8588
Al	1,6005	1,6575	2,0726	1,2968	0,5225	1,6851	0,4189	0,3895
Si	1,5330	1,5382	1,5622	1,5076	0,7814	0,8911	0,8812	0,6667
S	2,7423	3,2416	2,4455	2,7756	0,7393	0,6378	0,9657	0,6721
K	1,8943	4,8388	1,6217	1,4829	0,9933	0,5634	1,0994	1,0910
Ca	1,3637	1,0794	1,6223	1,6040	0,7090	3,4393	0,4865	0,3764
Ti	1,8155	1,4259	2,1439	1,8151	0,5220	1,1723	0,4319	0,4483
Cr	1,9240	4,5294	1,9364	1,4164	0,8219	0,5784	0,8254	0,8918
Mn	2,3108	3,1641	2,3689	2,1096	0,5561	0,2338	0,4131	1,0297
Fe	5,0018	3,3395	8,6312	4,8860	0,2925	0,2751	0,2173	0,3514
Ni	0,8861	3,8781	1,2568	0,5172	1,6932	0,8363	1,0719	2,2966
Cu	3,2741	7,4524	3,5875	2,3634	1,2332	1,1089	1,3348	1,2027
Zn	3,3984	12,6245	5,6110	2,1459	0,5207	0,0894	0,5332	0,9471
Pb	1,2782	2,4317	1,3332	1,0846	1,0024	0,6359	0,8570	1,1861

n.d.: Belirlenemedi

5.4. İnorganik Gaz Kirleticilerin Pasif Örnekleme Sonuçlarının Tartışılması

5.4.1. Yaz Mevsimi Sonuçlarının Tartışılması

Yaz mevsiminde NO₂, SO₂ ve O₃ için Okul, Ofis ve Evlerde İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel pasif örnekleme sonuçları günlük ortalama konsantrasyonlar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) şeklinde Tablo 5.9'da verilmektedir. Pasif örnekleme çalışması okullarda 4, ofislerde 3 ve evlerde 5 noktada gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 5 evde, ev kadınlarının yanısıra aynı evde yaşayan ancak çalışan kişide yapılarak çalışanlar ve ev kadınlarının maruziyet düzeyleri gözlenmiştir.

Tablo 5.9 incelendiğinde okullarda birbirine yakın ve düşük NO₂ konsantrasyonları (22,22-26,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) gözlenirken okullarda en yüksek NO₂ kirlilik düzeyi kişi örneklemeinde (33,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) elde edilmiştir. Ofislerde ise okullara nazaran daha yüksek iç ortam, dış ortam ve kişisel NO₂ konsantrasyonları gözlenmiştir. Tablo 5.9 incelendiğinde NO₂ konsantrasyonları evlerde en yüksek değerlere ulaşırken bunu ofisler ve okullar takip etmektedir. Evlerde mutfak, oturma odası ve yatak odasına konulan pasif örnekleme cihazları gözönüne alındığında en yüksek NO₂ konsantrasyonlarının mutfaklarda elde edilmesi (52,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) mutfakta kullanılan pişirme ocaklarında çoğunlukla doğalgaz kullanılması ve bunun sonucunda da NO₂ konsantrasyonlarının yüksek olduğuna işaret etmektedir. Ev, ofis ve okulların dış ortam SO₂ konsantrasyonları (14,16-36,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) aralığında gözlenirken iç ortamlarda SO₂ kaynağı olabilecek önemli bir kaynağın bulunmaması nedeniyle sadece dış ortamlardan diesel yakıt yakan motorlu taşıtların neden olduğu kirliliğin iç ortamlara taşınması nedeniyle konsantrasyon düzeyleri birbirine yakın ve düşük (2,22-6,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) bulunmuştur. Kişisel SO₂ örnekleme sonuçları da iç ortam sonuçları gibi düşük konsantrasyon (3,06-7,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) aralığında bulunmuştur. Ozon örnekleme sonuçlarına bakıldığında dış ortam ile iç ortam ve kişisel örnekleme O₃ konsantrasyonları arasında önemli bir fark bulunmaktadır. İnorganik kirleticilerin aktif örnekleme bölümünde bahsedildiği gibi fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında O₃ konsantrasyonları (4,05-12,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dış ortam konsantrasyonları (36,87-56,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) görülmektedir. Belirlenen 5 evde seçilen ev kadını ve aynı evde yaşayan fakat çalışan kişilerin inorganik gaz kirleticilere olan maruziyetleri arasındaki farklılıkları

belirleyebilmek amacıyla yapılan yaz mevsimi ölçüm sonuçlarında önemli bir farklılığın bulunmadığını göstermektedir.

Tablo 5.10'da örneklenen ev, okul ve ofislerin iç ortamında birden fazla noktada yapılan pasif örnekleme sonuçları birlikte ele alınmak suretiyle kişi, iç ortam ve dış ortamlar için yaz mevsiminde inorganik gaz kirleticilerin incelenen 3 ortamdaki genel kirlilik düzeylerini karşılaştırma fırsatı bulunmuştur. Tablodan, iç ortam, dış ortam ve kişisel örnekleme sonuçlarının NO₂ için birbirine yakın değerlere sahip olduğunu, ancak durum SO₂ ve O₃ kirleticileri için ele alındığında dış ortamların SO₂ ve O₃ konsantrasyon düzeylerinin iç ortam ve kişisel maruziyet düzeylerine göre oldukça yüksek olduğunu görmekteyiz. Tablo 5.10'a bakıldığında yukarıda anlatılanları açıklar biçimde İç Ortam/Dış Ortam ve Kişi/Dış Ortam oranlarının tüm veri setinde NO₂ için 0,95-1,46 , SO₂ için 0,13-0,22 ve O₃ için 0,11-0,22 aralığında bulunması kişisel ve iç ortam NO₂ maruziyet düzeylerine hem iç hem dış ortamların, SO₂ ve O₃ düzeylerine ise dış ortamların katkısına işaret etmektedir. Her 3 kirletici içinde Kişisel/İç Ortam oranları genellikle 1'in üzerinde (0,87-1,58 aralığında) bulunmuştur. Bu durum kişisel maruziyet düzeylerinin iç ortam maruziyet düzeylerinden çoğunlukla yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.9. Okul,Ofis ve Evlerde Kişi, İç Ortam ve Dış Ortamların Yaz Mevsimi NO₂, SO₂ ve O₃ Konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Okullar (N=3)	Kişi	33,61	7,32	12,32
	Sınıf	22,22	6,50	12,03
	İdareci Odası	26,62	2,74	7,00
	Dış Ortam	25,63	36,69	56,07
Ofisler (N=10)	Kişi	38,54	3,62	6,60
	İç Ortam	41,03	4,18	4,53
	Dış Ortam	38,11	21,34	40,19
Evler (N=15)	Kişi (Çalışan)	30,48	6,31	9,31
	Kişi (Ev Kadını)	41,14	3,06	6,93
	Mutfak	52,08	2,49	4,05
	Oturma Odası	37,32	2,99	5,36
	Yatak Odası	31,58	2,22	4,33
	Dış Ortam	28,11	14,16	36,87

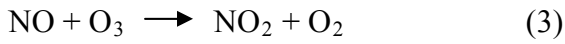
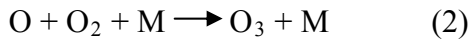
Tablo 5.10. NO₂, SO₂ ve O₃ için Okul, Ofis ve EvlerdeYaz Örnekleme Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Konsantrasyonları (µg/m³) ve Konsantrasyon Oranları

	Mikroçevre	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Kişi (N=28)	Okul	33,61	7,32	12,32
	Ofis	38,54	3,62	6,6
	Ev	41,14	3,06	6,93
İç Ortam (N=61)	Okul	24,42	4,62	9,51
	Ofis	41,03	4,18	4,53
	Ev	40,33	2,57	4,58
Dış Ortam (N=28)	Okul	25,63	36,69	56,07
	Ofis	38,11	21,34	40,19
	Ev	28,11	14,16	36,87
Evler (N=20)	Kişi (Çalışan)	30,48	6,31	9,31
	Kişi (Ev Kadını)	41,14	3,06	6,93
Kişi /İç Ortam	Okul	1,38	1,58	1,30
	Ofis	0,94	0,87	1,46
	Ev	1,02	1,19	1,51
İç Ortam/Dış Ortam	Okul	0,95	0,13	0,17
	Ofis	1,08	0,20	0,11
	Ev	1,43	0,18	0,12
Kişi /Dış Ortam	Okul	1,31	0,20	0,22
	Ofis	1,01	0,17	0,16
	Ev	1,46	0,22	0,19
Çalışan/Çalışmayan	Evler	0,74	2,06	1,34

Endüstri ve trafiğin gözlenen maruziyet düzeylerine olan katkısını belirlemek için çalışmada örneklenen mikroçevreler 3 farklı bölgeden (Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Bölge) seçilmiştir. Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Bölgelerdeki NO₂, SO₂ ve O₃ lerin konsantrasyonları Tablo 5.11’de verilmektedir. Elde edilen sonuçlar NO₂ ve SO₂ konsantrasyonlarının trafiğin yoğun olduğu Kentsel Alanların dış ortamlarında yüksek olması (NO₂ ve SO₂ sırasıyla 40,50 ve 26,12 µg/m³) trafik emisyonlarının bölgede ölçülen NO₂ konsantrasyonlarını belirleyen en önemli kaynak olduğunu göstermektedir. Endüstri bölgesi dış ortamlarında ölçülen NO₂ konsantrasyonlarının (23,59 µg/m³) endüstri ve trafikten uzak bölgelerin dış ortamlarından (14,96 µg/m³) yüksek olmaması da bunun bir diğer göstergesidir. NO₂ için bahsedilen bu durum SO₂ içinde gözlenmiştir. Yaz mevsiminde ısınma amaçlı S içeren fosil yakıtlar yakılmadığından özellikle Kentsel Alanlarda dış ortam SO₂ konsantrasyonlarının (26,12

$\mu\text{g}/\text{m}^3$) diğer bölgelere (Endüstriyel Alanlarda $13,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Endüstri ve Trafikten Uzak Bölgede ise $5,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$) göre daha yüksek olması dizel yakıt kullanan motorlu kara taşıtlarına işaret etmektedir.

Sonuçlar O_3 konsantrasyonlarının yerleşim ve endüstri bölgelerinde düşük, kaynaklara uzak noktalarda (endüstri ve trafikten uzak alanlarda) ise yüksek olduğunu göstermiştir. Bu NO 'nun O_3 ile reaksiyona girerek NO_2 oluşturması ve bu sırada O_3 'ün tüketilmesine uyan bir dağılımdır. NO ve NO_2 nin yüksek olduğu bölgelerde aşağıda verilen reaksiyonlar sonucunda O_3 parçalandığından NO kaynaklarının yakınında O_3 konsantrasyonları genellikle düşük olmaktadır.



Kentlerin merkezinde O_3 konsantrasyonlarının düşük ve kırsal bölgelerde yüksek olması çevre çalışmalarında genellikle gözlenen bir özelliktir. Çalışma alanında gözlenen O_3 sonuçları da bu mekanizma ile uyumludur. Tablo 5.11'de görülebileceği gibi NO_2 'nin yüksek olduğu yerlerde O_3 düşük (Kentsel Alanda NO_2 : $40,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, O_3 : $33,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$), NO_2 nin düşük olduğu yerlerde O_3 yüksek (Endüstri ve Trafikten Uzak Alanda NO_2 : $14,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$, O_3 : $61,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bulunmuştur.

Tablo 5.11. NO_2 , SO_2 ve O_3 için Kentsel, Endüstriyel ve Sanayii ve Trafikten Uzak Bölgelerde Yaz Örneklemesi Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Çalışma Bölgesi	Ortam	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Kentsel Alan	Kişi	42,25	4,74	6,78
	İç Ortam	45,41	3,39	4,59
	Dış Ortam	40,50	26,12	33,26
Endüstriyel Alan	Kişi	36,04	3,71	8,11
	İç Ortam	37,55	2,88	4,94
	Dış Ortam	23,59	13,40	42,18
Sanayi ve Trafikten Uzak Alan	Kişi	24,71	2,36	10,58
	İç Ortam	21,25	2,08	6,96
	Dış Ortam	14,96	5,86	61,15

5.4.2. Kış Mevsimi Sonuçlarının Tartışılması

Kış mevsiminde NO₂, SO₂ ve O₃ için Okul, Ofis ve Evlerde İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel pasif örnekleme sonuçları günlük ortalama konsantrasyonlar (µg/m³) şeklinde Tablo 5.12’de verilmektedir. Yaz örnekleme olduğu gibi kış örnekleme de pasif örnekleme çalışması okullarda 4, ofislerde 3 ve evlerde 5 noktada gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 5 evde, ev kadınlarının yanısıra aynı evde yaşayan ancak çalışan kişide yapılarak çalışanlar ve ev kadınlarının maruziyet düzeyleri gözlenmiştir.

Tablo 5.12 incelendiğinde NO₂ konsantrasyonları okullarda en yüksek değerlere ulaşırken bunu evler ve ofisler takip etmektedir. Tablo 5.12 incelendiğinde yaz örnekleme aksine okullarda en yüksek NO₂ konsantrasyonları (65,08-92,34 µg/m³ aralığında) gözlenirken en yüksek NO₂ kirlilik düzeyi dış ortam örnekleme (93,80 µg/m³) 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 örnekleme cihazları gözönüne alındığında en yüksek NO₂ konsantrasyonları yaz mevsiminde olduğu gibi mutfaklarda (78,82 µg/m³) elde edilmiştir. Ev, ofis ve okulların dış ortam SO₂ konsantrasyonları yaz mevsimine göre biraz daha yüksek düzeylerde (21,14-39,58 µg/m³) bulunurken iç ortamlarda SO₂ kirliliğine neden olabilecek önemli bir kaynağın bulunmaması nedeniyle sadece dış ortamlardan ısınma amaçlı fosil yakıt yakılması ve diesel yakıt yakan motorlu taşıtların neden olduğu kirliliğin iç ortamlara taşınması nedeniyle konsantrasyon düzeyleri birbirine yakın ve düşük (4,76-19,97 µg/m³) bulunmuştur. Kişisel SO₂ örnekleme sonuçları da iç ortam sonuçları gibi düşük konsantrasyon (4,77-7,07 µg/m³) aralığında bulunmuştur. Ozon örnekleme sonuçlarına bakıldığında yaz mevsiminde görülen dış ortam ve iç ortam O₃ konsantrasyonları arasında önemli fark kış mevsiminde görülmemiştir. Dış ortam ortalama sıcaklıklarının kış mevsiminde (9 °C) yaz mevsimine (24 °C) göre daha düşük seyretmesi nedeniyle fotokimyasal reaksiyonlar tamamlanamaması sonucunda örneklenen mikroçevrelerin hem iç ortam O₃ konsantrasyonları (2,62-2,73 µg/m³) hem de dış ortam O₃ konsantrasyonları (6,85-7,54 µg/m³) 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 µg/m³) iç ortam O₃ düzeylerine benzer şekilde düşük bulunmuştur. Belirlenen 5 evde seçilen ev kadını 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 5.13’de örneklenen ev, okul ve ofislerin iç ortamında birden fazla noktada yapılan pasif örnekleme sonuçları birlikte ele alınmak suretiyle kişi, iç ortam ve dış ortamlar için kış mevsiminde inorganik gaz kirleticilerin incelenen 3 ortamdaki genel kirlilik düzeylerini karşılaştırılmıştır. Tablodan, iç ortam, dış ortam ve kişisel örnekleme sonuçlarının NO₂ ve O₃ kirleticileri için birbirine yakın değerlere sahip olduğunu, ancak durum SO₂ kirleticisi için ele alındığında dış ortamların SO₂ konsantrasyon düzeylerinin iç ortam ve kişisel maruziyet düzeylerine göre oldukça yüksek olduğunu görmekteyiz. Tablo 5.13’e bakıldığında, İç Ortam/Dış Ortam ve Kişi/Dış Ortam oranlarının tüm veri setinde NO₂ için 0,84-1,17 , SO₂ için 0,14-0,34 ve O₃ için 0,31-0,49 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 3 kirletici içinde Kişisel/İç Ortam oranları yaz mevsimine oranla düşerek 1’e çok yakın (0,42-1,22 aralığında) değerlerde bulunmuştur. Bu durum kişisel maruziyet düzeylerinin iç ortam maruziyet düzeylerine yakın değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Örnekleme yapılan kişilerin iç ortamlarda geçirdikleri süreler kış mevsiminde ortalama 21.5 saat iken yaz mevsiminde ortalama 19.6 saat olması nedeniyle kişisel maruziyet düzeyleri yaza oranla kışın daha fazla iç ortam düzeylerine paralellik göstermektedir.

Tablo 5.12. Okul,Ofis ve Evlerde Kişi, İç Ortam ve Dış Ortamların Kış Mevsimi NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları (µg/m³)

Mikroçevre	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Okullar (N=3)	Kişi	80,11	5,58	2,25
	Sınıf	65,08	6,65	2,29
	İdareci Odası	92,34	19,97	2,94
	Dış Ortam	93,80	39,58	7,19
Ofisler (N=10)	Kişi	63,11	7,07	2,76
	İç Ortam	56,54	7,21	2,71
	Dış Ortam	53,75	21,14	7,54
Evler (N=15)	Kişi (Çalışan)	75,09	4,77	2,91
	Kişi (Ev Kadını)	67,98	6,48	3,33
	Mutfak	78,82	4,76	2,93
	Oturma Odası	57,29	8,53	2,47
	Yatak Odası	51,45	5,78	2,78
	Dış Ortam	63,99	21,37	6,85

Tablo 5.13. NO₂, SO₂ ve O₃ için Okul, Ofis ve Evlerde Kış Örnekleme Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Konsantrasyonları (µg/m³) ve Konsantrasyon Oranları

	Mikroçevre	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Kişi (N=28)	Okul	80,11	5,58	2,25
	Ofis	63,11	7,07	2,76
	Ev	67,98	6,48	3,33
İç Ortam (N=61)	Okul	78,71	13,31	2,62
	Ofis	56,54	7,21	2,71
	Ev	62,52	6,36	2,73
Dış Ortam (N=28)	Okul	93,8	39,58	7,19
	Ofis	53,75	21,14	7,54
	Ev	63,99	21,37	6,85
Evler (N=20)	Kişi (Çalışan)	75,09	4,77	2,91
	Kişi (Ev Kadını)	67,98	6,48	3,33
Kişi/İç Ortam	Okul	1,02	0,42	0,86
	Ofis	1,12	0,98	1,02
	Ev	1,09	1,02	1,22
İç Ortam/Dış Ortam	Okul	0,84	0,34	0,36
	Ofis	1,05	0,34	0,36
	Ev	0,98	0,30	0,40
Kişi /Dış Ortam	Okul	0,85	0,14	0,31
	Ofis	1,17	0,33	0,37
	Ev	1,06	0,30	0,49
Çalışan/Çalışmayan	Evler	1,10	0,74	0,87

Endüstri ve trafiğin gözlenen maruziyet düzeylerine olan katkısını belirlemek için örneklenen 3 farklı bölgeden (Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Bölge) elde edilen sonuçlar kış mevsimi için de değerlendirilmiştir. Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Bölgelerdeki NO₂, SO₂ ve O₃ konsantrasyonları Tablo 5.14'de verilmektedir. Elde edilen sonuçlar NO₂ ve SO₂ konsantrasyonlarının yaz mevsiminde olduğu gibi sadece trafiğin yoğun olduğu Kentsel Alanların dış ortamlarında değilde 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 ; Sanayi ve Trafikten Uzak Alanlarda, 57,55 ve 41,19 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.

Dış ortam O₃ konsantrasyonları yerleşim ve endüstri bölgelerinde düşük, kaynaklara uzak noktalarda (endüstri ve trafikten uzak alanlarda) ise yüksek olduğu bulunmuştur. Bu NO'nun O₃ ile reaksiyona girerek NO₂ oluşturması ve bu sırada O₃'ün tüketilmesine uyan bir dağılımdır. Çalışma alanında gözlenen O₃ sonuçları da bu mekanizma ile uyumlu olmakla birlikte sonuçlar yaz mevsimi kadar belirgin değildir. Tablo 5.14'de görülebileceği gibi 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) Sanayi ve Trafikten Uzak Alanlardan elde edilen sonuçlara çok yakın olduğunu göstermektedir. NO₂ konsantrasyonlarının yaz oranla çok yüksek seyrettiği Sanayi ve Trafikten Uzak Alanlarda NO'in NO₂'ye yükseltgenmesi sırasında O₃'ün tüketilmesi ve sıcaklıkların kışın düşmesi nedeniyle fotokimyasal reaksiyonların tamamlanamaması yaz mevsimine oranla çok daha düşük O₃ değerlerini beraberinde getirmiştir.

Tablo 5.14. NO₂, SO₂ ve O₃ için Kentsel, Endüstriyel ve Sanayii ve Trafikten Uzak Bölgelerde Kış Örneklemesi Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Konsantrasyonları (µg/m³)

Çalışma Bölgesi	Ortam	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
Kentsel Alan	Kişi	65,78	7,22	2,81
	İç Ortam	61,76	7,16	2,78
	Dış Ortam	57,50	18,34	6,70
Endüstriyel Alan	Kişi	77,53	5,24	2,90
	İç Ortam	72,77	6,17	2,42
	Dış Ortam	76,24	23,43	5,90
Sanayi ve Trafikten Uzak Alan	Kişi	44,62	7,28	3,99

	İç Ortam	47,36	9,30	3,19
	Dış Ortam	57,55	41,19	11,52

5.5. İnorganik Kirleticilerin Mevsimsel Değişimlerinin Tartışılması

5.5.1. İnorganik Gaz Kirleticiler

Tablo 5.15, Tablo 5.16 ve Tablo 5.17’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. Tablolardan da görüleceği gibi NO₂ ve SO₂ için yaz/kış konsantrasyon oranları ev, ofis ve okulların iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet örneklemelelerinde 1’den küçük bulunmuştur. Bu nedenle trafik yoğunluğunda ve ısınma amaçlı olarak fosil yakıtların kullanımındaki artış kış mevsiminde NO₂ ve SO₂ konsantrasyonları üzerinde kış mevsiminde 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 sıcaklıkları nedeniyle kış mevsiminde fotokimyasal reaksiyonların oluşmamasına bağlıdır.

Tablo 5.15. Evlerde İnorganik Gaz Kirleticilerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları

	Ev Örnekleme								
	İç Ortam			Dış Ortam			Kişisel		
	Ort	Std	Ortanca	Ort	Std	Ortanca	Ort	Std	Ortanca
NO ₂	0,75	0,39	0,55	0,51	0,31	0,37	0,77	0,52	0,56
SO ₂	0,68	0,52	0,50	1,32	2,31	0,44	0,86	0,69	0,82
O ₃	1,72	0,92	1,68	8,45	7,04	6,31	2,14	0,84	2,12

Tablo 5.16. Ofislerde İnorganik Gaz Kirleticilerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları

	Ofis Örnekleme								
	İç Ortam			Dış Ortam			Kişisel		
	Ort	Std	Ortanca	Ort	Std	Ortanca	Ort	Std	Ortanca
NO ₂	0,80	0,48	0,60	0,97	0,78	0,58	0,65	0,23	0,54
SO ₂	1,35	1,67	0,90	1,40	2,19	0,49	0,69	0,46	0,57
O ₃	1,72	1,17	1,21	7,76	6,35	5,78	2,70	2,20	2,11

Tablo 5.17. Okullarda İnorganik Gaz Kirleticilerin Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları

	Okul Örnekleme								
	İç Ortam			Dış Ortam			Kişisel		
	Ort	Std	Ortanca	Ort	Std	Ortanca	Ort	Std	Ortanca
NO ₂	0,29	0,22	0,28	0,23	0,25	0,13	0,44	0,13	0,49

SO ₂	0,67	0,87	0,29	0,86	0,70	1,13	1,33	1,35	0,88
O ₃	3,86	1,89	4,47	11,84	6,45	13,68	5,74	3,05	5,09

5.5.2. Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Ağır Metaller

Tablo 5.18’de örnekleme yapılan tüm mikroçevrelerde PM10 partikül fraksiyonu için iç ortam ve dış ortam, PM2.5 partikül fraksiyonu için ise iç ortam, dış ortam ve kişisel örnekleme Yaz/Kış konsantrasyon oranları verilmektedir.

Hem PM10 hemde PM2.5 partikül fraksiyonu için iç ve dış ortamlarda Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Mn ve Fe gibi toprak kaynaklı elementlerin Yaz/Kış konsantrasyon oranları 1’in üzerinde olması yaz mevsiminde toprak kaynaklı elementlerin konsantrasyon düzeylerinin kış mevsimine oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir. PM10 partikül fraksiyonunda sözü edilen toprak kaynaklı elementler yaz mevsiminde toprağın genellikle kuru olması nedeniyle rüzgar hızına bağlı olarak rahatlıkla taşınabilirken kış mevsiminde ise yağmur ve kar yağışı nedeniyle elementlerin süspansiyonu zorlaşacaktır. Bunun sonucu olarak Yaz/Kış oranları toprak kaynaklı elementler için 1’in üzerinde bulunmuştur.

İnsan kaynaklı elementler ise toprak kaynaklı elementlerden farklı karakter göstermektedir. Endüstri ve trafiğin etkisiyle ortaya çıkan insan kaynaklı kirleticilerde Yaz/Kış oranı her iki partikül fraksiyonunda da 1’in altında bulunmuştur. Kışın ısınma amacıyla ve endüstride üretimlerin artmasına bağlı olarak fosil yakıtların daha fazla kullanılması, motorlu taşıtların soğuk çalışma emisyonlarının daha fazla olması, şehirdeki araç sayısının daha fazla olması gibi etkenler nedeniyle kış konsantrasyonlarının yüksek olmasına bağlı olarak oranlarda 1’in altında kalmıştır. Özellikle PM2.5 partikül fraksiyonunda taşınan elementlerin bölgesel taşınımları söz konusu olabilmektedir. Hava hareketlerine bağlı olarak uzun mesafeli olarak taşınabilen ince partiküller içerisinde taşınan elementler geldikleri ülkelerin kirliliğini ülkemize taşıyabilmektedirler. Tablo 5.18’den de görüldüğü gibi As, V, S, Cr, Ni, Cu, Zn ve Pb gibi insan kaynaklı elementlerin PM2.5 partikülleri için Yaz/Kış oranları, iç ortamlarda 0,44-6,31 aralığında, dış ortamlarda 0,41-3,92 aralığında ve kişisel örneklemede ise 0,56-1,61 aralığında bulunmuş olup Zn haricinde hemen hemen elementlerin tamamında oran 1’in altındadır. Zn için özellikle iç ortamlarda tespit edilen yüksek Yaz/Kış oranları, Zn elementi için iç ortamlarda önemli bir kirletici kaynağına işaret etmektedir.

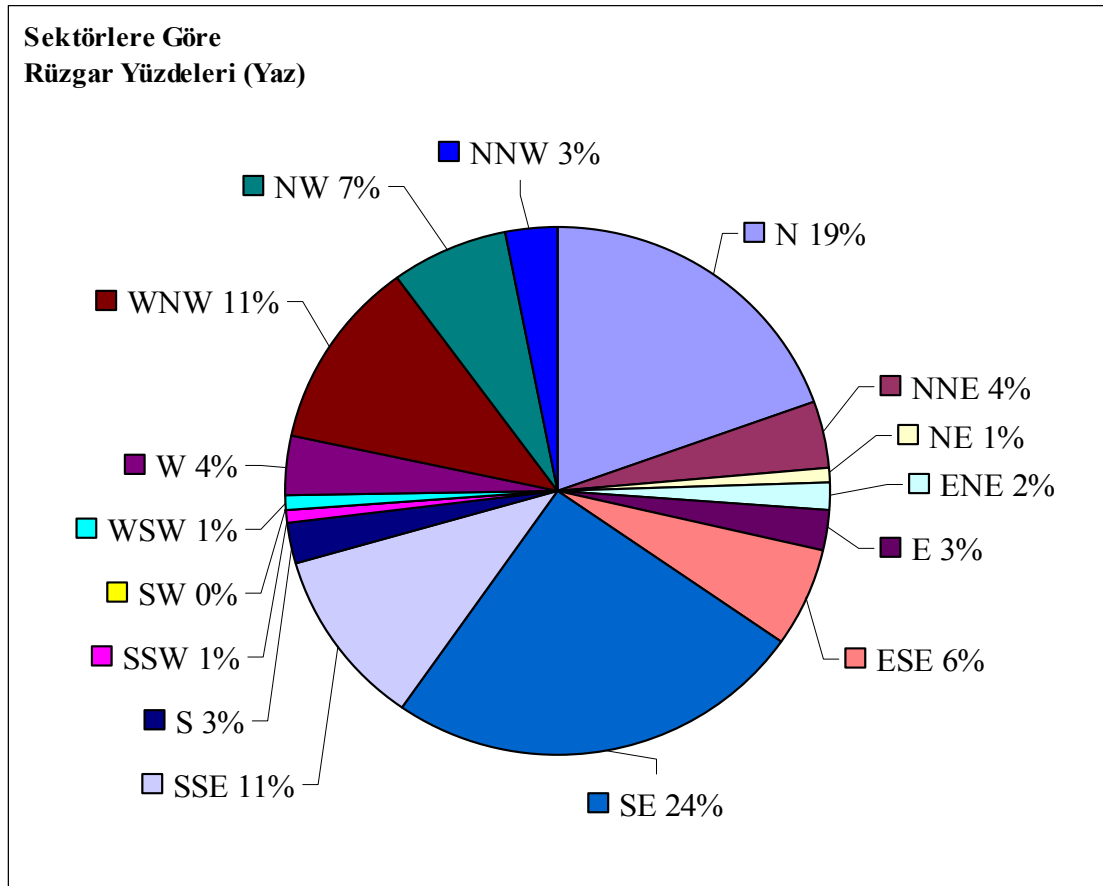
Tablo 5.18. İç ve Dış Ortam PM10 ve İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel PM2.5 Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları

	PM10 Yaz/Kış Oranları		PM2.5 Yaz/Kış Oranları		
	İç Ortam (N=28)	Dış Ortam (N=28)	İç Ortam (N=28)	Dış Ortam (N=28)	Kişisel (N=28)
As	0,75	1,00	1,17	0,89	1,06
V	0,32	0,42	0,77	0,91	1,61
Mg	1,17	2,53	2,11	3,02	n.d.
Al	1,56	1,76	1,75	1,80	50,63
Si	2,05	2,49	1,83	3,73	1,85
S	0,90	0,98	1,02	1,17	1,23
K	1,06	1,14	1,32	0,99	1,07
Ca	2,03	2,20	1,74	3,80	5,77
Ti	1,78	1,64	1,50	1,30	0,85
Cr	0,43	0,58	0,46	0,43	1,00
Mn	1,44	4,19	1,25	2,21	0,60
Fe	64,99	3,62	42,14	79,11	76,48
Ni	0,43	0,18	0,49	0,41	0,56
Cu	0,61	0,70	0,44	0,44	0,70
Zn	27,86	2,16	6,31	3,92	0,63
Pb	0,79	0,93	0,66	2,55	0,71

5.6. İnorganik Kirlilik Düzeylerinin Meteorolojik Verilerle İlişkilendirilmesi

5.6.1. Yaz Örnekleme

Çevre kirliliği çalışmalarında, kirletici kaynak türlerini belirleyebilmek için faydalanan araçlardan biri de kirleticilerin olduğu kaynaktan daha uzaklara taşınmalarını sağlayan hava hareketlerinin yönüne göre değerlendirmeler yapmaktır. Örnekleme ler 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 Şekil 5.19 da verilen pay grafiği 16 farklı sektör (yön) dikkate alınarak hazırlanmıştır.

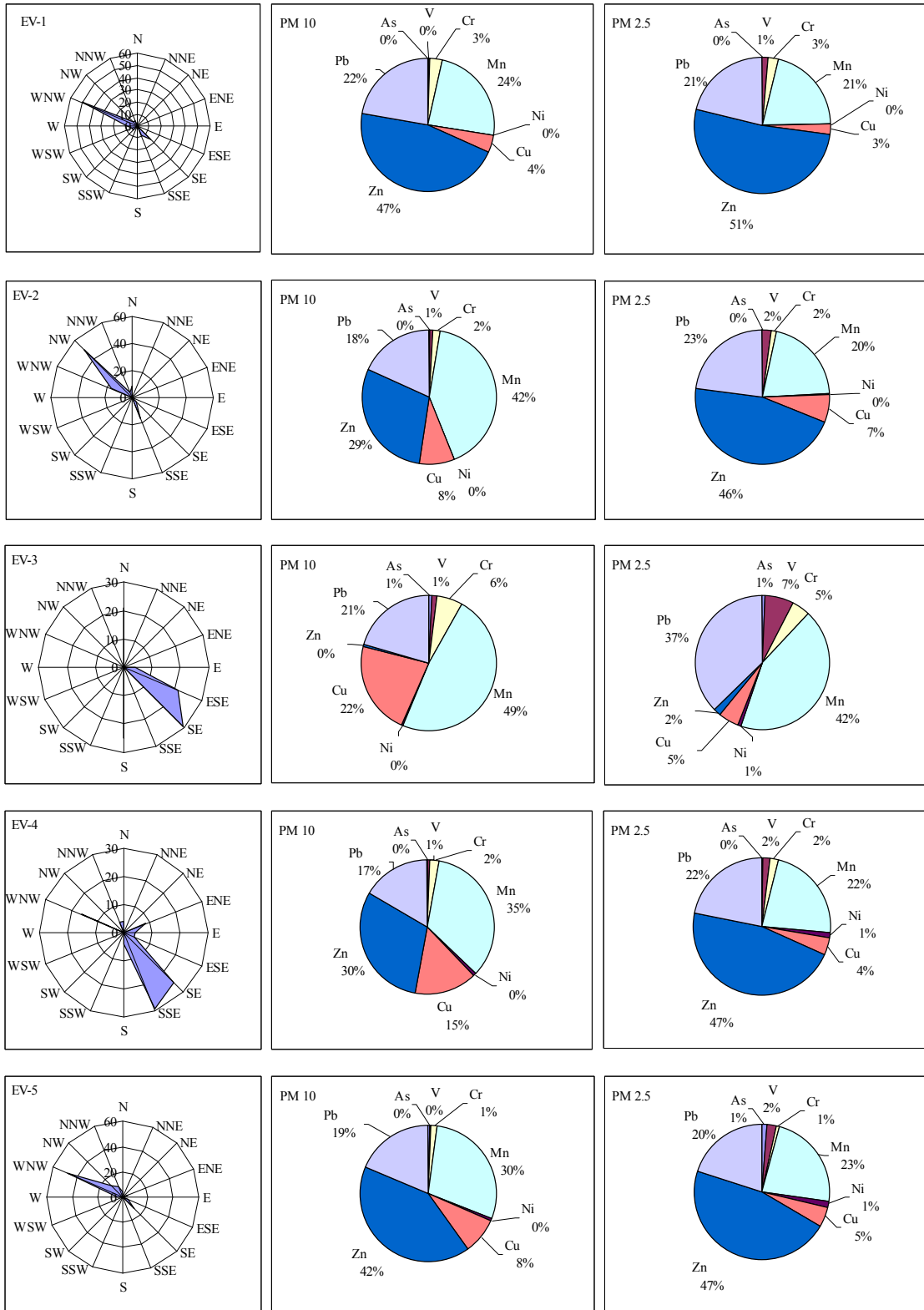


Şekil 5.19. Yaz Örnekleme Süresi Boyunca Her Bir Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri

Yaz örnekleme 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.

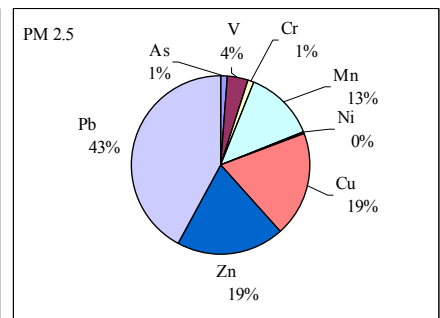
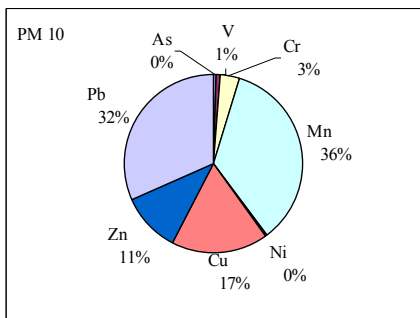
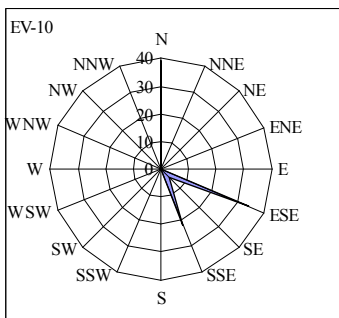
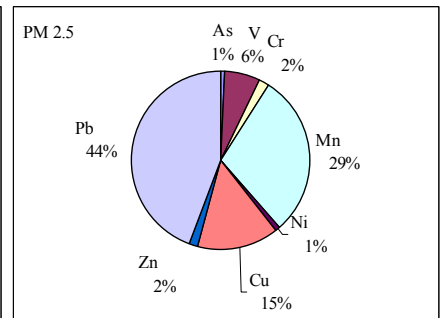
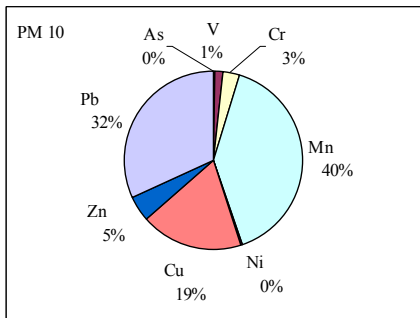
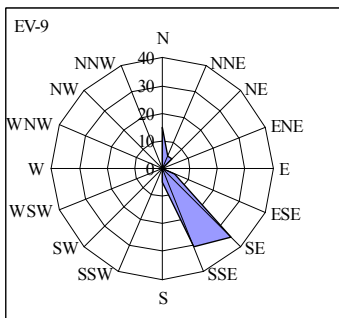
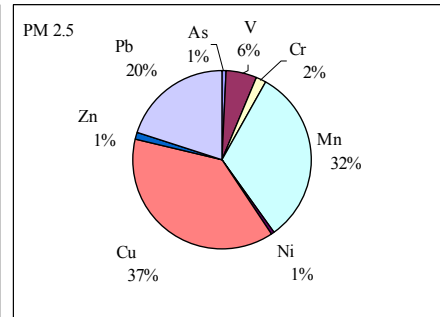
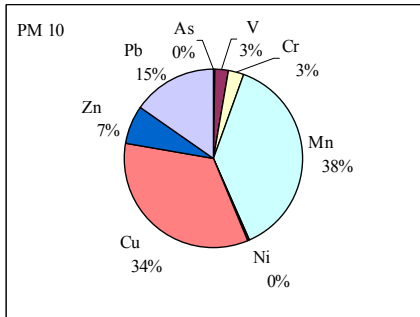
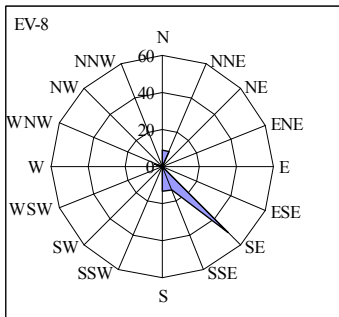
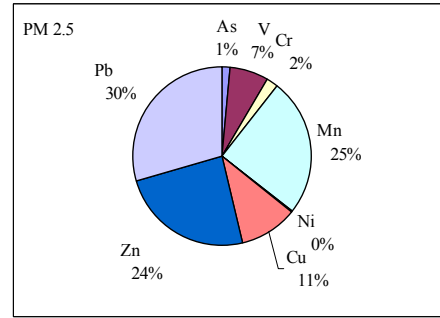
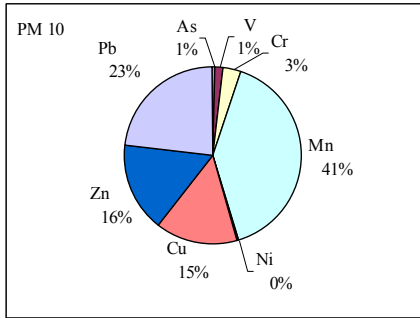
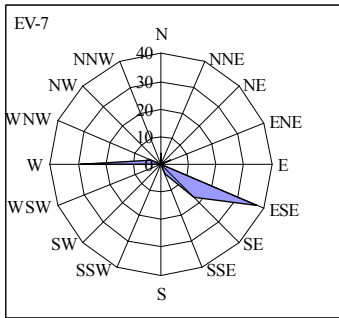
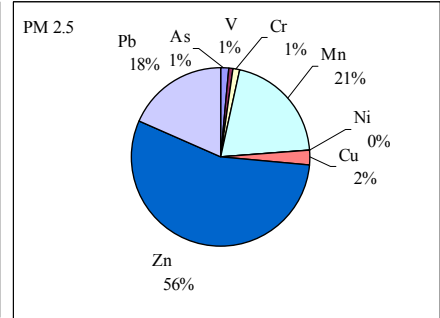
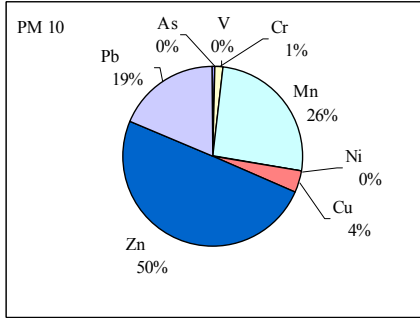
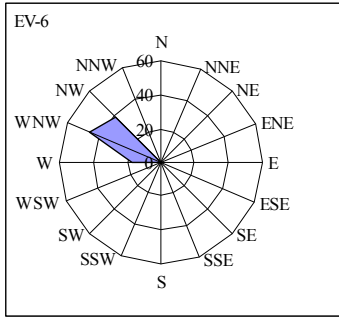
Bu çalışma kapsamında her bir dış ortam örnekleme noktasından alınan partikül madde örneklerindeki element konsantrasyonlarına katkıda bulunabilecek önemli yerel kaynaklar hakkında ön bir bilgi elde edebilmek amacıyla günlük ortalama rüzgar yönlerinden faydalanılmıştır. Bu amaçla örneklerin alındığı 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 5.20 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 ark., 2008). Daha önce yapılan çalışmalarda demir çelik ve boya endüstrisi gibi tesislerden kaynaklandığı belirlenen manganın (Lin ve ark., 2002; Pekey ve ark., 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 5.19 ve Tablo 5.20’de verilmiştir.

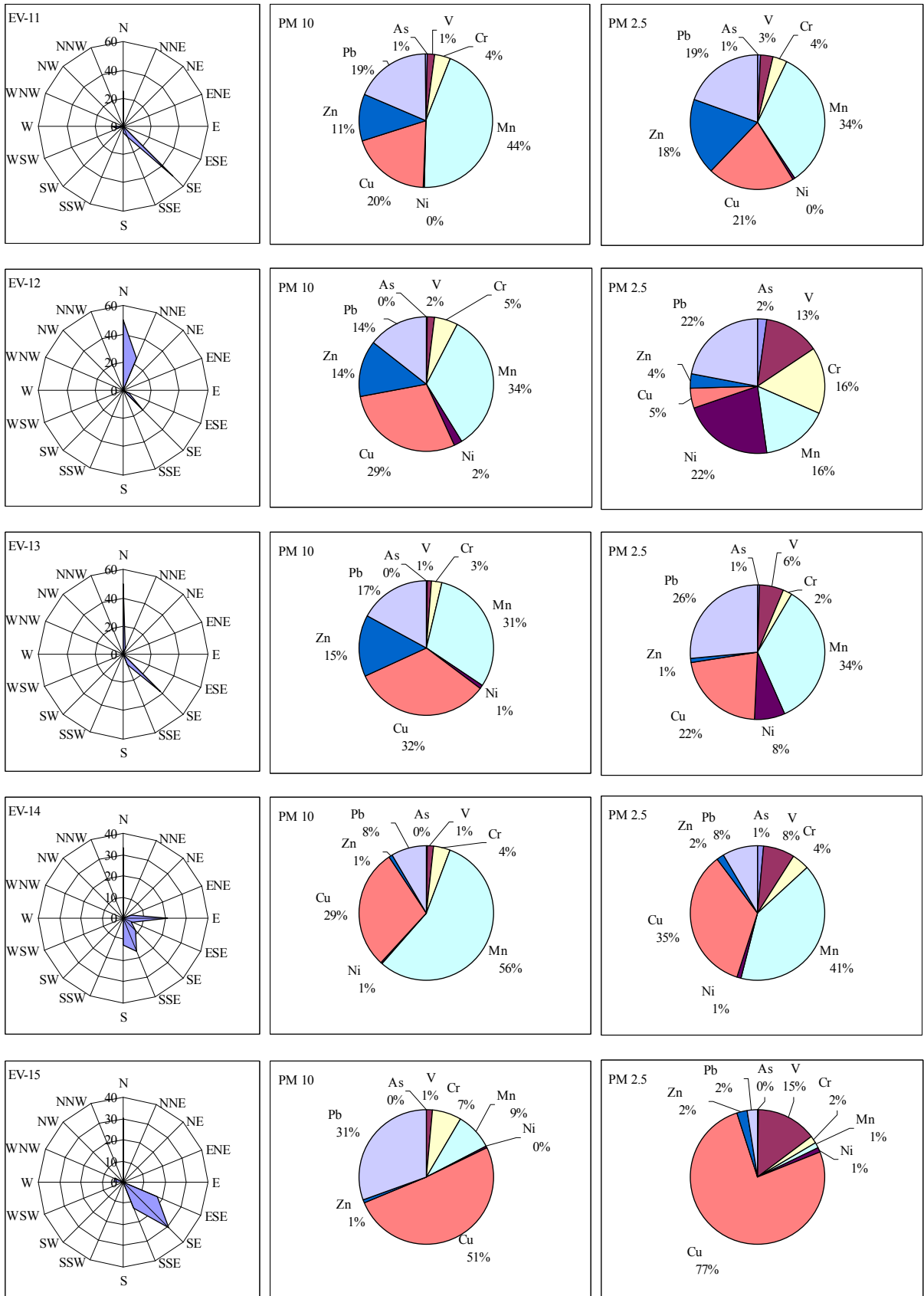


Şekil 5.20. Yaz Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10)

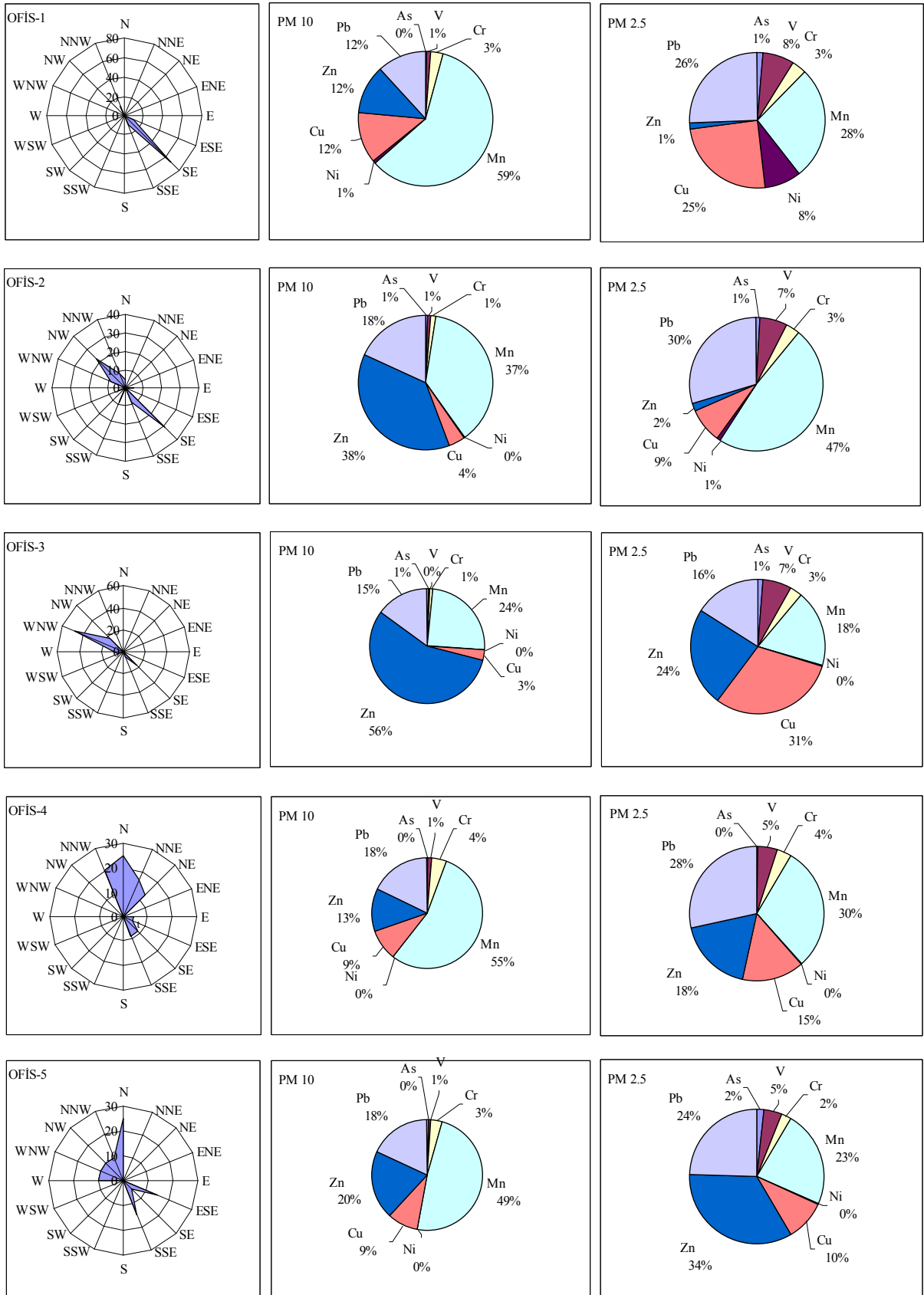
ve PM2.5) Ağır Metaller Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



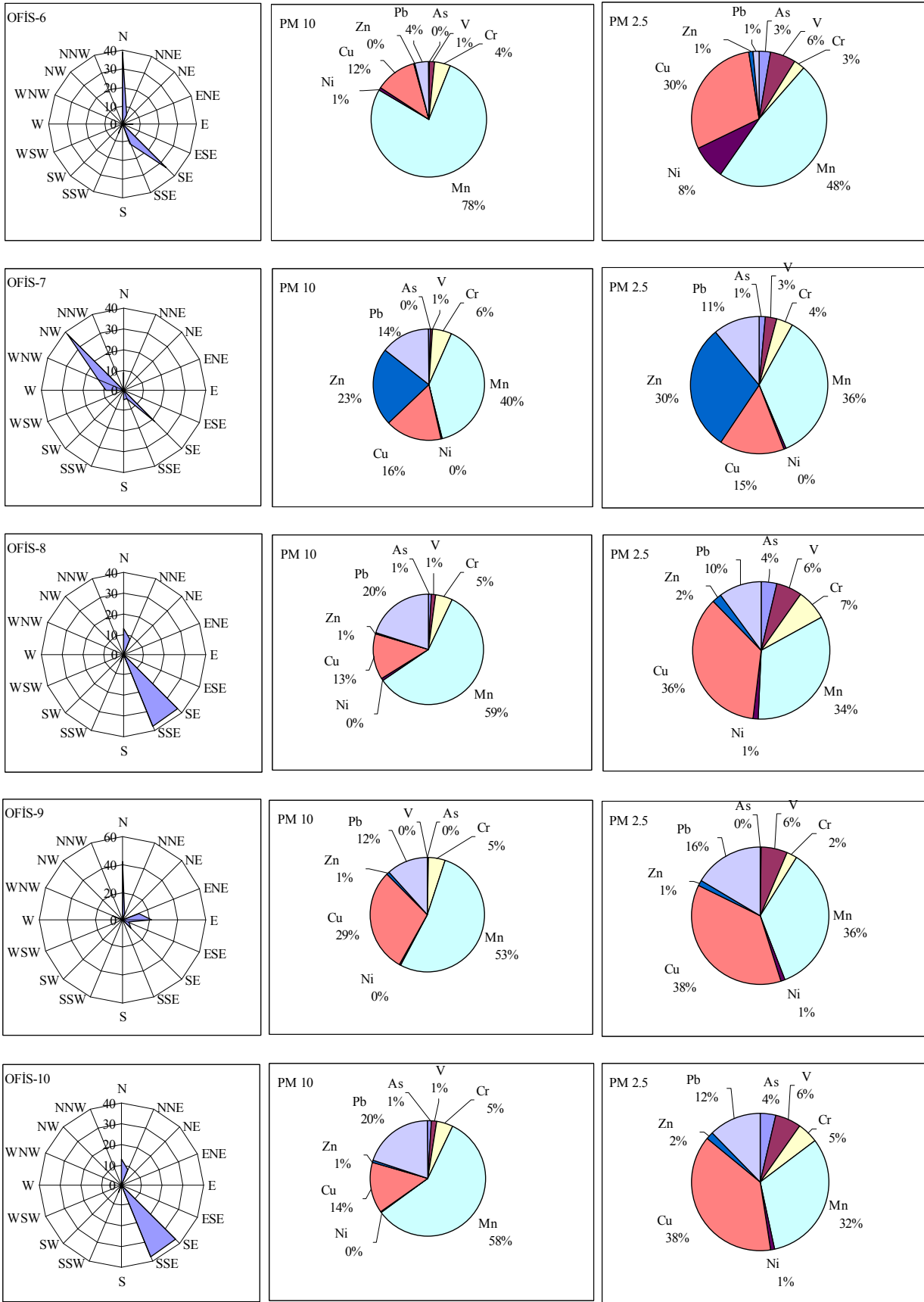
Şekil 5.20. (Devamı)



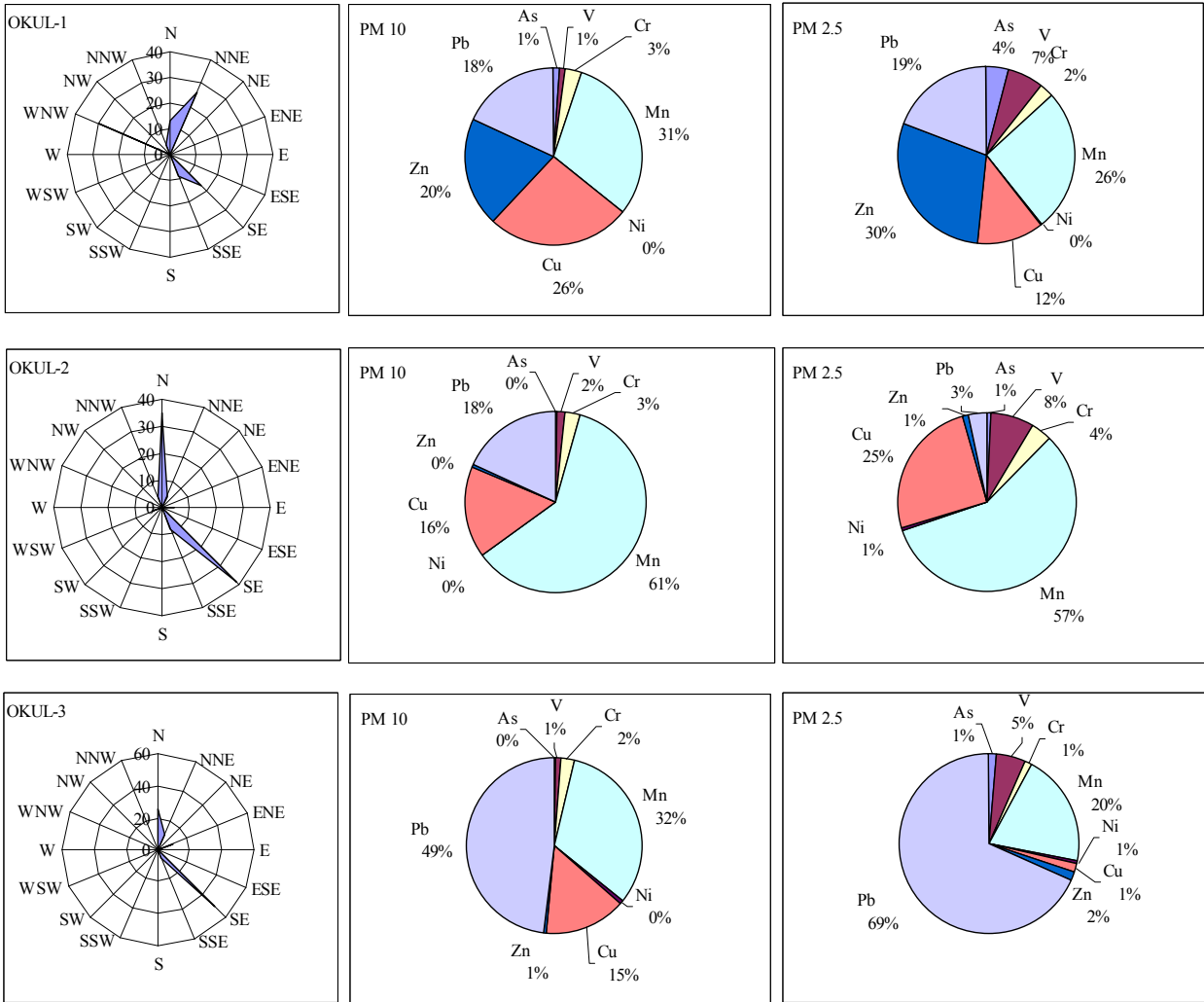
Şekil 5.20. (Devamı)



Şekil 5.20. (Devamı)



Şekil 5.20. (Devamı)



Şekil 5.20. (Devamı)

Tablo 5.19. Yaz Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda PM10 Fraksiyonunda Bulunan Ağır Metaller Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki element yüzdesi (%) [Eser element/Σ(Eser 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 5.19. (Devamı)

Örnek Adı	Örnekteki element yüzdesi (%) [Eser element/ Σ (Eser 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 5.20. Yaz Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda PM2.5 Fraksiyonunda Bulunan Ağır Metaller Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki element yüzdesi (%) [Eser element/Σ(Eser 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 5.20 (Devamı)

Örnek Adı	Örnekteki element yüzdesi (%) [Eser element/ Σ (Eser 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 ark. 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 çökeldikten 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 ve 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 (Yatkin ve Bayram (a), 2008) ve aynı zamanda trafikten kaynaklanan kirletici grubu içerisinde yer almaktadır (Ragosta ve ark., 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.

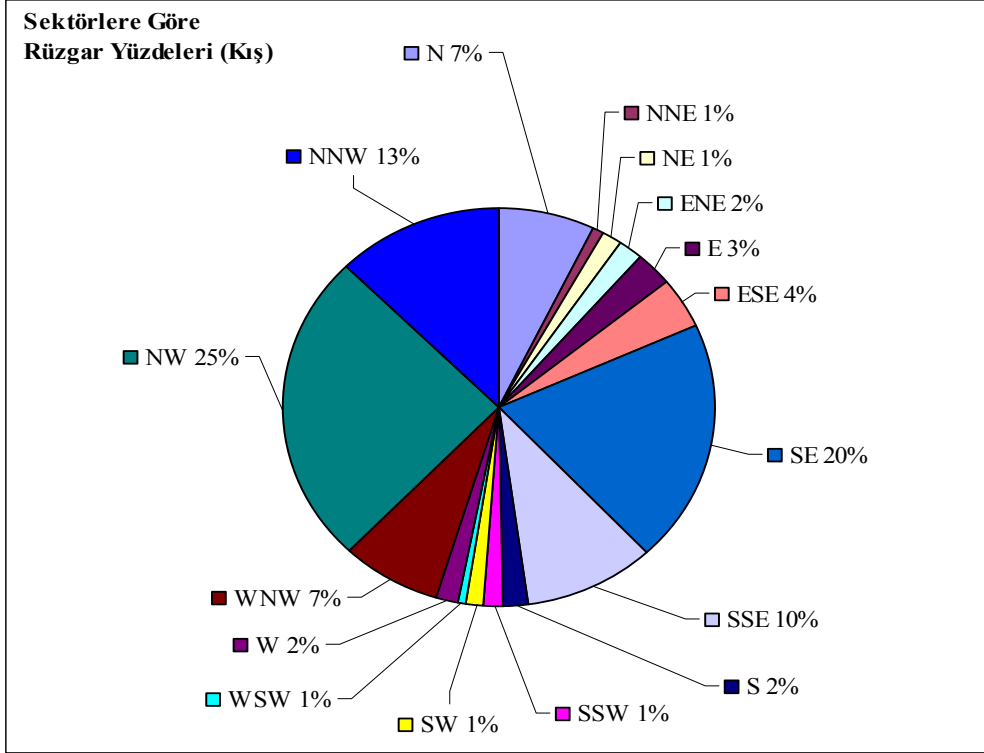
İzmit merkez yoğun nüfus ve trafiğin olduğu bir bölgedir. Yoğun araç trafiğinden kaynaklanan emisyonlar sıkışık düzendeki evler, yüksek ticari binalar ve kentin çanak şeklindeki topoğrafik yapısı nedeni ile kirleticiler çoğu zaman yeterince dağılamamakta aynı bölgede kalmakta veya çökelmektedir. Bu nedenle 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 Ni, Cr, V 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, Pb, Cu, Mn, Ni, Sn, Co ve Zn 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 PM_{2.5} örneklerinde element konsantrasyonları incelendiğinde Pb ve Zn elementlerinin motorlu karayolu taşıtlarının iz elementleri olduğu tespit edilirken, Ni, Cr 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.

5.6.2. Kış Örnekleme

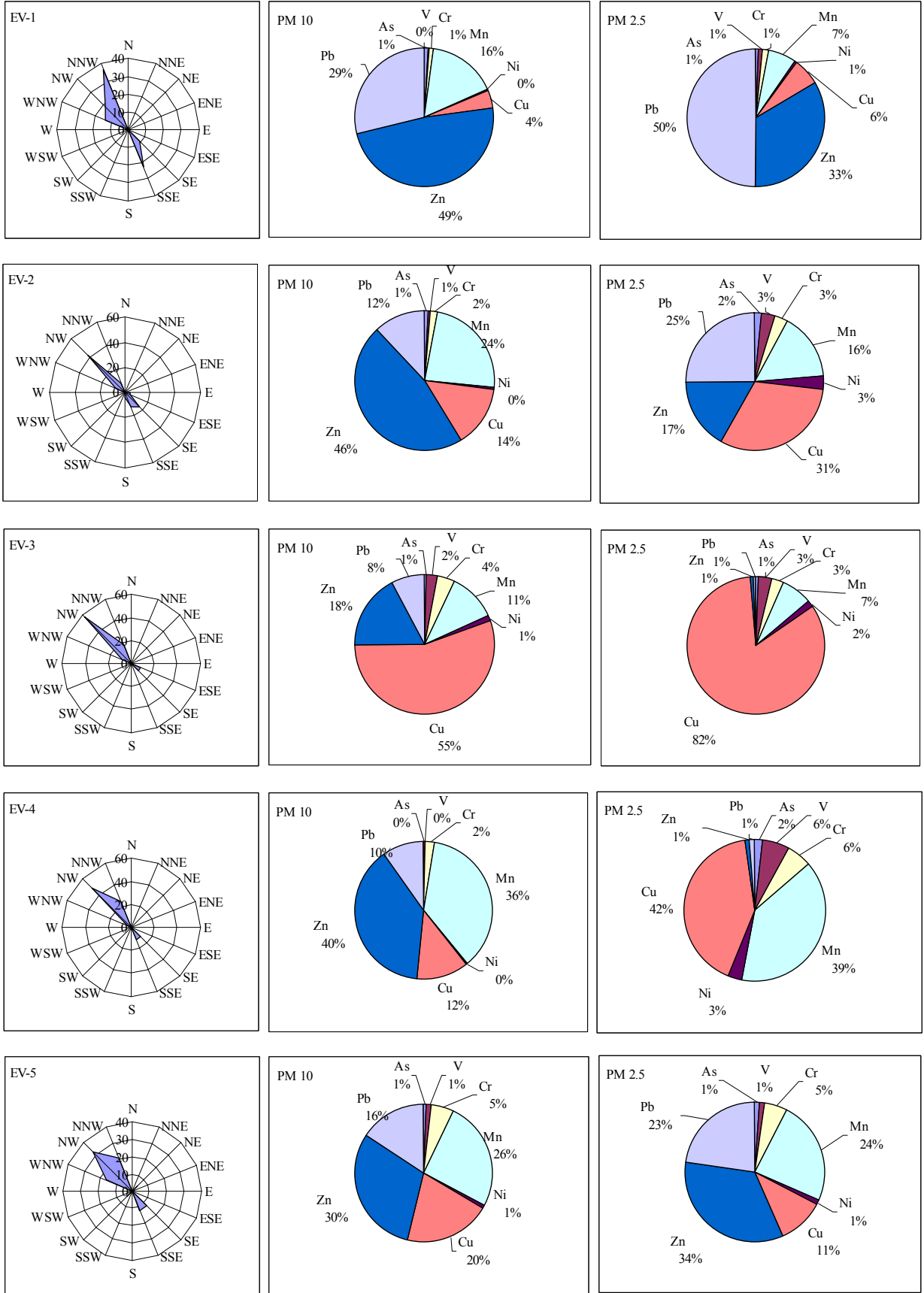
Yaz örnekleme döneminde olduğu gibi kirletici kaynak türleri hakkındaki verileri güçlendirmek amacıyla kış örneklemesinin yapıldığı 16 Aralık 2006-20 Ocak 2007 tarih aralığına ait günlük rüzgar esme sayısı verilerinden yararlanılarak çizilen pay grafiği Şekil 5.21’de verilmiştir.



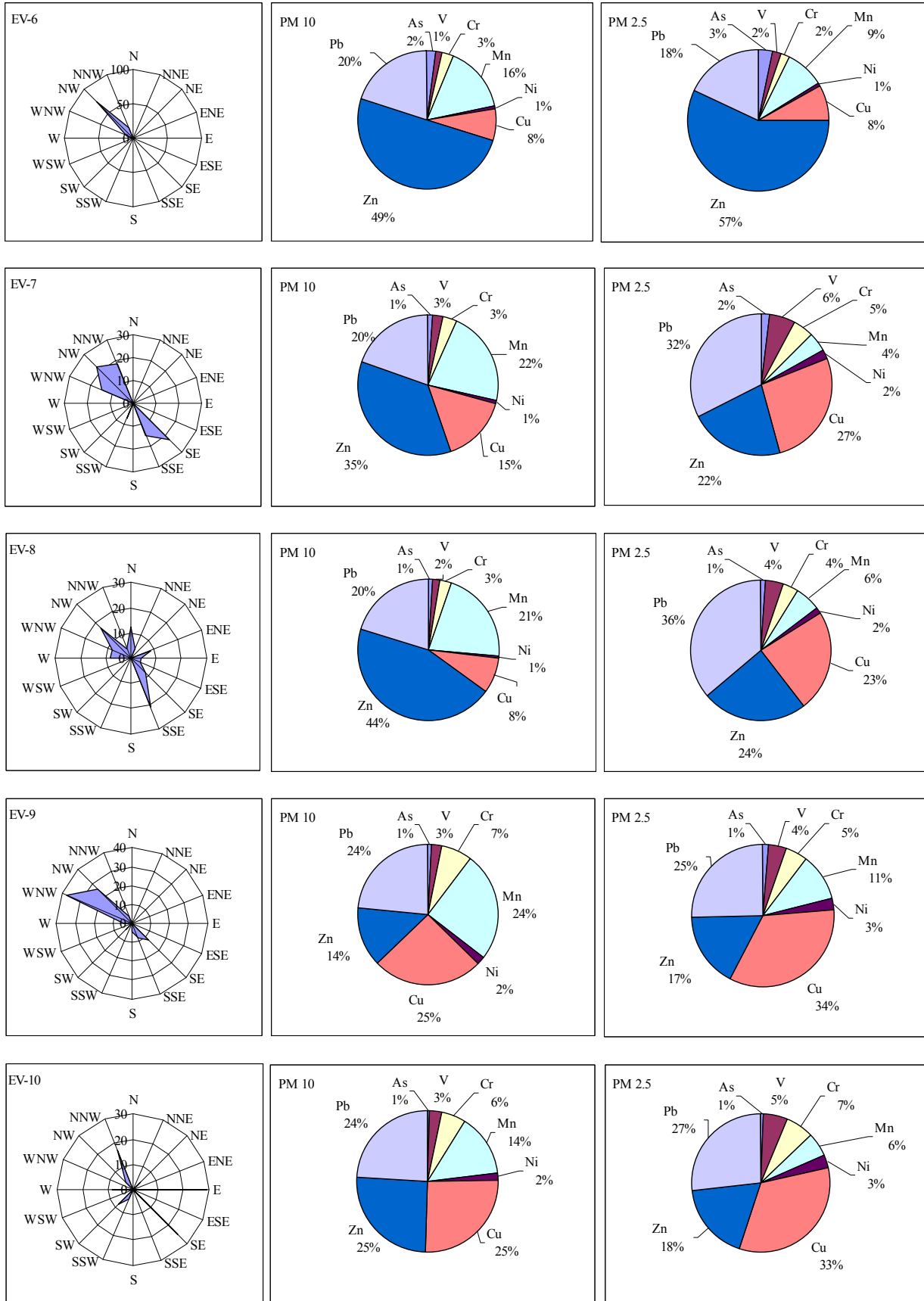
Şekil 5.21. Kış Örnekleme Süresi Boyunca Her Bir Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri

Şekil 5.21’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.

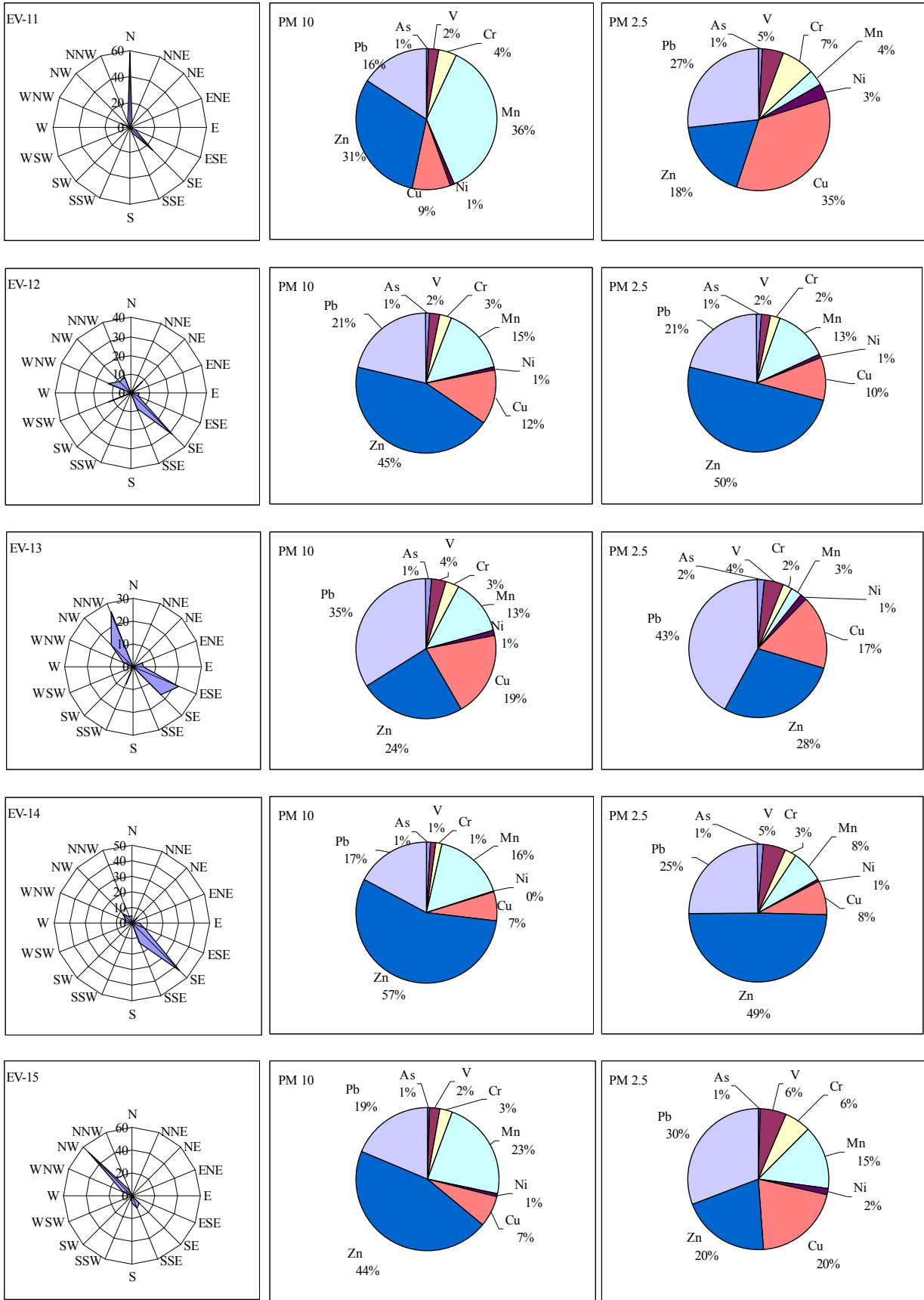
Her bir örnekleme dilimine ait rüzgar gülleri ile o örnekleme diliminde alınan PM2.5 ve PM10 kütlelerinde ölçülen elementlerin yüzde derişim değerleri ise Şekil 5.22’de görülmektedir. Değerlendirmelerde kolaylık sağlaması için partikül madde kütlelerinde ağırlıklı olarak bulunan elementler ve bu örneklerin alındığı günde en fazla görülen rüzgar yönleri PM10 ve PM2.5 fraksiyonları için sırasıyla Tablo 5.21 ve Tablo 5.22’de verilmiştir.



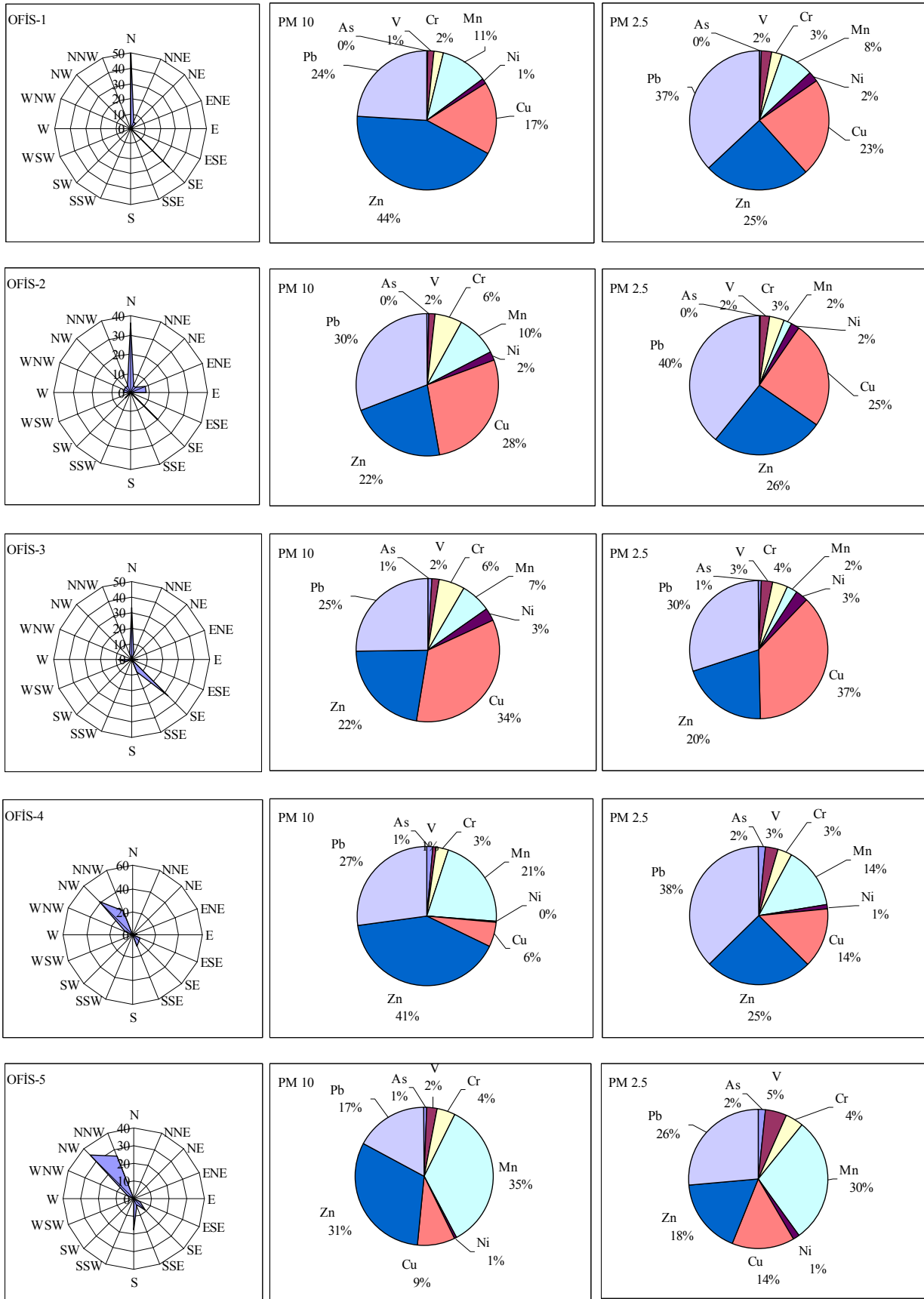
Şekil 5.22. Kış Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen Partikül Maddede (PM10 ve PM2.5) Ağır Metaller Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



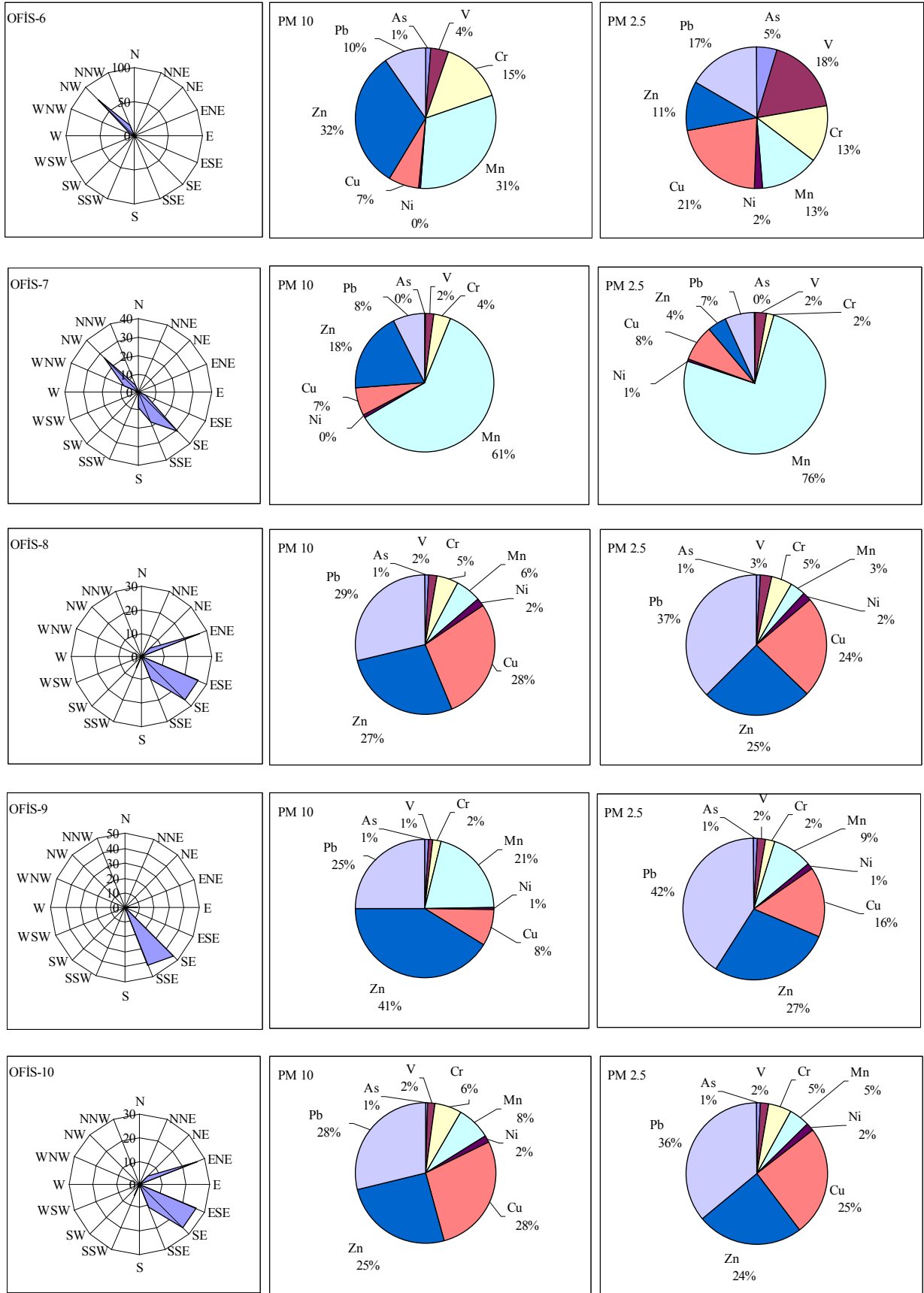
Şekil 5.22. (Devamı)



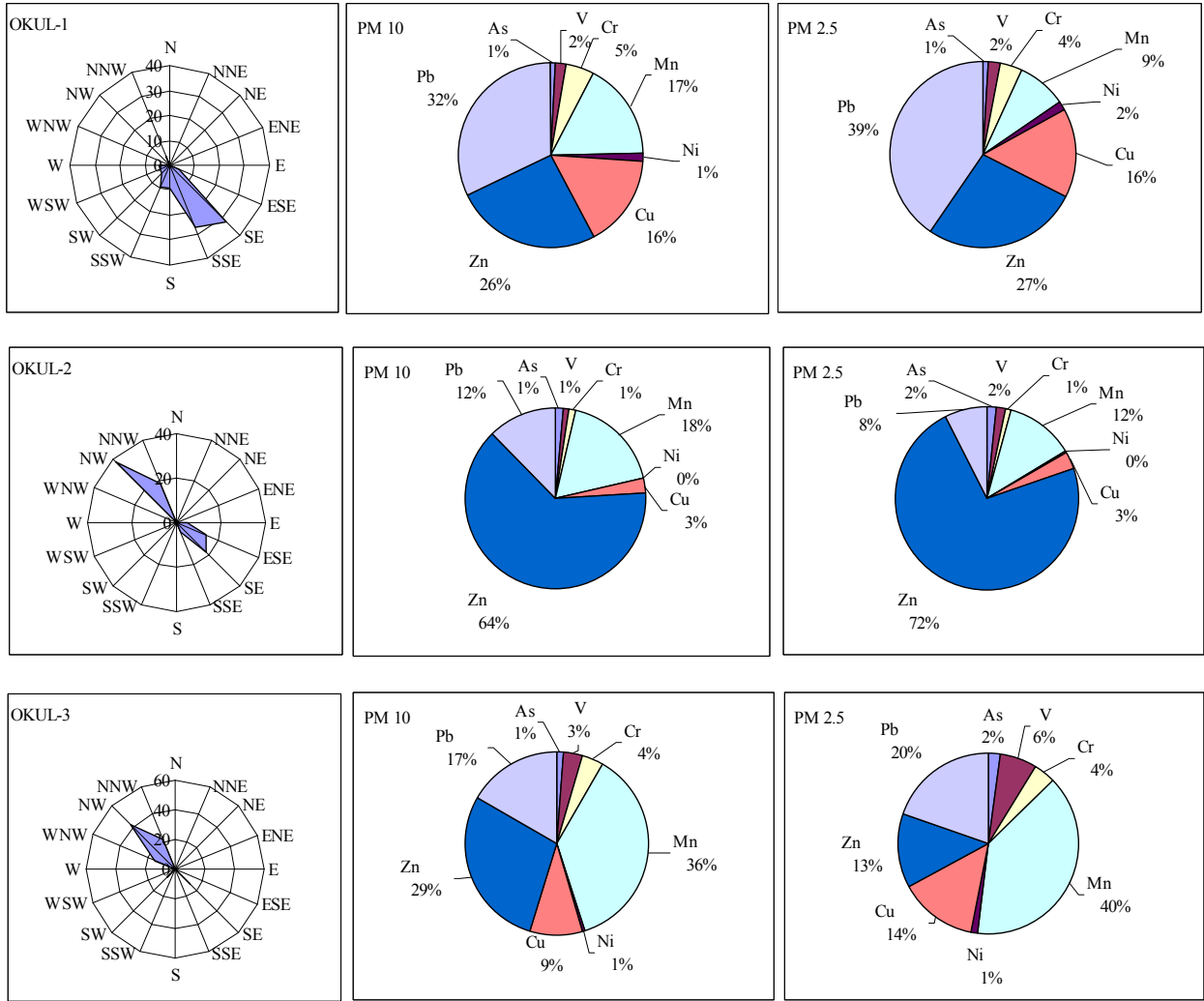
Şekil 5.22. (Devamı)



Şekil 5.22. (Devami)



Şekil 5.22. (Devamı)



Şekil 5.22. (Devamı)

Tablo 5.21. Kış Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda PM10 Fraksiyonunda Bulunan Ağır Metaller Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Bileşik yüzdesi (%) [Eser element/ Σ (Eser 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)

Tablo 5.21. (Devamı)

Örnek Adı	Örnekteki Bileşik yüzdesi (%) [Eser element/Σ(Eser element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
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)
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)

Tablo 5.21. (Devamı)

Örnek Adı	Örnekteki Bileşik yüzdesi (%) [Eser element/Σ(Eser element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
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 5.22. Kış Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda PM2.5 Fraksiyonunda Bulunan Ağır Metaller Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Bileşik yüzdesi (%) [Eser element/ Σ (Eser 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)

Tablo 5.22. (Devamı)

Örnek Adı	Örnekteki Bileşik yüzdesi (%) [Eser element/Σ(Eser element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
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)
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)

Tablo 5.22. (Devamı)

Örnek Adı	Örnekteki Bileşik yüzdesi (%) [Eser element/ Σ (Eser element)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
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 konumda örnek alma noktalarını yaz örnekleme döneminde olduğu gibi bir örnekleme bölgesi olarak düşünerek, rüzgar sektörlerine göre partikül madde örneklerindeki element kompozisyonlarını değerlendirerek kaynak türleri hakkında fikir edinebiliriz. Çalışma alanını yaz örnekleme döneminde olduğu gibi üç farklı alana bölerek değerlendirmek, yaklaşımları kuvvetlendirecektir.

Yaz örneklerinde olduğu gibi kışın toplanan PM_{2.5} ve PM₁₀ partikül gruplarının element içeriklerinde de önemli farklılıklar olmamakla birlikte özellikle Körfez bölgesindeki insan kaynaklı elementlerin önemli bir yüzdesi PM_{2.5} 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 Çinko (Zn), Bakır (Cu), Kurşun (Pb) ve bunları takiben Mangan (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. Yatkın 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 ark., 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 Bakanlığından 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 düzende ki evler, yüksek ticari binalar ve kentin çanak şeklindeki topoğrafik yapısı nedeni ile kirleticiler çoğu zaman yeterince dağılamamakta aynı bölgede kalmakta veya çökmektedir. 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 noktalarının tüm rüzgar sektörlerinde baskın olarak trafikten etkilenmektedir.

İzmit kent merkezi dışında seçilen noktada (Ev-6) kış örneklemesinin yapıldığı gün hakim rüzgar yönü yaz örneğinde olduğu gibi kuzeybatıdır. Dolayısı ile kış örneklerinin rüzgar yönüne göre kaynak bölgeleri yaz örneğindeki 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 bileşiği olması (Ölmez ve ark., 1997) ve bölgede kış mevsiminde evsel ısınma amaçlı olarak doğal gazın yanında temel olarak kömürün yakıldığı dikkate alındığında temel kirletici kaynaklar olarak düşünülen endüstri kuruluşları ve trafiğin yanında kömür yanması da diğer bir kirletici kaynak 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.

5.7. İç Ortam / Dış Ortam Oranları ve Korelasyonlar

Çalışılan ev, ofis ve okullarda incelenen hedef bileşikler için İç Ortam/Dış Ortam oranları ve korelasyon sabitleri (r) hesaplanarak iç ortam ve dış ortam arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır.

İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranının 1'den büyük bulunması incelenen bileşik için güçlü bir iç ortam kaynağının varlığına işaret etmektedir. İncelenen bileşiklerin İç Ortam/Dış Ortam oranları yaz mevsiminde 0,11-3,61 , kış mevsiminde 0,09-9,79 aralığında bulunmuştur. İncelenen bileşiklerin 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.

Ev, okul ve ofislerin yaz ve kış mevsimi veri setleri için iç ve dış ortam hava kalitesi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Pearson korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır (Tablo 5.23). Genellikle hem yaz hem de kış mevsiminde ev ve ofislerin hava kalitelerinde okullara nazaran daha güçlü korelasyonlar görülmüştür. İncelenen çok sayıda bileşik için her 2 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 NO_2 , As, S, Cr, Zn ve Pb gibi insan kaynaklı elementlerin iç ve dış ortam konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli korelasyonlar ($P < 0.05$, %95 güven aralığında) bulunurken, kış mevsiminde farklı mikroçevrelerde istatistiksel olarak 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 kolaylaştığı, özellikle motorlu taşıtlar ve endüstrinin işaretçileri olan insan kaynaklı elementlerin ise kışa oranla yazın pencerelerin daha fazla açık olması nedeniyle iç ortamlara taşındığı ile açıklanabilir.

Evlerde PM2.5 partikül fraksiyonunda Ni ve Cu elementleri için İç Ortam/Dış Ortam değerleri arasında hem yaz hem de kış mevsiminde istatistiksel olarak önemli bir korelasyona rastlanmamıştır (Tablo 5.23). Bu durum evlerin iç ortamlarında PM2.5 partikül fraksiyonunda Ni ve Cu konsantrasyonları üzerinde yaygın olarak rastlanan iç

ortam kaynaklarından daha güçlü bir etkiye sahip baskın iç ortam kaynaklarının varlığına işaret etmektedir. Ayrıca Ni ve Cu elementleri için her 2 mevsim içinde İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1'in üzerinde olması bu durumu desteklemektedir. Ni ve Cu elementleri için sağlanan İç Ortam/Dış Ortam oranları ofis ve okullarda 1'e yakınken, evlerde 2'ye yakın bulunması evlerde elde edilen Ni ve Cu konsantrasyonları ile iç ortam kaynakları arasındaki güçlü ilişkiyi göstermektedir.

Tablo 5.23. İnorganik Gaz Kirletici, PM10 ve PM2.5 Konsantrasyonlarının İç ve Dış Ortamlar Arasındaki Pearson Korelasyon Sabitleri ve İç Ortam/Dış Ortam Oranları

	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 KİRLETİCİLER												
NO₂	0,46	0,72 ^a	0,96	1,43	1,14	0,95	0,26	0,22	1,00	0,98	1,05	0,84
SO₂	0,46	0,34	0,69	0,18	0,20	0,13	0,03	0,50	-0,33	0,30	0,34	0,34
O₃	0,43	0,45	0,75	0,12	0,11	0,17	0,02	0,66 ^a	-0,52	0,40	0,36	0,36
PM10												
As	0,75 ^a	0,99 ^a	0,96	0,83	0,43	0,27	0,59 ^a	0,07	1,00	0,35	0,46	0,56
V	-0,01	0,91 ^a	0,71	0,63	0,36	0,78	0,57 ^a	0,46	0,97	0,47	0,46	0,59
Mg	-0,17	0,23	n.d.	1,18	0,61	1,00	0,09	-0,12	0,99	0,37	0,41	5,22
Al	0,20	0,77 ^a	-0,15	0,36	0,42	0,93	0,23	0,57	0,93	0,24	0,35	2,35
Si	0,20	0,76 ^a	0,95	0,38	0,38	0,96	0,16	0,70 ^a	0,59	0,24	0,38	1,80
S	0,33	0,92 ^a	0,45	0,78	0,67	0,72	0,43	0,73 ^a	0,85	0,59	0,83	2,17
K	0,68 ^a	0,51	0,90	0,78	0,43	1,15	0,33	0,29	-0,63	0,45	0,56	2,12
Ca	0,78 ^a	0,43	0,22	0,36	0,27	1,79	0,50	0,47	0,83	0,15	0,24	3,69
Ti	0,48	0,54	0,53	0,41	0,28	1,46	0,48	0,62	0,24	0,19	0,24	1,51
Cr	0,79 ^a	0,50	0,98	0,68	0,51	0,90	0,58 ^a	0,57	0,61	0,69	0,48	0,98
Mn	0,90 ^a	0,81 ^a	0,48	0,41	0,23	1,30	0,62 ^a	0,55	0,96	0,33	0,28	0,66
Fe	0,30	0,58	0,77	0,19	0,17	1,21	0,57 ^a	0,69 ^a	0,68	0,16	0,14	1,03
Ni	0,14	0,58	n.d.	3,61	1,58	1,00	-0,27	-0,02	0,32	1,90	0,98	0,84
Cu	0,34	0,06	0,60	0,84	1,06	0,94	0,07	0,61	0,97	0,87	1,20	1,38
Zn	0,98 ^a	0,98 ^a	0,92	0,46	0,34	0,71	0,91 ^a	0,55	1,00 ^a	0,43	0,17	0,76
Pb	0,76 ^a	0,96 ^a	-0,28	0,76	0,74	0,77	0,90 ^a	0,68 ^a	0,99	0,79	0,68	1,26
PM2.5												
As	0,89 ^a	0,69 ^a	1,00 ^a	0,41	0,37	0,11	0,26	0,45	0,99	0,40	0,34	0,09
V	0,38	0,78 ^a	-0,42	0,61	0,34	0,37	0,67 ^a	0,65 ^a	0,85	0,53	0,43	0,26
Mg	-0,17	-0,11	n.d.	1,18	0,77	1,00	-0,15	-0,15	n.d.	2,86	0,41	9,79
Al	0,69 ^a	0,70 ^a	0,81	0,61	0,62	0,88	0,45	0,52	0,98	0,39	0,42	1,69
Si	0,53 ^a	0,71 ^a	0,82	0,67	0,67	0,93	0,66 ^a	0,84 ^a	-0,06	0,67	0,88	0,89
S	0,39	0,84 ^a	0,82	0,87	0,81	0,78	0,23	0,39	-0,05	0,67	0,97	0,64
K	0,16	0,14	0,99	1,34	0,96	1,01	-0,34	0,02	-0,53	1,09	1,10	0,56
Ca	0,81 ^a	0,92 ^a	0,70	0,56	0,63	2,24	0,70 ^a	0,56	0,27	0,38	0,49	3,44
Ti	0,73 ^a	0,77 ^a	0,64	0,63	0,58	0,98	0,50	0,41	0,31	0,45	0,43	1,17
Cr	0,77 ^a	-0,06	0,92	0,83	1,06	0,95	0,18	0,44	-0,68	0,89	0,83	0,58
Mn	0,81 ^a	0,27	-0,99	0,65	0,42	0,74	0,44	0,06	0,17	1,03	0,41	0,23
Fe	0,87 ^a	0,67 ^a	0,70	0,26	0,34	0,56	0,16	0,93 ^a	0,65	0,35	0,22	0,28
Ni	-0,05	0,58	n.d.	1,61	0,93	1,00	-0,23	0,42	0,27	2,30	1,07	0,84
Cu	0,14	0,13	-0,95	1,24	1,01	1,73	-0,20	0,19	0,76	1,20	1,33	1,11
Zn	0,98 ^a	0,62	0,88	0,59	0,65	0,95	0,51	0,48	0,96	0,95	0,53	0,09
Pb	0,72 ^a	0,34	-0,93	0,72	1,95	1,08	0,56 ^a	0,45	0,42	1,19	0,86	0,64

^aP < 0.05 ; n.d.: Belirlenemedi

5.8. Sigara Kullanımı ile İnorganik Kirletici Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler

Tablo 5.24’de 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. Örnekleme süresi boyunca sigara kullanan katılımcılarda daha yüksek As, S, V ve SO₂ kişisel maruziyet düzeyleri tespit edilmiştir. Sigara kullanan/kullanmayan konsantrasyon oranları sözü geçen kirleticiler için 1’in üzerinde bulunmuştur.

Raporunun ilerleyen bölümlerinde, çalışmada incelenen organik ve 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. 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 5.24. 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	
As	0,006	0,007	0,003	0,003	0,004	0,002	1,66
V	0,013	0,011	0,010	0,007	0,005	0,006	1,81
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
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
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

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

5.9.1. İnorganik Gaz Kirletici Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları ile Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında incelenen bölgenin iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet düzeyleri dünyanın diğer bölgelerinde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Tablo 5.25’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 5.25’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 5.25 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 ark., 1998, Kousa ve ark, 2001) yapılan çalışmalardan yüksek bulunmuştur. Sonuçların hava kirliliğinin nispeten yüksek olduğu Şili (Bracho ve ark., 2002), Çek Cumhuriyeti (Kousa ve ark, 2001) ve Yunanistan’da (Drakou ve ark.,1998) şehir merkezlerinde yapılan çalışmalarla karşılaştırılabilir olduğu belirlenmiştir. Ancak, Çin’de (Zhao ve ark.,2008) yapılan çalışmada NO_2 ve O_3 açısından Kocaeli’de yapılan çalışma ile karşılaştırılabilir olmasına rağmen SO_2 yönünden Çin’de yapılan çalışmada elde edilen sonucun tabloda bulunan bütün çalışmalardan çok yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 5.25. 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 ark., 2007
Şili (Santiago) 1999-Kış Mevsimi	Ev (20)	İç Ortam: 65,85 Dış Ortam: 67,73 Kişisel: 47,03		Belirleme Limitinin Altında	Bracho ve ark., 2002
İsviçre Aralık 1993- Aralık 1994	Kişisel (140)	İç Ortam: 21 Dış Ortam: 31 Kişisel:27			Monn ve ark., 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 ark, 2001
Yunanistan Selanik, Mart 94 Atina, Eylül 94	Laboratuvar (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 ark.,1998
Kore Tem.-Ağustos 95	Okul (1)		İç: 6,18 Dış: 11,1		Lee ve ark,1997
Baltimore Mayıs-Eylül 2003	Ev-NO ₂ (95) Ev-O ₃ (88)	İç Ortam : 58,32		1,96	Breyse ve ark., 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 ark.,2008

5.9.2. Partikül Madde (PM2.5 ve PM10) Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları ile Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında incelenen bölgenin iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet PM düzeyleri dünyanın diğer bölgelerinde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Tablo 5.26'da literatürde yaygın olarak çalışılan eser elementlerden çalışmamız kapsamında değerlendirilen 16 eser element (As,V, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb) için bu çalışma ve diğer benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlar bir arada verilmektedir. Tablo 5.26 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 ark.,2004) çalışmada elde edilen düzeyler ile karşılaştırıldığında yine yüksek bulunmuştur.

5.9.3. İnorganik Kirletici 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 5.27'de verilen ulusal ve uluslararası dış ortam sınır değerleri arasında yapılmıştır. Karşılaştırmalarda ulusal sınır değerler için Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği, uluslar arası sınır değerler için ise EU (Avrupa Birliği), USEPA(Amerika Çevre Koruma Ajansı) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) kaynaklarından yararlanılmıştır.

Tablo 5.26. Partikül Madde (PM2.5 ve PM10) Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları ile Karşılaştırılması

Şehir, Ülke	Örnekleme Noktası (N)	Boyut Dağılımı, Ortam (Mevsim)	As	V	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Kaynak
			(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)	
Türkiye (Kocaeli) 31/5-29/6 2006 (Yaz) 16/11/2006-20/01/2007 (Kış)	Ev (15) Ofis (10) Okul (3)	PM 2.5 okul iç (yaz)	0,0003	0,0028	0,0010	0,115	0,765	0,330	0,130	2,122	0,055	0,003	0,027	0,073	0,0005	0,026	0,017	0,029	Bu Çalışma
		PM 2.5 ofis iç (yaz)	0,0005	0,0018	0,0032	0,079	0,490	0,382	0,127	0,547	0,033	0,003	0,013	0,044	0,0015	0,022	0,011	0,035	
		PM 2.5 ev iç (yaz)	0,0007	0,0034	0,0047	0,053	0,387	0,435	0,215	0,452	0,029	0,003	0,031	0,044	0,0030	0,021	0,051	0,034	
		PM 2.5 dış (yaz)	0,0018	0,0057	0,0038	0,106	0,662	0,482	0,147	0,843	0,051	0,004	0,041	0,151	0,0016	0,018	0,055	0,035	
		PM 2.5 kişisel (yaz)	0,0029	0,0077	n.d.	0,061	0,515	1,065	0,156	0,696	0,037	0,009	0,024	0,091	0,0020	0,076	0,034	0,047	
		PM 2.5 okul iç (kış)	0,0011	0,0047	0,0098	0,209	1,427	0,764	0,161	2,437	0,105	0,007	0,028	0,204	0,0033	0,051	0,039	0,063	
		PM 2.5 ofis iç (kış)	0,0009	0,0035	0,0050	0,050	0,448	0,468	0,158	0,372	0,037	0,007	0,023	0,031	0,0034	0,051	0,022	0,052	
		PM 2.5 ev iç (kış)	0,0015	0,0046	0,0059	0,060	0,401	0,489	0,160	0,309	0,039	0,008	0,028	0,058	0,0076	0,058	0,083	0,085	
		PM 2.5 dış (kış)	0,0042	0,0095	0,0055	0,139	0,675	0,692	0,160	0,790	0,088	0,009	0,047	0,219	0,0033	0,045	0,108	0,071	
		PM 2.5 kişisel (kış)	0,0071	0,0142	n.d.	0,116	0,809	1,402	0,302	0,763	0,083	0,014	0,061	0,320	0,0050	0,180	0,192	0,091	
		PM 10 okul iç (yaz)	0,0005	0,0025	0,0010	0,457	3,074	0,531	0,556	10,39	0,359	0,007	0,141	0,870	0,0005	0,052	0,019	0,046	
		PM 10 ofis iç (yaz)	0,0014	0,0014	0,0032	0,244	1,477	0,480	0,296	2,226	0,116	0,007	0,057	0,285	0,0015	0,045	0,084	0,076	
		PM 10 ev iç (yaz)	0,0011	0,0017	0,0047	0,143	0,960	0,489	0,324	1,475	0,076	0,007	0,050	0,127	0,0038	0,042	0,054	0,057	
		PM 10 dış (yaz)	0,0020	0,0032	0,0042	0,476	3,061	0,672	0,519	5,729	0,271	0,011	0,166	1,029	0,0010	0,048	0,154	0,083	
		PM 10 okul iç (kış)	0,0096	0,013	0,1822	1,005	7,121	3,326	1,254	19,393	0,481	0,028	0,189	1,651	0,0044	0,100	0,546	0,259	
		PM 10 ofis iç (kış)	0,0020	0,005	0,0097	0,160	1,011	0,616	0,284	1,116	0,075	0,014	0,043	0,122	0,0044	0,075	0,030	0,074	
PM 10 ev iç (kış)	0,0025	0,0058	0,0084	0,159	0,885	0,651	0,309	1,027	0,081	0,015	0,061	0,213	0,0087	0,088	0,161	0,125			
PM 10 dış (kış)	0,0071	0,0129	0,0241	0,558	3,330	1,024	0,610	6,018	0,371	0,025	0,186	1,204	0,0046	0,085	0,341	0,146			
Eylül 2001- Ocak 2002 Mira Loma, Kaliforniya	Ev (20)	PM2.5 iç (NS)	0,0050	0,0320	0,0330	0,124	0,497	0,725	0,132	0,293	0,091	0,010	0,011	0,321	0,0110	0,072	0,036	0,036	Na ve ark., 2004
		PM2.5 iç (RS)	0,0060	0,0320	0,0400	0,299	1,234	1,000	0,155	0,557	0,102	0,012	0,016	0,596	0,0110	0,074	0,029	0,038	
		PM2.5 iç (ES)	0,0060	0,0330	0,0300	0,037	0,220	1,172	3,442	0,034	0,094	0,013	0,006	0,151	0,0100	0,068	0,018	0,037	
		PM 2.5 dış	0,0050	0,0320	0,0530	0,357	1,377	1,060	0,177	0,681	0,106	0,015	0,020	0,739	0,0110	0,071	0,039	0,037	
Hong Kong Ekim 1999- Mart 2000	Ev (34)	PM2.5 iç	-	0,0046	0,0292	0,120	0,362	3,879	1,026	0,138	0,008	-	0,011	0,140	0,0018	0,011	0,131	0,088	Chao ve Wong, 2002
		PM10 iç	-	0,0053	0,1259	0,452	1,170	4,285	1,245	0,668	0,037	-	0,016	0,408	0,0021	0,019	0,172	0,105	
		PM2.5 dış	-	0,0049	0,0397	0,174	0,450	4,830	1,259	0,172	0,012	-	0,017	0,212	0,0021	0,013	0,145	0,104	
		PM10 dış	-	0,0053	0,1430	0,769	2,086	5,301	1,587	1,100	0,065	-	0,035	0,756	0,0021	0,016	0,213	0,145	
Boston, USA 1998 (4 mevsim)	Ev (9)	PM 2.5 iç	0,0050	-	0,0240	0,017	0,059	1,212	0,037	0,027	-	-	-	0,029	0,0060	0,006	0,010	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 11/98-02/2000	Kişisel (41) Ev iç (42) Ev dış (30) Ofis iç (35)	PM2.5 kişisel	0,0053	0,0019	0,3400	6,000	2,600	1,500	0,360	0,320	0,007	-	0,003	-	-	0,130	0,024	0,030	Lai ve ark., 2004
		PM 2.5 ev iç	0,0047	0,0018	0,2200	3,500	1,400	1,500	0,290	0,170	0,004	-	0,002	-	-	0,099	0,020	0,022	
		PM 2.5 ev dış	0,0040	-	0,2000	0,035	0,130	1,600	0,130	0,033	0,001	-	0,002	-	-	0,003	0,018	0,014	
		PM 2.5 ofis	-	-	0,3600	5,700	3,000	0,002	0,280	0,500	0,013	-	0,006	-	-	0,330	0,040	0,042	

SO₂ için çalışmamızdan elde edilen değerler Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde verilen günlük 400 µg/m³ sınır değerinin çok altında kalmaktadır. SO₂ 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 ısınma amaçlı olarak doğalgaz'ın yaygınlaşması nedeniyle SO₂ kirliliği bölgeyi etkilememektedir. Bu nedenle yeni hazırlanacak ulusal yönetmeliklerde SO₂ sınır değerinin düşürülerek uluslararası sınır değerler ile uyumlu hale getirilmesi uygun olacaktır. 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 olduğunu söyleyebiliriz.

PM10 kütlesi değerleri Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde verilen günlük 300 µg/m³ ve USEPA tarafından verilen günlük 150 µg/m³ 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 µg/m³ 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 5.27. İnorganik Kirletici Konsantrasyonlarının Ulusal ve Uluslararası Sınır Değerlerle Karşılaştırılması

Kirletici	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 6. UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN ÖLÇÜM SONUÇLARI

6.1. Uçucu Organik Bileşiklerin Aktif Örnekleme Ölçüm Sonuçları

6.1.1. Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Çalışma kapsamında yaz mevsiminde örneklenen ev, ofis ve okulların iç ortamlarında otomatik (on-line) Gaz Kromatograf kullanılarak günlük olarak yapılan Uçucu Organik Bileşiklerin (UOBler) aktif örnekleme ölçüm sonuçları Tablo 6.1–Tablo 6.7’de verilmektedir. İç ortam aktif UOB örnekleme için incelenen her mikroçevreden bir ortam seçilmiştir. Bu ortamlar evler için oturma odaları, ofisler için günlük faaliyetlerin gerçekleştiği çalışma ortamları ve okullar için sınıflar olarak belirlenmiştir. Belirlenen örnekleme noktalarında yaz mevsiminde yarım saatlik dilimler halinde yapılan on-line UOB ölçümlerinde 43 UOB tesbit edilmiştir. Tablo 6.1-6.7’de aktif örnekleme UOB sonuçları ev, ofis ve okullar için tüm data, gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları şeklinde ayrı ayrı verilmektedir. Yaz mevsimi aktif örnekleme ile ilişkin hazırlanan tablolara bakıldığında 43 UOB’in toplamının yanı sıra 29 UOB bileşiğinin de toplamları her mikroçevre için ayrı ayrı verilmektedir. Kış mevsiminde örnekleme başladığı ilk gün otomatik gaz kromatografin iki ünitesinden birinde arıza olduğundan yaz mevsiminde 43 UOB tesbit edilirken kış mevsiminde bu sayı 29’a düşmüştür. Bu nedenle her 2 mevsimde de ölçülebilen bileşikler arasında bir karşılaştırma yapılabilmesi için 29 UOB bileşiğinin toplamı her iki mevsim için tablolarda verilmektedir.

Evlerin iç ortam UOB örnekleme için tüm veri seti ortalama konsantrasyonları Tablo 6.1’de, gündüz ortalama konsantrasyonları Tablo 6.2’de ve gece ortalama konsantrasyonları Tablo 6.3’de verilmektedir. Toluene evlerde tesbit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu etilbenzen, m,p-ksilen, stiren, nonan, heksan, benzen ve o-ksilen bileşikler takip etmektedir. Ev iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 43 UOB’in toplam konsantrasyonlarının $126,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 3) ile $482,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 4) arasında değişim gösterdiği Tablo 6.1’de görülmektedir. Bu durum ölçümü yapılan evlerde kirlenme kaynaklarının çeşitlilik göstermesi nedeniyle UOB konsantrasyonlarının çok büyük farklılıklar gösterdiğine işaret etmektedir. UOBlerin çok farklı kaynakları olması nedeniyle örneklenen her evde her bir bileşiğin katkısının farklı olması kaçınılmazdır. Evlerde yapılan UOB örnekleme ölçüm sonuçları için gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları sırasıyla Tablo 6.2 ve Tablo 6.3’de verilmektedir. Gündüz ortalama değerleri toplam 43 UOB için $151,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 10) ile $590,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 7) arasında değişim gösterirken, gece ortalama değerleri ise $99,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 3) ile $518,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 4) değerleri arasında değişmektedir.

Ofislerin iç ortam UOB örneklemesine ait tüm veri seti ortalama konsantrasyonları Tablo 6.4'de, gündüz ortalama konsantrasyonları Tablo 6.5'de ve gece ortalama konsantrasyonları Tablo 6.6'da verilmektedir. Örnekleme için 10 ofis seçilmiş ancak bu ofislerden birisinde online UOB aktif örnekleme yapılamamıştır. Ölçüm aracının bulunması gereken noktanın altında otopark olması nedeniyle ofisin bulunduğu plazanın yönetimi güvenlik açısından örnekleme izni vermediğinden aktif örnekleme yapılamamıştır. Bu ofiste sadece pasif örnekleme gerçekleştirilmiştir. Ofislerde tesbit edilen UOB kirlilik düzeylerine Toluen en çok katkıda bulunurken onu hegzan, m,p-ksilen, 2,3-dimetilpentan, metilsiklopentan, nonan, o-ksilen ve benzen bileşikleri takip etmektedir. Ofis iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 43 UOB'in toplam konsantrasyonlarının 137,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 1) ile 447,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 3) arasında değişim gösterdiği Tablo 6.4'de görülmektedir. Evlerde gözlendiği gibi kirletici kaynaklarının çeşitlilik göstermesi nedeniyle ofislerde de UOB konsantrasyonlarının çok büyük farklılıklar göstermektedir. Ofislerde yapılan UOB örnekleme ölçüm sonuçları için gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları sırasıyla Tablo 6.5 ve Tablo 6.6'da verilmektedir. Gündüz ortalama değerleri toplam 43 UOB için 178,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 1) ile 547,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 3) arasında değişim gösterirken, gece ortalama değerleri ise 95,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 1) ile 514,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 2) değerleri arasında değişmektedir.

Okulların iç ortam UOB örneklemesine ait tüm veri seti, gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları Tablo 6.7'de verilmektedir. Okullarda tesbit edilen UOB kirlilik düzeylerine Toluen en çok katkıda bulunurken onu heptan, m,p-ksilen, etilbenzen, 1,2,4-trimetilbenzen, metilsiklohegzan ve benzen bileşikleri takip etmektedir. Okul iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 43 UOB'in toplam konsantrasyonlarının 133,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 3) ile 397,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 2) arasında değişim gösterdiği Tablo 6.7'de görülmektedir. Okullarda yapılan UOB örnekleme ölçüm sonuçları için gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları Tablo 6.7'de verilmektedir. Gündüz ortalama değerleri toplam 43 UOB için 166,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 3) ile 627,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 2) arasında değişim gösterirken, gece ortalama değerleri ise 99,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 3) ile 195,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 1) değerleri arasında değişmektedir.

Tablo 6.1. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örnekleme Tümü Veri Seti Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Tüm Data Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)														
	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	EV8	EV9	EV10	EV11	EV12	EV13	EV14	EV15
Benzen	8,03	4,55	4,68	11,33	8,63	5,57	11,11	5,13	8,49	9,35	18,87	12,76	2,33	4,49	12,60
Toluen	26,76	18,65	12,29	129,78	12,97	8,93	43,05	20,37	38,50	16,59	24,46	39,28	22,16	32,09	32,62
Etilbenzen	15,18	5,36	3,83	16,53	3,92	2,07	40,06	2,97	10,32	4,60	6,38	4,83	28,17	11,16	15,10
m,p-ksilen	11,80	4,16	8,28	15,47	5,29	5,18	26,03	9,80	14,22	7,02	11,33	11,10	11,48	10,44	14,69
o-ksilen	10,69	2,62	2,66	5,55	2,14	1,95	12,40	3,39	6,16	3,25	4,62	5,03	4,91	4,68	7,18
Siklohegzan	3,87	0,90	3,14	12,66	4,28	3,54	10,97	4,56	7,65	6,91	14,40	5,75	9,28	3,80	6,02
1,2,4-trimetilbenzen	2,38	1,51	0,72	2,69	0,30	1,01	8,78	0,51	6,74	1,19	0,70	0,70	0,82	1,88	6,08
1,3,5-trimetilbenzen	1,85	0,40	1,24	5,92	0,71	3,04	13,18	1,33	3,61	1,89	2,00	1,71	2,54	6,91	5,17
Hegzan	9,35	6,06	1,47	10,57	7,11	5,06	10,95	4,71	6,30	8,51	16,57	27,77	2,04	3,81	27,98
Heptan	14,40	5,65	2,04	14,40	2,99	1,74	4,53	3,16	5,33	2,29	3,97	2,21	2,22	4,55	11,18
2-metil-1-penten	7,41	5,36	1,92	11,68	3,05	1,45	7,13	3,23	5,82	3,67	5,84	6,27	4,82	3,81	9,53
Metilsiklopentan	4,23	10,59	3,90	21,15	3,05	1,60	11,19	5,63	8,06	6,82	5,41	4,41	12,16	6,19	11,54
2,4-dimetilpentan	5,00	1,48	0,52	3,21	2,33	1,22	5,97	2,37	4,33	3,17	6,12	2,85	1,75	1,27	7,07
2-metilhegzan	5,69	3,56	1,15	7,74	3,85	1,16	6,79	1,72	5,30	2,35	7,79	15,55	2,97	3,25	8,45
2,3-dimetilpentan	6,32	6,50	1,72	12,92	8,50	5,31	11,07	3,90	9,20	5,04	10,96	21,71	3,01	2,48	12,13
3-metilhegzan	2,99	2,22	0,97	4,05	1,51	1,95	2,73	2,16	3,43	0,69	3,02	6,40	1,19	1,95	4,62
2,2,4-trimetilpentan	3,99	3,05	1,61	8,12	4,55	1,74	6,98	2,78	6,36	2,40	7,25	14,79	3,31	5,43	12,11
Metilsiklohegzan	3,09	3,00	1,60	8,09	5,31	2,34	11,12	2,77	4,87	2,31	7,75	8,60	4,92	3,10	6,50
2,3,4-trimetilpentan	4,97	3,92	1,48	6,22	2,31	0,71	6,28	0,80	4,43	2,35	3,92	3,32	9,71	1,96	3,92
2-metilheptan/ 3-metilheptan	5,70	1,18	1,15	7,27	2,89	1,00	12,00	1,49	2,19	2,24	4,89	4,20	11,45	7,43	7,78
Stiren	11,07	8,27	6,82	9,41	6,21	22,04	8,04	4,83	6,70	4,69	3,73	4,23	7,40	4,48	8,46
Nonan	14,68	1,40	2,65	18,59	3,41	4,04	25,03	4,25	8,23	4,37	7,16	4,05	8,81	6,98	18,50
İzopropilbenzen	8,68	2,88	2,77	6,25	0,83	1,46	18,60	1,75	6,81	2,62	4,16	1,48	4,67	5,26	8,90
Propilbenzen	7,33	2,35	2,56	6,15	1,19	5,92	13,06	2,82	4,22	3,02	4,05	2,86	4,90	6,60	6,38
m,p-etiltoluen	5,71	7,97	2,13	5,35	2,12	5,99	17,68	2,06	8,42	2,93	1,93	3,64	2,80	6,22	16,36
o-etiltoluen	4,36	3,82	1,80	6,97	1,01	4,12	9,54	1,53	7,56	2,69	3,24	1,40	2,50	5,98	8,57
Dekan	4,17	2,02	2,18	7,68	1,33	3,70	16,11	2,10	5,65	3,39	3,15	2,14	3,71	5,22	9,57
1,2,3-trimetilbenzen	6,83	1,89	1,53	7,16	0,78	3,17	10,20	1,52	7,91	1,67	5,20	1,59	2,16	2,85	9,53
m,p-dietilbenzen	4,38	1,22	1,20	5,54	0,71	1,49	11,85	0,93	13,52	1,91	0,51	0,40	1,22	2,67	10,36
Σ29VOC	220,92	122,55	80,01	388,45	103,29	108,49	392,41	104,55	230,33	119,95	199,37	221,04	179,44	166,93	318,90
t-penten	3,50	4,02	4,66	11,39	4,54	3,69	8,50	3,54	5,13	5,21	6,54	5,85	5,30	3,03	7,51
l-penten	2,19	2,76	4,21	7,74	3,50	2,43	5,74	2,60	4,61	4,18	5,77	4,42	4,34	2,40	4,90
c-penten	2,36	1,66	2,53	4,23	2,94	2,61	4,97	2,16	3,61	2,88	4,67	5,62	3,91	1,58	5,84
Isopren	4,24	4,02	4,93	10,29	4,44	4,63	7,51	5,37	5,27	6,77	5,79	7,68	5,90	3,56	7,11
2,3-dimetilbutan	0,85	1,57	1,46	4,17	2,00	2,32	2,60	2,29	2,09	2,37	2,14	2,45	2,31	1,05	2,23
2-metilpentan	3,06	3,41	3,05	6,87	3,89	3,41	5,78	3,95	3,45	3,73	3,31	3,66	3,82	2,00	4,64
3-metilpentan	2,69	2,72	2,04	3,98	2,72	2,85	4,83	3,18	2,64	3,14	2,54	3,29	3,19	1,64	3,35
1,3-butadien	2,87	2,81	4,20	7,42	3,54	3,71	7,56	4,60	4,07	4,53	4,76	5,47	4,65	2,42	7,85
Eten	2,20	3,21	2,93	5,81	2,55	3,48	5,49	2,81	4,96	3,57	4,65	5,36	3,62	2,77	6,71
2,2-dimetilbutan	2,47	2,72	2,58	4,76	2,76	3,04	4,09	4,66	3,39	3,63	4,76	4,44	4,82	1,78	6,91
t-buten	2,30	3,00	3,02	6,74	3,39	3,07	5,35	4,49	5,37	4,57	3,98	3,67	3,73	2,18	3,98
l-buten	2,61	3,34	3,97	7,28	3,44	3,51	7,03	4,35	4,69	5,44	3,10	5,40	4,35	2,68	5,64
c-buten	1,87	2,58	3,90	6,13	2,76	2,52	5,75	3,27	4,37	3,86	4,34	3,48	4,30	1,53	4,46
Propen	2,03	3,73	3,34	7,16	3,85	3,50	6,60	4,41	5,33	5,84	5,13	3,55	5,51	2,41	6,03
Σ43VOC	256,15	164,10	126,81	482,43	149,61	153,26	474,23	156,23	289,31	179,68	260,85	285,37	239,17	197,94	396,06

Tablo 6.2. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örnekleme Gündüz Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Gündüz Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)														
	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	EV8	EV9	EV10	EV11	EV12	EV13	EV14	EV15
Benzen	10,14	4,54	6,22	10,05	8,05	5,44	10,02	3,23	9,33	3,67	21,35	16,23	1,56	5,15	14,68
Toluen	35,51	24,39	16,51	102,7	16,41	9,80	53,87	16,19	46,85	14,09	29,65	44,29	21,13	29,75	39,48
Etilbenzen	19,56	6,27	4,17	13,58	4,54	2,02	55,32	2,80	12,29	3,65	8,09	5,56	25,55	13,21	17,87
m,p-ksilen	15,78	4,86	9,70	12,74	6,09	5,20	31,81	8,73	16,66	6,10	13,71	12,34	10,46	12,01	15,11
o-ksilen	14,76	2,92	3,15	4,21	2,93	1,96	14,59	3,52	7,63	2,77	5,94	6,18	4,49	5,96	7,25
Siklohegzan	5,17	1,19	3,72	8,05	3,52	2,67	14,56	3,38	7,76	4,79	22,00	7,28	6,17	4,43	7,39
1,2,4-trimetilbenzen	3,16	1,61	0,93	1,92	0,41	1,12	8,70	0,68	8,01	1,13	0,82	0,71	0,98	2,25	6,00
1,3,5-trimetilbenzen	2,82	0,40	1,66	4,75	0,97	4,49	12,25	1,92	4,59	1,96	2,36	1,95	2,89	9,48	5,23
Hegzan	10,90	8,54	1,39	16,75	3,99	5,06	15,47	3,93	2,56	4,57	24,72	26,30	2,27	5,42	37,66
Heptan	17,86	5,63	2,60	12,71	2,85	1,74	4,00	1,84	5,86	0,87	4,44	2,79	1,41	4,97	12,98
2-metil-1-penten	9,00	5,46	2,11	10,07	2,82	1,75	6,42	2,05	8,18	1,71	5,79	6,40	3,92	3,72	11,29
Metilsiklopentan	4,23	11,82	3,25	16,37	3,24	2,13	8,75	3,53	8,92	3,49	3,69	3,22	10,01	3,85	14,00
2,4-dimetilpentan	6,78	2,15	0,71	2,78	1,98	1,44	8,71	1,86	7,99	1,89	6,28	3,92	2,06	1,29	8,74
2-metilhegzan	6,43	1,96	1,78	7,94	3,21	1,55	4,08	0,90	9,40	0,51	8,63	15,54	1,86	4,72	9,91
2,3-dimetilpentan	9,74	5,41	1,98	13,69	11,88	6,42	8,92	3,98	15,09	2,97	11,24	25,98	2,61	2,84	14,12
3-metilhegzan	4,13	2,47	1,22	3,06	1,79	1,83	3,39	2,54	4,11	0,56	3,61	8,58	0,82	2,07	4,98
2,2,4-trimetilpentan	4,17	4,34	1,80	8,51	4,76	2,20	8,00	2,79	7,67	2,60	4,64	11,99	2,02	5,65	10,43
Metilsiklohegzan	4,67	3,46	1,73	5,98	5,66	1,98	18,25	2,66	6,00	1,25	11,58	11,91	5,40	4,89	7,08
2,3,4-trimetilpentan	6,83	4,37	1,75	3,57	1,74	0,79	10,54	0,93	5,19	1,88	5,60	4,69	12,35	2,51	4,37
2-metilheptan/ 3-metilheptan	8,43	1,04	0,76	7,26	3,24	1,00	19,37	1,54	3,14	3,01	7,31	5,15	16,68	6,75	13,55
Stiren	14,85	9,50	8,13	9,07	8,08	21,87	10,00	4,44	9,06	4,90	4,50	4,75	7,82	5,22	10,21
Nonan	19,24	1,59	3,17	15,13	4,68	4,06	35,77	3,96	10,37	4,16	9,03	5,01	10,47	9,10	22,01
İzopropilbenzen	8,16	2,88	2,98	4,82	0,84	1,66	26,40	2,13	7,02	1,62	3,08	1,51	5,61	4,32	11,31
Propilbenzen	8,84	2,09	3,98	4,63	1,66	8,94	19,44	4,43	5,48	4,09	3,47	2,85	5,36	9,56	7,42
m,p-etiltoluen	8,09	7,71	2,44	4,07	2,73	8,70	27,68	3,74	12,68	3,48	2,66	4,58	4,32	6,91	18,00
o-etiltoluen	5,79	4,36	2,10	4,23	1,38	3,81	10,84	2,91	9,00	2,82	4,51	1,51	3,37	6,94	9,07
Dekan	7,44	2,46	3,72	3,58	1,99	3,33	12,70	1,24	7,62	1,88	4,64	3,18	3,58	4,60	10,39
1,2,3-trimetilbenzen	12,68	2,01	2,32	9,69	0,69	3,66	16,28	2,04	9,91	1,76	8,13	2,15	3,63	3,94	9,82
m,p-dietilbenzen	7,78	1,64	1,42	6,23	1,10	1,94	15,87	1,70	19,94	2,34	0,83	0,58	1,48	4,07	12,51
Σ29VOC	292,93	137,07	97,41	328,1	113,2	118,57	492,01	95,58	288,30	90,51	242,28	247,11	180,26	185,54	372,86
t-penten	4,40	4,24	6,65	14,08	6,26	4,20	11,40	4,18	7,14	3,51	8,97	8,24	5,18	3,60	10,19
l-penten	2,95	2,97	5,82	9,25	4,52	2,53	7,74	2,68	6,72	3,24	8,29	6,34	3,94	2,32	6,66
c-penten	3,56	2,33	3,54	4,47	3,70	2,83	6,82	2,48	4,98	3,19	6,41	8,02	4,08	1,40	9,06
Isopren	5,70	4,88	5,64	12,97	5,59	6,26	8,54	7,04	6,54	6,33	7,19	10,75	6,79	5,10	10,24
2,3-dimetilbutan	0,93	1,82	1,72	6,25	3,05	2,54	2,50	2,83	2,18	2,10	2,60	2,93	3,07	1,20	2,98
2-metilpentan	3,22	3,41	2,85	8,54	5,22	3,43	6,83	5,63	3,50	4,29	4,30	4,79	5,77	2,39	6,58
3-metilpentan	3,09	3,84	2,69	5,26	4,03	2,67	5,79	3,42	2,05	3,00	3,47	4,39	4,56	1,92	4,43
1,3-butadien	4,42	3,00	4,78	7,78	4,63	5,01	8,31	5,57	5,45	3,93	5,85	6,07	5,20	3,36	11,56
Eten	3,29	4,10	2,97	6,75	3,15	3,88	7,49	2,82	6,84	2,88	6,72	7,87	3,32	3,55	9,79
2,2-dimetilbutan	3,47	3,48	2,50	6,36	4,08	3,41	5,19	6,49	4,14	5,12	6,30	5,53	6,28	2,15	10,44
t-buten	3,01	3,63	3,73	9,06	4,55	4,30	7,25	6,75	9,45	5,06	3,85	5,50	3,79	3,03	4,49
l-buten	3,39	4,00	4,87	9,60	4,37	4,77	8,45	6,07	7,27	5,94	4,66	7,55	5,15	3,58	8,34
c-buten	2,30	3,11	4,38	8,12	3,82	3,08	5,02	3,52	7,41	4,45	5,09	5,85	4,32	2,06	5,83
Propen	2,48	4,67	4,35	9,92	5,61	4,03	6,88	5,44	7,59	7,56	6,57	4,79	7,04	3,49	7,43
Σ43VOC	339,14	186,57	153,9	446,5	175,8	171,49	590,23	160,49	369,55	151,12	322,55	335,73	248,74	224,69	480,87

Tablo 6.3. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örnekleme Gece Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Gece Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)														
	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	EV8	EV9	EV10	EV11	EV12	EV13	EV14	EV15
Benzen	5,92	4,56	3,15	12,60	9,22	5,71	12,20	7,11	7,65	15,04	16,38	9,29	3,11	3,89	10,52
Toluen	18,01	12,91	8,08	156,81	9,53	8,06	32,22	24,73	30,15	19,09	19,26	34,28	23,19	34,44	25,77
Etilbenzen	10,99	4,46	3,49	19,47	3,30	2,12	24,79	3,15	8,34	5,56	4,75	4,09	30,80	9,11	12,33
m,p-ksilen	7,82	3,47	6,86	18,21	4,49	5,16	20,24	10,91	11,79	7,94	8,94	9,86	12,45	8,87	14,27
o-ksilen	6,61	2,32	2,17	6,79	1,35	1,93	10,21	3,25	4,69	3,74	3,30	3,89	5,33	3,41	7,12
Siklohegzan	2,58	0,61	2,55	17,27	5,04	4,41	7,38	5,80	7,53	9,04	7,13	4,21	12,27	3,17	4,66
1,2,4-trimetilbenzen	1,60	1,40	0,51	3,45	0,20	0,90	8,85	0,33	5,47	1,25	0,58	0,69	0,66	1,52	6,15
1,3,5-trimetilbenzen	0,88	0,39	0,83	7,09	0,45	1,58	14,11	0,73	2,63	1,82	1,64	1,47	2,20	4,33	5,10
Hegzan	7,80	3,57	1,54	4,39	10,23	5,05	6,43	5,51	10,04	12,45	8,42	29,24	1,81	2,21	18,30
Heptan	10,93	5,68	1,47	16,09	3,13	1,74	5,07	4,53	4,80	3,71	3,50	1,63	3,03	4,11	9,46
2-metil-1-penten	5,83	5,25	1,72	13,30	3,28	1,15	7,85	4,45	3,47	5,63	5,89	6,15	5,73	3,89	7,77
Metilsiklopentan	4,22	9,37	4,56	25,94	2,86	1,08	13,62	7,82	7,19	10,16	7,13	5,60	14,30	8,53	9,07
2,4-dimetilpentan	3,22	0,80	0,33	3,64	2,67	0,99	3,22	2,90	0,68	4,46	5,96	1,78	1,45	1,25	5,40
2-metilhegzan	4,94	5,17	0,53	7,53	4,49	0,77	9,50	2,57	1,21	4,18	6,95	15,57	4,07	1,77	7,00
2,3-dimetilpentan	2,90	7,59	1,45	12,16	5,12	4,19	13,23	3,82	3,31	7,11	10,68	17,45	3,41	2,12	10,14
3-metilhegzan	1,86	1,96	0,73	5,04	1,23	2,07	2,08	1,77	2,74	0,82	2,42	4,22	1,56	1,82	4,25
2,2,4-trimetilpentan	3,80	1,76	1,42	7,73	4,34	1,29	5,96	2,77	5,06	2,20	9,86	17,59	4,60	5,21	13,79
Metilsiklohegzan	1,52	2,54	1,47	10,20	4,96	2,70	3,99	2,88	3,74	3,37	3,91	5,30	4,45	1,32	5,91
2,3,4-trimetilpentan	3,12	3,48	1,20	8,87	2,89	0,63	2,03	0,67	3,67	2,82	2,25	1,95	7,07	1,42	3,47
2-metilheptan/ 3-metilheptan	2,97	1,31	1,53	7,27	2,54	0,99	4,62	1,44	1,24	1,46	2,47	3,26	6,22	8,12	2,02
Stiren	7,29	7,04	5,51	9,75	4,33	22,21	6,07	5,23	4,34	4,49	2,96	3,70	6,99	3,74	6,70
Nonan	10,12	1,20	2,13	22,05	2,14	4,02	14,29	4,55	6,08	4,58	5,29	3,09	7,16	4,86	14,99
İzopropilbenzen	9,21	2,89	2,57	7,68	0,82	1,26	10,80	1,35	6,60	3,62	5,25	1,45	3,72	6,20	6,49
Propilbenzen	5,82	2,60	1,13	7,68	0,73	2,90	6,67	1,13	2,96	1,96	4,63	2,88	4,45	3,65	5,35
m,p-etiltoluen	3,32	8,24	1,81	6,64	1,51	3,28	7,69	0,30	4,16	2,37	1,19	2,70	1,27	5,53	14,72
o-etiltoluen	2,93	3,27	1,50	9,72	0,65	4,43	8,23	0,09	6,12	2,56	1,97	1,28	1,64	5,02	8,07
Dekan	0,90	1,58	0,64	11,78	0,66	4,07	19,51	2,99	3,68	4,89	1,66	1,10	3,85	5,83	8,75
1,2,3-trimetilbenzen	0,97	1,76	0,74	4,64	0,86	2,68	4,12	0,97	5,92	1,59	2,27	1,02	0,69	1,76	9,25
m,p-dietilbenzen	0,99	0,81	0,98	4,86	0,32	1,05	7,83	0,14	7,10	1,48	0,19	0,22	0,95	1,26	8,21
Σ29VOC	149,09	108,02	62,61	448,63	93,31	98,41	292,81	113,91	172,36	149,40	156,85	194,97	178,44	148,35	265,01
t-penten	2,60	3,80	2,67	8,71	2,81	3,18	5,60	2,87	3,12	6,92	4,12	3,46	5,42	2,46	4,84
l-penten	1,43	2,54	2,60	6,23	2,48	2,32	3,75	2,51	2,50	5,13	3,25	2,49	4,74	2,48	3,13
c-penten	1,17	0,99	1,51	4,00	2,18	2,40	3,12	1,82	2,24	2,57	2,93	3,23	3,74	1,76	2,62
Isopren	2,77	3,16	4,21	7,60	3,29	3,00	6,49	3,64	4,01	7,20	4,38	4,61	5,01	2,02	3,99
2,3-dimetilbutan	0,77	1,32	1,19	2,08	0,96	2,10	2,71	1,74	2,00	2,64	1,68	1,96	1,54	0,89	1,48
2-metilpentan	2,89	3,42	3,24	5,21	2,57	3,39	4,73	2,19	3,40	3,17	2,32	2,53	1,87	1,60	2,71
3-metilpentan	2,30	1,60	1,40	2,71	1,41	3,03	3,87	2,93	3,23	3,28	1,61	2,18	1,83	1,36	2,27
1,3-butadien	1,33	2,62	3,62	7,06	2,46	2,40	6,81	3,60	2,69	5,13	3,67	4,87	4,11	1,48	4,13
Eten	1,11	2,32	2,90	4,88	1,94	3,08	3,49	2,79	3,08	4,26	2,58	2,85	3,91	1,99	3,63
2,2-dimetilbutan	1,47	1,97	2,66	3,16	1,50	2,67	2,98	2,76	2,64	2,15	3,21	3,35	3,35	1,41	3,39
t-buten	1,59	2,36	2,30	4,42	2,23	1,84	3,45	2,13	1,30	4,08	4,11	1,84	3,67	1,34	3,47
l-buten	1,82	2,67	3,06	4,96	2,50	2,25	5,61	2,55	2,12	4,93	1,54	3,24	3,55	1,77	2,94
c-buten	1,43	2,05	3,41	4,14	1,70	1,97	6,48	3,01	1,34	3,26	3,60	1,10	4,29	1,00	3,09
Propen	1,58	2,79	2,32	4,41	2,10	2,97	6,33	3,34	3,06	4,12	3,69	2,31	3,97	1,32	4,63
Σ43VOC	173,34	141,64	99,71	518,16	123,44	135,03	358,23	151,78	209,07	208,23	199,54	235,01	229,44	171,23	311,33

Tablo 6.4. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örneklemesi Tüm Veri Seti Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Tüm Data Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	Ofis1	Ofis2	Ofis3	Ofis4	Ofis5	Ofis6	Ofis7	Ofis8	Ofis9
Benzen	3,67	8,47	25,55	12,87	4,34	10,18	12,09	9,33	3,74
Toluen	14,82	24,05	94,57	58,15	85,06	98,03	12,83	45,30	62,72
Etilbenzen	4,29	13,21	13,82	8,97	8,88	21,29	3,75	9,47	6,42
m,p-ksilen	3,80	16,20	20,32	14,43	5,86	22,49	4,88	24,56	10,82
o-ksilen	2,88	21,53	13,51	14,27	3,54	19,49	2,09	13,14	4,69
Siklohegzan	1,27	9,36	5,18	3,30	0,57	3,19	7,48	10,00	5,16
1,2,4-trimetilbenzen	1,13	2,33	2,59	1,40	1,50	3,96	2,02	2,29	2,04
1,3,5-trimetilbenzen	1,25	1,47	3,73	1,28	2,31	3,86	1,09	4,99	0,60
Hegzan	8,67	15,68	39,63	32,40	0,31	5,59	7,11	9,96	10,00
Heptan	3,52	21,02	7,56	15,94	5,22	10,07	4,60	6,27	4,52
2-metil-1-penten	2,60	14,65	17,26	10,43	3,75	11,62	7,58	7,62	18,96
Metilsiklopentan	2,40	20,40	37,27	8,91	3,71	18,94	6,81	6,09	5,67
2,4-dimetilpentan	0,85	4,21	16,38	12,36	0,43	5,22	6,19	3,73	1,72
2-metilhegzan	3,40	12,72	7,59	3,05	5,54	11,99	12,30	14,28	63,24
2,3-dimetilpentan	7,98	26,92	3,21	13,16	7,44	1,69	27,95	35,83	0,30
3-metilhegzan	1,25	8,41	5,04	2,50	2,84	2,68	4,93	5,49	1,05
2,2,4-trimetilpentan	1,80	20,41	6,32	2,34	5,32	7,28	12,41	13,39	2,45
Metilsiklohegzan	1,37	6,14	6,38	2,19	4,10	5,61	15,58	11,32	3,40
2,3,4-trimetilpentan	2,38	7,25	6,53	3,60	27,82	2,60	18,65	38,31	4,64
2-metilheptan/3-metilheptan	0,42	2,19	4,71	8,22	4,52	10,57	3,11	6,41	0,94
Stiren	3,32	15,52	4,36	6,22	8,90	4,61	5,77	11,39	14,65
Nonan	2,33	16,06	8,49	12,90	25,22	11,29	4,49	11,60	7,06
İzopropilbenzen	1,31	7,21	5,31	9,27	3,50	7,35	1,95	4,07	6,35
Propilbenzen	2,05	9,22	4,52	9,82	4,35	5,32	2,35	5,65	4,17
m,p-etiltoluen	3,45	5,70	5,93	9,26	6,45	12,05	3,92	4,84	2,50
o-etiltoluen	0,80	4,64	5,89	3,48	2,17	2,11	1,58	5,08	3,43
Dekan	2,13	2,94	3,82	2,05	3,69	5,95	2,18	5,45	3,33
1,2,3-trimetilbenzen	1,03	6,99	3,04	4,33	1,72	4,77	1,64	2,87	5,13
m,p-dietilbenzen	4,03	4,26	8,73	2,30	7,91	6,82	1,71	2,33	4,95
Σ29VOC	90,19	329,16	387,22	289,40	246,97	336,65	199,04	331,05	264,65
t-penten	3,42	9,20	5,09	4,05	5,56	6,77	5,92	5,48	3,25
1-penten	3,30	9,31	4,18	2,95	4,64	5,32	5,36	4,78	2,61
c-penten	2,64	6,41	3,25	1,99	2,77	3,22	3,74	3,51	2,85
Isopren	4,54	8,56	5,50	4,13	6,17	11,62	7,56	7,28	4,71
2,3-dimetilbutan	2,11	3,12	2,35	1,42	1,58	3,55	3,19	3,48	1,41
2-metilpentan	3,96	5,13	3,90	3,74	4,57	6,64	6,07	5,20	2,99
3-metilpentan	2,70	5,17	3,74	2,09	2,15	4,20	3,57	3,48	1,97
1,3-butadien	3,76	4,15	4,72	2,65	5,76	6,75	5,25	5,75	5,39
Eten	3,78	7,37	5,00	2,58	3,12	6,30	4,22	3,96	3,00
2,2-dimetilbutan	3,45	5,62	4,11	2,88	3,02	7,86	5,24	3,67	3,79
t-buten	3,59	5,69	4,78	3,52	3,54	5,03	5,01	5,78	2,60
1-buten	3,10	8,08	4,45	3,46	4,27	6,87	4,66	6,29	3,55
c-buten	3,07	5,46	4,62	2,55	3,16	7,08	4,14	4,08	2,99
Propen	3,48	5,59	4,17	4,05	4,09	9,95	4,66	4,58	4,52
Σ43VOC	137,10	418,02	447,09	331,48	301,39	427,81	267,64	398,36	310,28

Tablo 6.5. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örneklemesi Gündüz Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Gündüz Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	Ofis1	Ofis2	Ofis3	Ofis4	Ofis5	Ofis6	Ofis7	Ofis8	Ofis9
Benzen	3,66	8,48	29,50	19,33	6,13	11,46	16,84	8,81	5,30
Toluen	20,39	16,41	136,03	73,62	64,32	93,42	17,38	46,29	52,38
Etilbenzen	4,88	12,43	16,91	10,66	9,76	22,25	4,87	9,51	6,48
m,p-ksilen	5,02	16,44	24,53	16,74	6,36	23,66	6,08	23,55	12,24
o-ksilen	3,84	10,82	21,54	15,24	2,91	19,88	2,20	11,82	4,60
Siklohegzan	1,20	5,27	5,43	3,88	0,51	3,65	5,77	5,29	2,93
1,2,4-trimetilbenzen	1,33	1,31	2,70	1,41	1,25	3,78	2,35	2,23	1,55
1,3,5-trimetillbenzen	1,65	0,72	4,77	1,22	1,85	3,78	0,90	5,01	0,57
Hegzan	9,32	15,00	47,19	51,92	0,32	9,87	8,68	9,50	6,20
Heptan	3,33	20,39	8,48	23,78	6,84	11,18	6,44	5,85	6,58
2-metil-1-penten	3,09	11,57	16,68	15,51	5,28	12,34	11,05	7,12	27,18
Metilsiklopentan	2,32	8,60	24,82	10,18	4,60	16,93	8,72	2,98	4,30
2,4-dimetilpentan	1,17	2,15	24,36	20,75	0,42	4,77	7,30	4,91	1,59
2-metilhegzan	5,09	14,60	8,52	4,47	9,01	15,96	20,90	14,54	94,85
2,3-dimetilpentan	8,44	28,83	3,30	11,68	9,87	1,71	41,33	44,83	0,33
3-metilhegzan	1,83	6,86	6,91	2,57	3,30	2,71	6,38	5,74	1,11
2,2,4-trimetilpentan	2,20	6,91	2,90	2,04	3,31	7,43	12,09	7,79	2,05
Metilsiklohegzan	2,32	4,81	8,71	2,74	3,33	4,72	16,91	12,32	4,68
2,3,4-trimetilpentan	2,41	3,52	8,68	3,37	21,29	2,63	20,11	39,08	5,31
2-metilheptan/3-metilheptan	0,57	1,51	4,43	11,57	5,85	10,18	3,50	9,14	1,52
Stiren	4,29	15,24	5,25	7,37	10,87	4,89	7,24	12,66	22,46
Nonan	3,24	8,06	13,83	13,62	27,99	11,72	4,76	10,74	7,36
İzopropilbenzen	0,74	2,86	2,52	6,86	2,44	6,03	1,97	1,83	4,03
Propilbenzen	3,03	8,64	6,53	7,30	3,39	5,21	2,95	9,02	2,33
m,p-etiltoluen	4,87	6,01	6,86	9,37	5,38	12,47	4,41	5,42	2,58
o-etiltoluen	0,89	4,32	5,69	4,50	1,55	2,40	1,48	5,56	4,24
Dekan	3,46	2,87	6,56	2,90	3,20	6,55	2,11	7,64	5,70
1,2,3-trimetilbenzen	1,80	4,29	3,47	5,22	1,97	5,31	1,98	2,04	7,99
m,p-dietilbenzen	7,33	5,93	14,15	3,32	12,26	8,16	1,96	3,26	8,19
Σ29VOC	113,75	254,86	471,21	363,11	235,57	345,05	248,65	334,48	306,64
t-penten	4,00	5,41	7,95	6,24	8,47	8,67	7,84	7,78	4,43
1-penten	3,79	5,74	6,28	4,89	7,34	6,72	7,29	6,79	4,21
c-penten	2,88	4,82	4,62	3,36	3,78	3,85	4,40	4,44	4,34
İsopren	6,06	4,22	8,95	5,76	9,19	13,57	7,94	10,60	7,46
2,3-dimetilbutan	2,92	1,32	3,75	2,08	2,48	4,45	3,57	3,84	1,29
2-metilpentan	6,17	2,70	5,61	5,37	6,63	7,20	6,70	6,67	4,24
3-metilpentan	3,65	3,13	5,99	2,65	2,18	4,77	3,67	3,06	2,09
1,3-butadien	4,95	3,28	6,19	3,99	8,04	7,44	6,29	6,85	9,29
Eten	4,89	6,88	4,92	3,58	3,31	4,89	5,55	5,60	4,57
2,2-dimetilbutan	5,10	5,08	3,44	3,67	3,61	9,14	6,38	5,10	5,07
t-buten	5,35	5,69	4,82	4,86	4,12	5,69	7,94	7,70	4,00
1-buten	4,76	6,96	4,72	4,35	5,31	8,08	6,28	6,92	4,40
c-buten	4,90	5,63	3,95	3,40	4,49	8,19	5,63	3,67	4,35
Propen	5,28	5,65	5,04	5,64	4,47	10,16	7,28	6,65	6,03
Σ43VOC	178,46	321,38	547,45	422,94	308,99	447,89	335,39	420,16	372,42

Tablo 6.6. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örneklemesi Gece Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Gece Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	Ofis1	Ofis2	Ofis3	Ofis4	Ofis5	Ofis6	Ofis7	Ofis8	Ofis9
Benzen	3,69	8,46	21,60	6,41	2,55	8,90	7,35	9,85	2,19
Toluen	9,24	31,69	53,10	42,01	105,79	102,64	8,27	44,32	73,07
Etilbenzen	3,69	13,98	10,73	7,28	8,01	20,33	2,64	9,44	6,37
m,p-ksilen	2,58	15,96	16,11	12,12	5,35	21,33	3,68	25,56	9,40
o-ksilen	1,93	32,24	5,48	13,31	4,17	19,10	1,98	14,46	4,77
Siklohegzan	1,34	13,46	4,93	2,72	0,63	2,73	9,19	14,72	7,39
1,2,4-trimetilbenzen	0,94	3,35	2,49	1,38	1,75	4,14	1,68	2,35	2,54
1,3,5-trimetilbenzen	0,84	2,23	2,70	1,35	2,76	3,94	1,28	4,96	0,62
Hegzan	8,01	16,37	32,07	12,88	0,30	1,31	5,53	10,42	13,80
Heptan	3,71	21,64	6,63	8,10	3,60	8,96	2,76	6,68	2,45
2-metil-1-penten	2,10	17,74	17,85	5,34	2,23	10,91	4,11	8,11	10,74
Metilsiklopentan	2,48	32,20	49,71	7,64	2,81	20,95	4,91	9,20	7,04
2,4-dimetilpentan	0,53	6,27	8,39	3,97	0,45	5,68	5,07	2,55	1,84
2-metilhegzan	1,71	10,83	6,66	1,63	2,07	8,03	3,70	14,01	31,62
2,3-dimetilpentan	7,51	25,01	3,12	14,65	5,00	1,66	14,58	26,82	0,27
3-metilhegzan	0,67	9,96	3,18	2,43	2,37	2,66	3,48	5,23	1,00
2,2,4-trimetilpentan	1,40	33,92	9,74	2,64	7,33	7,12	12,73	18,99	2,86
Metilsiklohegzan	0,41	7,47	4,06	1,65	4,88	6,50	14,24	10,32	2,12
2,3,4-trimetilpentan	2,35	10,98	4,38	3,84	34,36	2,56	17,19	37,55	3,97
2-metilheptan/3-metilheptan	0,26	2,86	5,00	4,87	3,19	10,97	2,72	3,67	0,35
Stiren	2,34	15,79	3,47	5,07	6,93	4,34	4,30	10,13	6,84
Nonan	1,43	24,05	3,14	12,19	22,46	10,86	4,23	12,46	6,77
İzopropilbenzen	1,87	11,57	8,10	11,67	4,55	8,68	1,92	6,31	8,67
Propilbenzen	1,07	9,80	2,52	12,33	5,31	5,44	1,76	2,28	6,02
m,p-etiltoluen	2,03	5,39	4,99	9,15	7,52	11,63	3,43	4,27	2,42
o-etiltoluen	0,71	4,96	6,09	2,46	2,80	1,82	1,69	4,61	2,62
Dekan	0,80	3,01	1,08	1,20	4,17	5,36	2,25	3,25	0,96
1,2,3-trimetilbenzen	0,27	9,68	2,60	3,44	1,46	4,23	1,29	3,70	2,26
m,p-dietilbenzen	0,74	2,60	3,31	1,27	3,56	5,48	1,46	1,41	1,70
Σ29VOC	66,63	403,47	303,22	215,03	258,37	328,24	149,44	327,63	222,66
t-penten	2,84	12,98	2,23	1,86	2,66	4,87	4,00	3,19	2,06
l-penten	2,80	12,87	2,09	1,01	1,94	3,91	3,43	2,76	1,01
c-penten	2,40	8,01	1,88	0,63	1,76	2,58	3,07	2,57	1,36
İsopren	3,03	12,90	2,06	2,51	3,15	9,68	7,18	3,96	1,96
2,3-dimetilbutan	1,31	4,91	0,96	0,75	0,67	2,65	2,81	3,13	1,52
2-metilpentan	1,75	7,55	2,19	2,11	2,52	6,09	5,45	3,72	1,74
3-metilpentan	1,74	7,22	1,49	1,54	2,13	3,62	3,46	3,90	1,85
1,3-butadien	2,57	5,01	3,26	1,31	3,49	6,07	4,20	4,64	1,49
Eten	2,67	7,86	5,08	1,59	2,93	7,71	2,89	2,32	1,42
2,2-dimetilbutan	1,81	6,16	4,79	2,09	2,42	6,58	4,10	2,24	2,51
t-buten	1,83	5,69	4,74	2,19	2,96	4,38	2,08	3,86	1,21
l-buten	1,43	9,21	4,18	2,58	3,24	5,70	3,05	5,66	2,69
c-buten	1,24	5,30	5,29	1,69	1,83	5,98	2,65	4,49	1,63
Propen	1,68	5,52	3,31	2,46	3,71	9,73	2,05	2,50	3,02
Σ43VOC	95,73	514,66	346,74	239,34	293,79	407,78	199,88	376,55	248,14

Tablo 6.7. Okulların İç Ortamlarında Yapılan Yaz Aktif Örneklemesi Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Tüm Data Ortalama			Gündüz Ortalama			Gece Ortalama		
	Okul 1	Okul 2	Okul 3	Okul 1	Okul 2	Okul 3	Okul 1	Okul 2	Okul 3
Benzen	8,90	10,07	4,92	11,46	15,36	5,91	6,33	4,78	3,93
Toluen	47,35	124,09	22,24	65,51	229,15	29,28	29,19	19,03	15,19
Etilbenzen	11,32	9,89	5,26	14,54	15,80	6,47	8,11	3,98	4,05
m,p-ksilen	10,09	13,47	3,87	13,05	20,40	4,88	7,14	6,53	2,86
o-ksilen	7,46	12,00	2,14	10,00	19,49	2,72	4,92	4,52	1,56
Siklohegzan	5,90	3,41	2,80	9,63	4,37	2,27	2,18	2,45	3,33
1,2,4-trimetilbenzen	20,44	2,05	2,45	27,67	2,89	3,19	13,22	1,22	1,71
1,3,5-trimetilbenzen	1,93	7,28	0,92	2,91	12,04	1,19	0,95	2,52	0,65
Hegzan	7,13	1,28	8,81	10,40	1,80	8,49	3,85	0,77	9,13
Heptan	8,05	28,05	2,11	10,36	40,67	3,71	5,74	15,43	0,50
2-metil-1-penten	4,50	12,58	2,56	6,25	19,47	3,69	2,75	5,68	1,44
Metilsiklopentan	2,60	7,39	3,74	2,83	13,98	4,37	2,38	0,79	3,12
2,4-dimetilpentan	0,89	5,19	3,26	1,18	5,73	5,49	0,61	4,65	1,03
2-metilhegzan	6,41	9,11	1,00	10,52	16,37	0,88	2,30	1,85	1,13
2,3-dimetilpentan	4,39	5,63	8,66	5,76	9,70	8,44	3,01	1,56	8,88
3-metilhegzan	2,53	5,54	0,92	3,42	8,04	1,36	1,64	3,04	0,48
2,2,4-trimetilpentan	4,56	13,24	0,69	3,96	16,61	0,68	5,17	9,87	0,70
Metilsiklohegzan	5,09	19,81	0,98	6,55	22,04	1,15	3,63	17,58	0,80
2,3,4-trimetilpentan	2,80	23,83	1,80	3,12	28,13	1,22	2,47	19,53	2,38
2-metilheptan / 3-metilheptan	1,01	7,67	3,99	1,42	11,51	4,10	0,61	3,84	3,87
Stiren	7,27	10,92	3,76	9,47	16,63	4,88	5,08	5,21	2,64
Nonan	9,93	4,08	6,54	13,70	6,67	8,39	6,15	1,49	4,68
İzopropilbenzen	5,95	5,24	3,79	5,07	6,15	4,04	6,82	4,34	3,53
Propilbenzen	5,16	5,15	2,46	7,96	7,65	3,76	2,36	2,64	1,15
m,p-etiltoluen	3,85	7,77	2,27	5,63	12,29	3,12	2,07	3,25	1,43
o-etiltoluen	2,93	6,34	2,59	3,88	9,87	2,68	1,98	2,81	2,49
Dekan	7,44	3,08	6,23	6,82	5,14	9,86	8,06	1,01	2,59
1,2,3-trimetilbenzen	4,70	2,46	4,20	5,44	4,35	6,60	3,95	0,57	1,79
m,p-dietilbenzen	3,74	3,45	2,43	5,87	5,85	2,89	1,60	1,05	1,98
Σ29VOC	214,31	370,09	117,36	284,35	588,16	145,70	144,27	152,02	89,01
t-penten	7,54	2,03	0,81	9,92	3,16	1,07	5,15	0,90	0,54
1-penten	6,42	1,82	0,79	8,30	3,02	1,07	4,54	0,62	0,50
c-penten	5,62	1,94	0,77	7,26	2,40	0,99	3,99	1,48	0,54
Isopren	6,96	3,14	1,75	10,19	5,50	2,14	3,73	0,78	1,36
2,3-dimetilbutan	2,48	0,81	0,50	3,51	0,89	0,53	1,45	0,72	0,48
2-metilpentan	4,06	2,97	1,47	5,19	4,28	2,03	2,94	1,66	0,92
3-metilpentan	3,78	2,43	0,90	5,62	2,81	1,09	1,93	2,06	0,71
1,3-butadien	5,85	2,08	1,62	7,74	2,94	2,59	3,96	1,23	0,66
Eten	5,74	1,65	1,00	7,36	2,11	1,25	4,13	1,20	0,75
2,2-dimetilbutan	6,97	1,78	1,07	10,73	1,83	1,60	3,21	1,73	0,53
t-buten	6,85	1,77	1,05	9,73	2,52	1,33	3,96	1,01	0,76
1-buten	6,97	2,32	1,46	8,14	3,56	1,77	5,81	1,07	1,15
c-buten	6,12	1,15	1,28	8,57	1,40	1,65	3,67	0,90	0,91
Propen	4,84	1,90	1,23	6,90	2,54	1,46	2,77	1,26	1,01
Σ43VOC	294,49	397,88	133,06	393,49	627,12	166,27	195,50	168,64	99,85

6.1.2. Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Çalışma kapsamında kış mevsiminde örneklenen ev, ofis ve okulların iç ortamlarında otomatik (on-line) Gaz Kromatograf kullanılarak günlük olarak yapılan Uçucu Organik Bileşiklerin (UOBler) aktif örneklemesine ait ölçüm sonuçları Tablo 6.8 – Tablo 6.14’de verilmektedir. İç ortam aktif UOB örnekleme için incelenen her mikroçevreden bir ortam seçilmiştir. Bu ortamlar yaz mevsiminde olduğu gibi evler için oturma odaları, ofisler için günlük faaliyetlerin gerçekleştiği çalışma ortamları ve okullar için sınıflar olarak belirlenmiştir. Belirlenen örnekleme noktalarında kış mevsiminde yarım saatlik dilimler halinde yapılan on-line UOB ölçümlerinde 29 UOB tesbit edilmiştir. Daha önceki bölümde bahsedildiği gibi on-line GC’nin bir ünitesi arızalandığı için kış örneklemesinde sadece 29 UOB bileşiği belirlenebilmiştir. Tablo 6.8-6.14’de kış mevsimi aktif örnekleme UOB sonuçları ev, ofis ve okullar için tüm data, gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları şeklinde ayrı ayrı verilmektedir.

Evlerin iç ortam UOB örneklemesine ait tüm veri seti ortalama konsantrasyonları Tablo 6.8’de, gündüz ortalama konsantrasyonları Tablo 6.9’da ve gece ortalama konsantrasyonları Tablo 6.10’da verilmektedir. Yaz mevsiminde olduğu gibi kış mevsiminde de Toluen evlerde tesbit edilen UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu m,p-ksilen, Etilbenzen, o-ksilen, stiren, metilsiklopentan, nonan, benzen ve hegzan bileşikler takip etmektedir. Ev iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 29 UOB’in toplam konsantrasyonlarının $172,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 11) ile $758,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 14) arasında değişim gösterdiği Tablo 6.8’de görülmektedir. Yaz örnekleme ile karşılaştırıldığında kış mevsimi UOB düzeylerinin oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Yaz mevsiminde 29 UOB bileşiğinin tüm veri seti ortalama konsantrasyonları Tablo 6.1’den görüleceği gibi $80,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $392,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişirken kış mevsiminde bu düzeylerin yaklaşık 2-3 kat artması dikkat çekmektedir. Evlerde yapılan UOB örnekleme ölçüm sonuçları için gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları sırasıyla Tablo 6.9 ve Tablo 6.10’de verilmektedir. Gündüz ortalama değerleri toplam 29 UOB için $149,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 12) ile $788,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 14) arasında değişim gösterirken, gece ortalama değerleri ise $145,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 11) ile $760,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ev 4) değerleri arasında değişmektedir.

Ofislerin iç ortam UOB örneklemesine ait tüm veri seti ortalama konsantrasyonları Tablo 6.11’de, gündüz ortalama konsantrasyonları Tablo 6.12’de ve gece ortalama konsantrasyonları Tablo 6.13’de verilmektedir. Ofislerde tesbit edilen UOB kirlilik düzeylerine Toluen en çok katkıda bulunurken onu m,p-ksilen, etilbenzen, o-ksilen, 2,3-dimetilpentan, heptan, nonan, stiren ve benzen bileşikler takip etmektedir. Ofis iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 29 UOB’in toplam konsantrasyonlarının $121,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 3) ile $639,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis

8) arasında değişim gösterdiği Tablo 6.11’de görölmektedir. Evlerde gözleendiği gibi kirletici kaynaklarının çeşitlilik göstermesi nedeniyle ofislerde de UOB konsantrasyonlarının çok büyük farklılıklar göstermektedir. Ofislerde yapılan UOB örnekleme ölçüm sonuçları için gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları sırasıyla Tablo 6.12 ve Tablo 6.13’de verilmektedir. Gündüz ortalama değerleri toplam 29 UOB için 135,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 3) ile 774,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 7) arasında değişim gösterirken, gece ortalama değerleri ise 107,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 3) ile 670,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ofis 2) değerleri arasında değişmektedir.

Okulların iç ortam UOB örneklemesine ait tüm veri seti, gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları Tablo 6.14’de verilmektedir. Okullarda tesbit edilen UOB kirlilik düzeylerine Toluen en çok katkıda bulunurken onu m,p-ksilen, benzen, 2,3-dimetilpentan, hegzan, 2,4-dimetilpentan, metilsiklohegzan, nonan, stiren ve etilbenzen bileşikleri takip etmektedir. Okul iç ortamlarına ait tüm veri seti göz önüne alındığında incelenen 29 UOB’in toplam konsantrasyonlarının 244,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 1) ile 555,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 2) arasında değişim gösterdiği Tablo 6.7’de görölmektedir. Okullarda yapılan UOB örnekleme ölçüm sonuçları için gündüz ve gece ortalama konsantrasyonları Tablo 6.14’de verilmektedir. Gündüz ortalama değerleri toplam 29 UOB için 318,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 3) ile 790,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 2) arasında değişim gösterirken, gece ortalama değerleri ise 153,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 1) ile 319,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Okul 2) değerleri arasında değişmektedir.

Tablo 6.8. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örnekleme Tümü Veri Seti Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Tüm Data Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)														
	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	EV8	EV9	EV10	EV11	EV12	EV13	EV14	EV15
Benzen	7,90	9,92	12,02	6,96	16,09	8,88	8,68	19,36	10,62	29,94	5,56	9,28	4,32	51,06	8,46
Toluen	16,75	37,92	44,26	326,26	39,74	31,57	37,16	27,02	40,18	88,43	46,98	39,14	108,26	157,50	36,58
Etilbenzen	20,68	15,22	14,92	24,65	14,77	10,35	15,02	6,45	12,07	65,96	8,95	7,48	16,49	24,78	12,52
m,p-ksilen	18,69	22,86	31,01	23,59	23,67	24,63	29,17	17,93	17,85	50,28	15,09	19,09	25,96	82,55	24,13
o-ksilen	12,82	12,92	20,71	13,01	13,42	15,32	16,84	9,87	12,64	35,08	9,47	10,52	15,76	43,89	15,79
Siklohegzan	2,29	6,16	1,40	10,28	9,67	5,03	10,34	5,70	7,17	18,35	6,75	6,00	8,81	29,97	6,60
1,2,4-trimetilbenzen	1,38	1,58	1,78	1,52	0,94	3,16	4,39	1,83	3,84	21,85	1,33	2,07	6,95	4,21	4,22
1,3,5-trimetilbenzen	2,78	3,21	5,46	3,84	3,18	4,20	4,75	2,37	3,81	10,12	1,68	2,68	6,00	7,48	3,28
Hegzan	10,73	6,61	12,21	5,92	17,10	10,13	6,66	20,00	10,77	34,47	3,57	7,89	4,27	50,74	6,32
Heptan	16,07	9,42	21,01	12,17	15,07	5,61	4,49	6,85	8,07	6,23	6,41	3,33	7,37	26,29	3,64
2-metil-1-penten	5,74	4,25	1,20	9,23	2,03	1,06	5,20	2,00	3,96	2,53	4,13	4,05	3,11	5,32	5,81
Metilsiklopentan	25,42	17,28	34,56	16,19	7,58	12,72	8,35	7,85	6,78	16,44	8,98	7,10	21,51	15,10	3,50
2,4-dimetilpentan	3,67	6,98	7,26	3,83	7,92	5,54	4,77	7,30	4,74	12,97	1,69	3,82	3,38	19,07	4,00
2-metilhegzan	11,19	9,54	9,19	8,91	10,19	6,58	7,85	6,41	7,63	12,61	5,91	5,38	7,30	24,13	4,71
2,3-dimetilpentan	9,81	7,63	3,87	6,47	11,32	5,75	6,67	8,12	5,82	13,48	4,86	6,37	3,98	28,46	5,46
3-metilhegzan	8,88	2,39	3,64	1,32	4,70	1,08	1,97	2,43	3,65	4,45	2,11	2,35	1,26	9,49	1,21
2,2,4-trimetilpentan	8,95	7,62	5,64	9,35	9,70	5,67	5,97	5,87	5,60	13,33	5,28	4,90	4,62	20,79	4,80
Metilsiklohegzan	3,44	6,25	5,65	11,18	11,06	6,35	6,62	4,29	4,43	10,55	4,36	3,18	4,18	21,04	4,64
2,3,4-trimetilpentan	1,21	2,65	1,63	3,67	6,18	3,27	3,36	2,70	1,00	6,36	1,39	1,15	0,78	10,60	2,34
2-metilheptan/3-metilheptan	1,27	4,48	3,30	3,16	3,94	1,09	5,36	2,28	4,04	8,69	3,51	3,27	2,90	12,82	1,00
Stiren	15,09	8,60	22,21	17,16	12,50	8,67	8,56	7,29	5,81	19,79	5,56	6,69	13,85	21,66	6,35
Nonan	18,51	8,07	27,08	11,42	8,10	7,59	9,90	10,21	16,02	35,63	5,14	5,36	20,66	27,90	9,34
İzopropilbenzen	18,03	3,61	20,37	2,95	3,33	5,31	4,92	5,80	2,92	19,87	2,15	2,25	5,76	16,47	4,17
Propilbenzen	10,39	3,25	11,13	4,35	4,19	3,78	5,71	3,76	3,91	15,88	1,75	3,87	12,97	12,46	4,36
m,p-etiltoluen	2,86	4,19	7,87	3,25	5,25	9,73	6,25	2,77	3,94	29,07	3,76	2,99	10,00	8,30	6,96
o-etiltoluen	1,74	3,13	6,99	4,72	1,62	2,65	3,47	2,06	1,59	12,85	1,72	1,17	6,01	9,32	2,43
Dekan	0,40	4,07	1,17	4,25	2,96	4,26	5,86	3,10	4,21	13,54	2,33	2,70	6,24	7,52	4,55
1,2,3-trimetilbenzen	7,35	6,94	5,77	8,50	3,74	6,28	4,47	1,85	10,23	13,28	1,93	3,25	6,23	2,85	5,27
m,p-dietilbenzen	0,97	2,06	8,71	5,23	1,93	1,74	2,93	3,67	2,24	63,95	0,41	1,48	4,11	6,55	1,98
Σ29VOC	265,01	238,81	352,02	563,33	271,89	217,99	245,71	207,13	225,54	685,98	172,76	178,80	343,03	758,35	204,45

Tablo 6.9. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örnekleme Gündüz Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Gündüz Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)														
	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	EV8	EV9	EV10	EV11	EV12	EV13	EV14	EV15
Benzen	7,64	8,74	14,87	4,97	10,28	9,54	7,00	10,49	10,64	15,89	6,25	8,95	3,88	53,16	8,95
Toluen	17,23	45,77	55,30	200,41	38,30	37,74	42,98	18,83	44,68	92,54	56,99	32,01	128,78	130,70	40,47
Etilbenzen	20,20	16,14	14,79	15,96	12,59	11,17	19,47	5,15	13,15	65,12	11,27	6,31	18,96	26,93	13,51
m,p-ksilen	19,44	24,30	33,31	15,28	19,88	27,19	33,12	14,16	19,07	53,58	18,25	15,34	29,90	86,81	22,32
o-ksilen	13,99	13,12	22,50	7,94	14,30	16,89	18,08	9,28	14,37	36,76	12,18	9,67	18,32	51,59	14,38
Siklohegzan	2,39	7,61	1,52	4,92	5,23	4,26	12,93	3,70	6,41	15,31	5,16	5,75	7,82	32,05	7,27
1,2,4-trimetilbenzen	1,42	1,50	2,13	0,84	0,99	3,81	3,96	2,28	4,18	24,94	1,56	1,47	9,86	4,62	3,74
1,3,5-trimetilbenzen	3,48	2,88	6,80	2,41	3,41	6,53	4,00	3,20	4,47	12,46	1,99	2,22	8,16	9,57	3,00
Hegzan	9,31	8,75	10,39	8,60	5,92	11,15	9,01	14,77	3,49	22,94	5,33	5,14	5,66	67,99	7,68
Heptan	15,17	8,29	24,83	8,62	9,80	6,17	3,53	3,42	8,09	3,21	7,12	3,17	6,36	26,15	3,82
2-metil-1-penten	5,25	3,83	1,20	6,28	1,28	1,38	4,14	1,09	5,25	1,57	4,04	2,91	3,22	4,68	6,23
Metilsiklopentan	17,83	17,38	25,65	9,65	5,77	17,97	5,72	4,21	6,90	11,25	6,08	3,35	22,46	8,21	3,85
2,4-dimetilpentan	3,95	9,74	9,25	2,51	4,45	7,10	6,69	5,16	8,54	9,50	1,71	4,13	4,63	17,32	4,46
2-metilhegzan	9,24	4,32	13,42	7,53	5,63	9,35	4,00	2,85	13,18	4,00	6,43	3,75	6,22	33,06	4,97
2,3-dimetilpentan	12,62	5,46	4,07	5,64	12,58	7,44	4,73	7,45	9,16	10,48	4,96	5,68	4,35	29,81	5,76
3-metilhegzan	9,68	2,42	4,22	0,76	4,11	1,12	2,22	2,59	3,99	4,51	2,52	2,48	1,13	9,16	1,19
2,2,4-trimetilpentan	6,64	10,22	5,76	8,08	7,20	7,67	6,33	5,28	6,23	17,12	3,43	2,63	3,68	19,55	3,71
Metilsiklohegzan	4,29	6,50	5,56	6,40	8,39	5,95	10,42	3,69	4,95	7,50	6,45	3,46	5,52	31,52	4,57
2,3,4-trimetilpentan	1,30	2,65	1,77	1,58	2,96	3,93	5,43	2,88	1,05	6,37	1,96	1,28	1,14	12,46	2,38
2-metilheptan/3-metilheptan	1,54	3,52	1,91	2,54	3,21	1,21	8,31	2,14	5,33	13,11	5,20	2,99	4,72	10,37	1,64
Stiren	15,76	8,97	24,32	13,50	12,50	9,48	9,90	5,96	7,28	24,48	6,70	5,46	17,86	23,11	7,00
Nonan	18,73	8,21	29,75	7,32	8,67	8,37	13,36	8,45	18,59	40,91	6,46	4,98	29,47	33,73	10,15
İzopropilbenzen	11,54	3,18	19,77	1,75	2,34	6,57	6,59	6,47	2,73	15,56	1,58	1,61	8,23	12,02	4,85
Propilbenzen	9,39	2,58	16,45	2,60	4,57	5,96	8,10	5,69	4,66	23,96	1,51	2,68	17,00	16,99	4,57
m,p-etiltoluen	3,25	3,59	8,26	1,94	5,19	14,82	9,46	4,95	5,57	39,87	5,20	2,83	17,16	8,37	6,90
o-etiltoluen	1,79	3,25	7,48	2,19	1,73	2,69	3,65	3,89	1,73	16,04	2,39	0,91	9,33	9,82	2,32
Dekan	0,65	4,58	1,93	1,42	3,68	4,24	4,24	1,59	5,26	10,38	3,43	3,28	7,38	5,80	4,48
1,2,3-trimetilbenzen	12,86	6,59	8,31	9,87	2,29	7,84	6,89	2,35	11,63	16,68	2,99	3,42	11,21	3,67	4,77
m,p-dietilbenzen	1,58	2,58	9,39	4,90	2,51	2,40	3,68	6,56	3,08	90,28	0,66	1,73	5,89	9,48	2,21
Σ29VOC	258,1	246,7	384,9	366,4	219,7	259,9	277,9	168,5	253,7	706,3	199,8	149,6	418,3	788,7	211,2

Tablo 6.10. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örnekleme Gece Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Gece Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)														
	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	EV8	EV9	EV10	EV11	EV12	EV13	EV14	EV15
Benzen	8,16	11,11	9,18	8,96	21,89	8,23	10,37	28,60	10,60	43,98	4,87	9,61	4,76	48,96	7,98
Toluen	16,27	30,06	33,22	452,12	41,17	25,41	31,34	35,56	35,68	84,32	36,97	46,27	87,74	184,30	32,69
Etilbenzen	21,15	14,30	15,04	33,33	16,94	9,52	10,57	7,80	11,00	66,80	6,63	8,65	14,02	22,64	11,53
m,p-ksilen	17,94	21,42	28,71	31,89	27,46	22,07	25,22	21,87	16,63	46,98	11,92	22,84	22,02	78,30	25,94
o-ksilen	11,65	12,73	18,92	18,09	12,54	13,75	15,61	10,49	10,91	33,41	6,76	11,37	13,19	36,19	17,21
Siklohegzan	2,18	4,71	1,27	15,63	14,11	5,81	7,76	7,78	7,94	21,38	8,33	6,26	9,81	27,89	5,93
1,2,4-trimetilbenzen	1,34	1,66	1,43	2,19	0,89	2,50	4,82	1,36	3,50	18,75	1,09	2,67	4,04	3,81	4,69
1,3,5-trimetilbenzen	2,09	3,54	4,12	5,27	2,96	1,88	5,50	1,51	3,15	7,77	1,37	3,14	3,83	5,39	3,57
Hegzan	12,15	4,47	14,03	3,24	28,28	9,12	4,31	25,46	18,05	46,00	1,82	10,64	2,87	33,49	4,97
Heptan	16,97	10,55	17,20	15,72	20,34	5,05	5,44	10,44	8,05	9,24	5,71	3,48	8,39	26,44	3,46
2-metil-1-penten	6,23	4,66	1,19	12,18	2,78	0,74	6,26	2,94	2,68	3,49	4,22	5,20	3,00	5,96	5,39
Metilsiklopentan	33,01	17,18	43,48	22,73	9,40	7,46	10,99	11,64	6,66	21,64	11,89	10,85	20,56	21,98	3,15
2,4-dimetilpentan	3,39	4,23	5,26	5,16	11,40	3,97	2,85	9,52	0,93	16,43	1,67	3,52	2,12	20,82	3,53
2-metilhegzan	13,14	14,75	4,96	10,29	14,75	3,81	11,69	10,13	2,09	21,23	5,40	7,00	8,39	15,20	4,46
2,3-dimetilpentan	7,00	9,80	3,66	7,29	10,06	4,06	8,62	8,82	2,48	16,48	4,76	7,06	3,61	27,11	5,16
3-metilhegzan	8,08	2,36	3,06	1,88	5,29	1,05	1,72	2,28	3,31	4,40	1,70	2,23	1,38	9,83	1,24
2,2,4-trimetilpentan	11,25	5,03	5,53	10,63	12,21	3,67	5,60	6,49	4,97	9,55	7,14	7,17	5,56	22,03	5,89
Metilsiklohegzan	2,59	5,99	5,74	15,96	13,73	6,75	2,83	4,92	3,90	13,61	2,26	2,90	2,85	10,55	4,70
2,3,4-trimetilpentan	1,12	2,66	1,48	5,75	9,39	2,61	1,29	2,51	0,95	6,35	0,82	1,01	0,41	8,74	2,30
2-metilheptan/ 3-metilheptan	1,00	5,44	4,68	3,77	4,67	0,98	2,41	2,44	2,74	4,27	1,83	3,54	1,09	15,28	0,37
Stiren	14,41	8,24	20,09	20,83	12,50	7,85	7,21	8,69	4,34	15,10	4,42	7,92	9,84	20,22	5,69
Nonan	18,30	7,94	24,41	15,51	7,52	6,80	6,44	12,04	13,45	30,35	3,82	5,74	11,84	22,07	8,52
İzopropilbenzen	24,52	4,04	20,97	4,16	4,31	4,06	3,26	5,10	3,10	24,19	2,71	2,90	3,29	20,91	3,50
Propilbenzen	11,38	3,92	5,81	6,10	3,81	1,60	3,31	1,74	3,15	7,80	1,98	5,05	8,94	7,93	4,15
m,p-etiltoluen	2,48	4,80	7,48	4,56	5,32	4,63	3,03	0,50	2,32	18,27	2,33	3,14	2,84	8,23	7,03
o-etiltoluen	1,68	3,00	6,50	7,25	1,51	2,60	3,29	0,15	1,44	9,67	1,05	1,43	2,69	8,81	2,55
Dekan	0,15	3,57	0,41	7,09	2,24	4,27	7,49	4,67	3,15	16,69	1,23	2,12	5,11	9,25	4,62
1,2,3-trimetilbenzen	1,85	7,29	3,24	7,14	5,20	4,73	2,05	1,32	8,84	9,87	0,87	3,07	1,24	2,03	5,77
m,p-dietilbenzen	0,37	1,54	8,03	5,57	1,35	1,07	2,19	0,66	1,40	37,63	0,15	1,24	2,34	3,63	1,76
Σ29VOC	271,87	230,96	319,12	760,28	324,02	176,03	213,47	247,41	197,41	665,64	145,72	208,00	267,77	728,01	197,74

Tablo 6.11. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örneklemesi Tüm Veri Seti Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Tüm Data Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	Ofis1	Ofis2	Ofis3	Ofis4	Ofis5	Ofis6	Ofis7	Ofis8	Ofis9
Benzen	8,39	10,06	3,19	10,52	7,36	13,48	20,18	53,81	11,02
Toluen	74,09	352,83	13,67	60,11	33,35	40,23	33,58	209,99	91,49
Etilbenzen	47,10	10,48	5,19	19,34	7,33	23,28	13,57	10,48	32,90
m,p-ksilen	49,15	41,76	13,79	39,83	16,50	36,78	26,57	34,91	53,78
o-ksilen	13,82	17,35	8,08	24,19	9,44	20,09	15,07	25,21	22,81
Siklohegzan	10,64	3,38	3,83	11,75	6,28	6,04	7,95	6,15	7,56
1,2,4-trimetilbenzen	19,18	5,20	2,49	4,57	0,24	1,20	1,28	2,47	14,20
1,3,5-trimetillbenzen	8,21	3,48	1,97	6,51	1,48	8,61	2,48	4,29	7,13
Hegzan	8,70	4,70	2,54	7,53	9,81	8,53	10,69	58,44	18,68
Heptan	7,15	5,79	2,37	10,52	5,25	11,40	91,37	4,72	13,27
2-metil-1-penten	2,16	9,06	13,17	7,91	3,01	9,44	6,31	4,84	12,33
Metilsiklopentan	16,58	4,71	3,19	26,06	8,95	13,98	12,16	4,87	14,07
2,4-dimetilpentan	5,22	4,79	1,08	5,83	3,15	6,85	8,49	28,27	6,99
2-metilhegzan	10,77	16,43	4,17	13,27	5,33	10,67	25,69	8,25	10,74
2,3-dimetilpentan	10,04	18,34	3,88	8,17	4,52	12,47	36,56	26,39	55,09
3-metilhegzan	3,41	6,28	1,20	1,40	1,51	5,66	36,55	3,53	3,61
2,2,4-trimetilpentan	7,96	12,45	4,13	8,02	3,86	9,42	75,14	6,87	7,30
Metilsiklohegzan	10,22	15,11	3,72	7,34	3,96	10,81	38,89	7,18	7,95
2,3,4-trimetilpentan	5,25	11,74	4,01	6,02	2,02	6,58	21,82	78,15	5,01
2-metilheptan/3-metilheptan	5,25	7,39	1,90	3,32	1,92	6,28	7,98	2,02	5,62
Stiren	19,23	20,51	2,69	21,21	3,49	26,40	18,40	13,21	17,01
Nonan	26,03	22,06	1,68	16,15	3,29	45,48	6,87	11,24	17,30
İzopropilbenzen	15,33	4,64	1,86	8,17	1,63	8,37	9,52	3,54	7,58
Propilbenzen	13,64	4,48	2,85	8,49	1,32	11,77	5,49	6,34	7,56
m,p-etiltoluen	26,48	4,22	4,83	9,52	1,36	13,26	2,07	9,82	18,40
o-etiltoluen	11,09	5,17	2,12	5,60	1,34	4,08	1,19	4,16	8,89
Dekan	13,56	5,40	2,21	6,96	1,66	9,90	2,87	6,23	12,54
1,2,3-trimetilbenzen	8,92	2,27	2,61	4,90	1,51	8,82	6,48	3,14	11,60
m,p-dietilbenzen	57,59	2,51	3,21	4,72	1,16	4,43	0,94	1,09	53,72
Σ29VOC	515,16	632,58	121,62	367,90	152,03	394,32	546,18	639,61	556,14

Tablo 6.12. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örneklemesi Gündüz Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Gündüz Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	Ofis1	Ofis2	Ofis3	Ofis4	Ofis5	Ofis6	Ofis7	Ofis8	Ofis9
Benzen	7,73	12,15	3,39	15,06	10,11	13,83	31,18	61,34	17,27
Toluen	97,89	313,81	18,80	71,20	23,73	34,47	50,90	255,84	95,36
Etilbenzen	51,20	12,05	5,91	21,09	7,68	22,00	19,94	12,60	39,93
m,p-ksilen	61,39	50,93	15,46	42,25	17,08	35,04	37,91	40,49	71,32
o-ksilen	17,43	11,88	12,48	23,25	7,29	18,52	18,84	27,77	27,16
Siklohegzan	9,23	2,54	3,63	12,66	5,31	6,32	7,53	4,32	5,68
1,2,4-trimetilbenzen	21,07	3,91	2,37	4,15	0,19	1,03	1,74	2,91	13,65
1,3,5-trimetillbenzen	10,30	2,33	2,36	5,49	1,12	7,59	2,54	5,16	8,26
Hegzan	8,69	5,52	2,81	11,70	9,57	14,69	14,82	66,83	15,12
Heptan	6,23	6,82	2,45	14,95	6,63	11,53	141,84	5,32	21,24
2-metil-1-penten	2,41	9,06	11,46	11,19	4,11	9,10	10,12	5,48	19,46
Metilsiklopentan	14,81	2,75	1,85	27,26	10,67	11,19	17,69	3,20	13,47
2,4-dimetilpentan	6,84	3,30	1,52	9,50	2,89	5,60	11,61	41,73	7,85
2-metilhegzan	15,47	22,12	4,36	18,41	8,52	13,22	46,08	9,99	17,52
2,3-dimetilpentan	9,83	23,26	3,66	6,41	5,80	11,40	59,31	37,66	71,66
3-metilhegzan	4,78	6,49	1,56	1,29	1,69	5,16	53,66	4,39	4,53
2,2,4-trimetilpentan	9,17	5,96	1,61	6,16	2,26	8,67	88,82	5,26	7,59
Metilsiklohegzan	16,91	15,02	4,79	8,49	3,03	8,08	49,62	9,13	12,11
2,3,4-trimetilpentan	4,89	7,83	5,10	4,99	1,45	6,02	27,65	94,58	6,69
2-metilheptan/3-metilheptan	6,80	6,61	1,64	4,39	2,39	5,42	10,56	3,19	9,75
Stiren	23,47	24,39	3,01	23,08	4,08	25,35	26,41	17,20	28,29
Nonan	34,39	15,09	2,66	15,30	3,51	42,73	8,64	12,67	21,42
İzopropilbenzen	7,83	2,57	0,76	5,25	1,07	6,09	11,55	2,17	6,27
Propilbenzen	19,30	5,14	3,88	5,38	0,97	10,36	7,97	10,83	5,55
m,p-etiltoluen	35,61	5,32	5,17	8,59	1,06	12,45	2,72	12,87	22,74
o-etiltoluen	11,43	5,88	1,84	6,74	0,89	4,23	1,35	5,36	12,61
Dekan	21,29	6,28	3,70	9,26	1,36	9,73	3,36	9,70	22,51
1,2,3-trimetilbenzen	15,19	1,87	2,69	5,45	1,65	8,91	9,08	2,82	19,47
m,p-dietilbenzen	103,25	3,87	5,02	6,51	1,75	4,85	1,25	1,68	94,47
Σ29VOC	654,83	594,76	135,97	405,47	147,86	373,57	774,71	772,50	718,95

Tablo 6.13. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örneklemesi Gece Ortalama Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Gece Ortalama Konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	Ofis1	Ofis2	Ofis3	Ofis4	Ofis5	Ofis6	Ofis7	Ofis8	Ofis9
Benzen	9,04	7,97	2,99	6,15	4,61	13,13	9,18	46,28	4,77
Toluen	50,29	391,86	8,54	49,45	42,98	45,98	16,26	164,13	87,63
Etilbenzen	43,01	8,90	4,46	17,66	6,97	24,56	7,21	8,36	25,87
m,p-ksilen	36,90	32,59	12,11	37,50	15,92	38,52	15,23	29,33	36,24
o-ksilen	10,22	22,82	3,67	25,08	11,59	21,66	11,30	22,65	18,46
Siklohegzan	12,05	4,22	4,03	10,88	7,24	5,77	8,37	7,98	9,44
1,2,4-trimetilbenzen	17,29	6,48	2,60	4,97	0,29	1,37	0,83	2,03	14,75
1,3,5-trimetillbenzen	6,13	4,63	1,58	7,49	1,85	9,63	2,41	3,41	5,99
Hegzan	8,72	3,88	2,27	3,53	10,06	2,37	6,56	50,04	22,25
Heptan	8,06	4,75	2,30	6,27	3,87	11,28	40,91	4,11	5,30
2-metil-1-penten	1,91	9,06	14,88	4,76	1,92	9,79	2,49	4,20	5,20
Metilsiklopentan	18,34	6,66	4,52	24,90	7,23	16,78	6,64	6,53	14,67
2,4-dimetilpentan	3,59	6,27	0,64	2,30	3,40	8,11	5,38	14,80	6,13
2-metilhegzan	6,07	10,74	3,99	8,33	2,13	8,12	5,31	6,52	3,96
2,3-dimetilpentan	10,25	13,42	4,11	9,87	3,25	13,55	13,81	15,12	38,51
3-metilhegzan	2,05	6,08	0,83	1,50	1,34	6,16	19,45	2,67	2,70
2,2,4-trimetilpentan	6,76	18,94	6,66	9,81	5,46	10,17	61,46	8,49	7,00
Metilsiklohegzan	3,52	15,21	2,64	6,23	4,89	13,55	28,16	5,23	3,79
2,3,4-trimetilpentan	5,60	15,65	2,91	7,00	2,58	7,14	16,00	61,73	3,33
2-metilheptan/3-metilheptan	3,70	8,17	2,17	2,28	1,46	7,14	5,39	0,86	1,49
Stiren	14,98	16,62	2,37	19,42	2,89	27,44	10,39	9,22	5,74
Nonan	17,67	29,03	0,69	16,96	3,07	48,24	5,11	9,80	13,18
İzopropilbenzen	22,83	6,71	2,97	10,97	2,19	10,65	7,48	4,92	8,89
Propilbenzen	7,98	3,82	1,81	11,47	1,67	13,18	3,01	1,85	9,56
m,p-etiltoluen	17,35	3,12	4,49	10,42	1,65	14,07	1,41	6,78	14,06
o-etiltoluen	10,76	4,46	2,41	4,50	1,78	3,92	1,03	2,97	5,17
Dekan	5,82	4,53	0,71	4,76	1,97	10,08	2,37	2,76	2,57
1,2,3-trimetilbenzen	2,66	2,66	2,53	4,36	1,37	8,73	3,87	3,46	3,73
m,p-dietilbenzen	11,94	1,15	1,40	3,01	0,57	4,01	0,63	0,50	12,96
Σ29VOC	375,49	670,40	107,27	331,84	156,20	415,08	317,65	506,72	393,33

Tablo 6.14. Okulların İç Ortamlarında Yapılan Kış Aktif Örneklemesi Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Tüm Data Ortalamaları			Gündüz Ortalamaları			Gece Ortalamaları		
	Okul 1	Okul 2	Okul 3	Okul 1	Okul 2	Okul 3	Okul 1	Okul 2	Okul 3
Benzen	15,48	43,07	2,00	21,27	62,77	2,39	9,68	23,36	1,61
Toluen	67,79	61,01	91,13	99,23	110,53	119,03	36,36	11,48	63,23
Etilbenzen	11,78	20,06	10,41	16,15	30,67	12,72	7,41	9,45	8,11
m,p-ksilen	25,09	25,89	12,56	34,60	37,04	15,75	15,58	14,75	9,37
o-ksilen	13,77	13,52	5,35	19,60	20,97	6,73	7,94	6,07	3,97
Siklohegzan	16,13	16,40	5,84	27,18	19,89	4,79	5,08	12,91	6,88
1,2,4-trimetilbenzen	1,01	0,97	2,70	1,45	1,26	3,49	0,57	0,68	1,91
1,3,5-trimetilbenzen	1,96	2,41	3,38	3,09	3,81	4,34	0,83	1,01	2,42
Hegzan	16,06	35,99	1,90	24,61	48,89	1,85	7,51	23,09	1,95
Heptan	7,82	30,62	3,63	10,73	42,11	6,39	4,91	19,13	0,86
2-metil-1-penten	4,32	10,12	1,91	6,35	15,06	2,76	2,29	5,18	1,05
Metilsiklopentan	8,47	9,14	7,23	10,02	17,14	8,48	6,92	1,15	5,98
2,4-dimetilpentan	6,03	19,97	24,85	8,45	20,45	42,24	3,62	19,49	7,45
2-metilhegzan	10,68	29,57	4,30	18,15	52,26	3,75	3,21	6,88	4,86
2,3-dimetilpentan	10,09	39,86	4,28	14,10	65,70	4,17	6,08	14,01	4,38
3-metilhegzan	4,19	11,79	1,03	6,01	15,86	1,53	2,37	7,72	0,53
2,2,4-trimetilpentan	7,78	31,35	2,58	7,50	35,91	2,52	8,05	26,78	2,64
Metilsiklohegzan	7,50	45,41	2,36	10,30	45,75	2,77	4,70	45,06	1,95
2,3,4-trimetilpentan	3,46	30,06	1,52	4,17	32,37	1,02	2,75	27,74	2,03
2-metilheptan/3-metilheptan	4,11	13,90	2,10	6,09	19,80	2,16	2,14	8,00	2,04
Stiren	2,71	33,34	4,91	3,76	48,04	6,34	1,66	18,65	3,48
Nonan	9,06	11,62	29,00	13,21	18,18	36,97	4,90	5,06	21,04
İzopropilbenzen	2,95	5,39	3,61	2,82	5,68	3,88	3,09	5,09	3,35
Propilbenzen	3,71	3,36	5,66	5,96	4,70	8,70	1,45	2,02	2,62
m,p-etiltoluen	3,09	3,03	2,06	4,73	4,55	2,82	1,44	1,51	1,29
o-etiltoluen	2,19	2,86	1,28	3,08	4,19	1,32	1,29	1,52	1,24
Dekan	1,28	1,95	2,86	1,30	3,12	4,53	1,26	0,78	1,20
1,2,3-trimetilbenzen	0,61	0,95	2,43	0,77	1,62	3,84	0,46	0,28	1,03
m,p-dietilbenzen	0,64	1,48	1,32	1,04	2,37	1,56	0,24	0,60	1,09
Σ29VOC	269,76	555,06	244,19	385,74	790,68	318,82	153,79	319,44	169,55

6.2. Uçucu Organik Bileşiklerin Pasif Örnekleme Ölçüm Sonuçları

6.2.1. Yaz Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Tablo 6.15’de UOBlerin ev, okul ve ofislerde iç ortam, dış ortam ve kişisel pasif örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) yaz mevsimi için verilmektedir. Tabloda ayrıca aynı evde yaşayan, biri ev kadını diğeri ise çalışan kişiler ile yapılan örnekleme sonuçları da verilmektedir.

Pasif örnekleme çalışmasında 35 UOB tesbit edilmiştir. Belirlenen 35 bileşiğin toplamı gözönüne alındığında en yüksek konsantrasyon düzeylerine kişilerde rastlandığı bunu iç ortam ve dış ortam düzeylerinin takip ettiği görülmektedir. En yüksek kişisel maruziyet düzeylerine sırasıyla ofisler, evler ve okullarda örneklenen kişilerde rastlanılmıştır. Ayrıca aynı evde yaşayan fakat biri çalışan diğeri ev kadını olan kişilerde elde edilen sonuçlar dikkat çekmektedir. Aynı evde yaşayan kişilerde, çalışanların maruz kaldığı UOB konsantrasyonları ($\Sigma 35\text{UOB}=434,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ev kadınlarının maruz kaldığı konsantrasyonlara ($\Sigma 35\text{UOB}=266,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nazaran oldukça yüksektir. Dış ortam UOB konsantrasyonları ev, okul ve ofislerde birbirine yakın ($\Sigma 35\text{UOB}=150,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $164,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) bulunmuş olup kişisel maruziyet ($\Sigma 35\text{UOB}=224,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $312,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) ve iç ortam UOB konsantrasyonlarına ($\Sigma 35\text{UOB}=234,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $309,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) göre daha düşüktür (Tablo 6.15). Tablo 6.16 incelendiğinde evlerin iç ortamlarında pasif örnekleme yapılan mutfak, oturma odası ve yatak odalarında birbirine yakın UOB düzeyleri ($\Sigma 35\text{UOB}=218,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $257,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) gözlenmiştir. Aynı evde yaşayan fakat çalışan kişilerin maruz kaldığı UOB kirlilik düzeyi ($\Sigma 35\text{UOB}=434,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$), hem aynı evde yaşayan ev kadınlarının maruz kaldığı UOB düzeyinden ($\Sigma 35\text{UOB}=266,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hem de evlerin iç ve dış ortamlarında elde edilen düzeylerden ($\Sigma 35\text{UOB}=164,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $257,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) daha yüksek bulunmuştur.

Çalışma sonucunda merak edilen konulardan biride farklı özelliklere sahip olan bölgelerdeki UOB konsantrasyonları olmuştur. Çalışmada örneklenen noktalar seçilirken trafiğin yoğun olduğu kent merkezi, hem trafik hem sanayi’nin yoğun olduğu endüstri bölgesi ve sanayi ve trafikten nispeten uzak bölgeler olmasına dikkat edilmiştir. Ancak bu sayede trafik, sanayi ve her ikisinden uzak bölgelerde elde edilen sonuçları arasında farklılıklar sorgulanabilecektir. Trafikin yoğun olduğu Kentsel Alanlar, Sanayi’nin yoğun olduğu Endüstriyel Alanlar ve Sanayi ve Trafikten Uzak Alanlarda yaz mevsiminde yapılan kişi, iç ortam ve dış ortam örnekleme sonuçları Tablo 6.17’de verilmektedir. Yaz örneklemeinden elde edilen sonuçlar, incelenen 3 farklı bölgede incelenen her bileşiğin katkısının farklı olduğu ancak tesbit edilen 35 UOB bileşiğinin toplamı göz önüne alındığında trafiğin yoğun olduğu Kentsel Alanlarda kişi, iç ortam ve dış ortamlarda en yüksek UOB konsantrasyonları elde edilmiştir. Kentsel ve Endüstriyel Alanlarda elde edilen UOB konsantrasyonlarının Sanayii ve Trafikten Uzak Alanlarda elde edilen konsantrasyonların yaklaşık 2 katı olduğu Tablo 6.17’de görülmektedir. Bu da trafik ve sanayiinin tesbit edilen UOBlere olan katkısının ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 6.15. UOBlerin Ev, Ofis ve Okullarda Yaz Mevsiminde İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Pasif Örnekleme Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	KİŞİ (N=28)			İÇ ORTAM (N=61)			DIŞ ORTAM (N=28)			EVLER (N=20)	
	Okul (N=3)	Ofis (N=10)	Ev (N=15)	Okul (N=6)	Ofis (N=10)	Ev (N=45)	Okul (N=3)	Ofis (N=10)	Ev (N=15)	Kişi (Çalışan) (N=5)	Kişi (Ev Kadını) (N=15)
Hegzan	14,89	11,95	9,73	5,02	20,93	9,31	6,40	7,16	9,72	15,94	9,73
Metilsiklopentan	4,71	15,36	11,08	5,61	15,56	10,89	3,54	5,06	4,83	21,66	11,08
2,4-dimetilpentan	3,95	4,63	6,05	4,40	7,18	8,19	2,09	2,22	5,80	17,34	6,05
Benzen	6,80	9,75	10,06	7,50	11,95	8,88	4,77	7,83	10,03	22,63	10,06
Siklohegzan	3,81	6,55	7,82	4,65	6,01	6,58	3,87	3,77	5,03	6,98	7,82
2,3-dimetilpentan	9,96	9,99	9,57	9,58	14,26	8,25	8,03	5,15	7,69	17,98	9,57
2-metilhegzan	7,76	13,53	7,23	5,47	15,34	5,88	3,22	3,87	3,74	13,27	7,23
3-metilhegzan	3,64	4,59	3,54	2,42	4,40	2,67	1,67	1,66	1,50	7,30	3,54
2,2,4-trimetilpentan	4,55	9,88	7,75	5,31	10,67	6,85	1,98	3,07	3,67	22,89	7,75
Heptan	7,34	9,87	6,35	11,65	9,40	5,49	5,68	4,92	2,42	11,89	6,35
Metilsiklohegzan	3,38	6,08	6,34	6,43	6,46	5,49	2,00	2,81	3,60	5,99	6,34
2,3,4-trimetilpentan	3,94	6,50	5,17	7,52	10,78	3,80	2,47	2,22	1,62	12,49	5,17
2-metilheptan	0,97	2,37	1,16	1,02	1,67	1,41	0,37	0,41	0,57	1,88	1,16
Toluen	45,09	62,27	55,28	55,05	53,98	44,19	18,15	33,73	30,72	87,40	55,28
3-metilheptan	2,06	4,23	4,96	3,91	4,40	4,37	1,82	2,36	1,75	5,76	4,96
Oktan	3,10	7,61	4,80	4,25	6,53	4,18	3,17	3,44	2,67	7,74	4,80
Etilbenzen	9,45	15,46	14,82	11,11	11,13	13,07	6,10	5,57	4,49	20,88	14,82
m,p-ksilen	9,55	15,13	14,78	9,56	14,37	12,31	6,80	9,24	12,76	24,41	14,78
Stirene	6,94	7,97	9,51	7,20	8,99	9,39	5,71	3,90	4,19	7,88	9,51
o-ksilen	7,11	9,95	7,13	5,88	10,80	5,73	5,62	6,88	6,89	15,81	7,13
Nonan	6,02	10,16	10,99	9,31	9,75	9,05	4,49	5,23	5,30	15,04	10,99
Isopropilbenzen	6,38	6,66	6,69	6,15	6,00	4,98	4,29	3,90	2,61	9,37	6,69
Propibenzen	3,69	7,70	5,62	5,02	6,77	4,99	2,94	3,29	2,79	6,29	5,62
1,3,5-trimetilbenzen	4,39	3,36	3,83	3,13	2,67	3,34	1,44	1,96	1,87	7,36	3,83
3-etiltoluen	2,49	2,63	3,96	2,31	2,59	3,57	1,23	1,73	1,49	4,11	3,96
4-etiltoluen	3,83	3,36	1,72	3,11	4,56	2,77	1,28	3,01	2,82	3,16	1,72
2-etiltoluen	3,85	3,92	4,26	3,96	3,72	4,05	1,51	3,21	2,46	4,82	4,26
Dekan	5,28	6,09	5,25	5,42	3,92	4,74	6,09	3,83	2,70	6,07	5,25
1,2,4-trimetilbenzen	9,81	8,07	2,51	7,95	2,34	2,35	15,57	5,54	2,47	4,70	2,51
1,2,3-trimetilbenzen	3,13	4,77	5,14	3,29	4,47	4,48	3,17	2,66	2,32	4,80	5,14
1,3-dietilbenzen	2,70	3,84	1,48	2,02	2,80	2,07	2,71	2,45	2,49	3,80	1,48
1,4-dietilbenzen	1,39	2,46	2,16	1,61	2,35	2,08	1,14	1,52	1,40	3,42	2,16
Andekan	2,39	7,07	4,74	3,14	6,05	4,26	2,60	3,13	4,31	6,89	4,74
Dodekan	10,21	8,50	5,15	4,72	6,87	4,64	8,39	6,87	6,01	6,45	5,15
Σ35UOB	224,57	312,24	266,62	234,65	309,67	234,31	150,29	163,61	164,73	434,41	266,62

Tablo 6.16. Ev, Okul ve Ofislerin Yaz Mevsimi İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Örnekleme UOB Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	OKULLAR				OFİSLER			EVLER					
	Kişi	Sınıf	İdareci Odası	Dış Ortam	Kişi	İç Ortam	Dış Ortam	Kişi (Çalışan)	Kişi (Ev Kadını)	Mutfak	Oturma Odası	Yatak Odası	Dış Ortam
Hegzan	14,89	5,75	4,29	6,40	11,95	20,93	7,16	15,94	9,73	9,22	9,86	8,83	9,72
Metilsiklopentan	4,71	4,57	6,64	3,54	15,36	15,56	5,06	21,66	11,08	11,55	8,76	12,35	4,83
2,4-dimetilpentan	3,95	3,12	5,68	2,09	4,63	7,18	2,22	17,34	6,05	11,98	6,51	6,08	5,80
Benzen	6,80	7,83	7,18	4,77	9,75	11,95	7,83	22,63	10,06	8,39	9,57	8,68	10,03
Siklohegzan	3,81	4,04	5,26	3,87	6,55	6,01	3,77	6,98	7,82	6,82	6,17	6,76	5,03
2,3-dimetilpentan	9,96	6,24	12,92	8,03	9,99	14,26	5,15	17,98	9,57	8,65	8,30	7,80	7,69
2-metilhegzan	7,76	5,47	5,46	3,22	13,53	15,34	3,87	13,27	7,23	5,97	5,56	6,10	3,74
3-metilhegzan	3,64	2,95	1,88	1,67	4,59	4,40	1,66	7,30	3,54	2,89	2,79	2,33	1,50
2,2,4-trimetilpentan	4,55	6,13	4,50	1,98	9,88	10,67	3,07	22,89	7,75	6,71	6,47	7,39	3,67
Heptan	7,34	12,36	10,95	5,68	9,87	9,40	4,92	11,89	6,35	5,65	5,36	5,46	2,42
Metilsiklohegzan	3,38	8,59	4,26	2,00	6,08	6,46	2,81	5,99	6,34	5,45	5,27	5,76	3,60
2,3,4-trimetilpentan	3,94	9,47	5,57	2,47	6,50	10,78	2,22	12,49	5,17	3,90	4,00	3,49	1,62
2-metilheptan	0,97	1,14	0,89	0,37	2,37	1,67	0,41	1,88	1,16	1,44	1,29	1,49	0,57
Toluen	45,09	62,73	47,38	18,15	62,27	53,98	33,73	87,40	55,28	34,46	34,87	63,25	30,72
3-metilheptan	2,06	3,16	4,66	1,82	4,23	4,40	2,36	5,76	4,96	5,04	3,88	4,20	1,75
Oktan	3,10	3,01	5,49	3,17	7,61	6,53	3,44	7,74	4,80	4,30	4,02	4,21	2,67
Etilbenzen	9,45	8,58	13,63	6,10	15,46	11,13	5,57	20,88	14,82	13,80	12,18	13,23	4,49
m,p-ksilen	9,55	8,80	10,31	6,80	15,13	14,37	9,24	24,41	14,78	10,47	12,07	14,37	12,76
Stirene	6,94	7,10	7,30	5,71	7,97	8,99	3,90	7,88	9,51	8,16	7,90	12,12	4,19
o-ksilen	7,11	6,98	4,78	5,62	9,95	10,80	6,88	15,81	7,13	4,54	5,79	6,88	6,89
Nonan	6,02	6,69	11,93	4,49	10,16	9,75	5,23	15,04	10,99	8,61	9,26	9,29	5,30
Isopropilbenzen	6,38	5,01	7,28	4,29	6,66	6,00	3,90	9,37	6,69	4,53	5,41	5,01	2,61
Propilbenzen	3,69	4,23	5,82	2,94	7,70	6,77	3,29	6,29	5,62	5,23	5,11	4,63	2,79
1,3,5-trimetilbenzen	4,39	3,26	3,00	1,44	3,36	2,67	1,96	7,36	3,83	3,15	3,69	3,17	1,87
3-etiltoluen	2,49	2,17	2,46	1,23	2,63	2,59	1,73	4,11	3,96	3,68	3,32	3,71	1,49
4-etiltoluen	3,83	2,33	3,88	1,28	3,36	4,56	3,01	3,16	1,72	2,93	2,64	2,73	2,82
2-etiltoluen	3,85	3,89	4,02	1,51	3,92	3,72	3,21	4,82	4,26	3,90	4,47	3,79	2,46
Dekan	5,28	5,56	5,29	6,09	6,09	3,92	3,83	6,07	5,25	4,70	4,93	4,59	2,70
1,2,4-trimetilbenzen	9,81	8,27	7,64	15,57	8,07	2,34	5,54	4,70	2,51	2,30	2,45	2,30	2,47
1,2,3-trimetilbenzen	3,13	3,69	2,89	3,17	4,77	4,47	2,66	4,80	5,14	4,91	4,29	4,26	2,32
1,3-dietilbenzen	2,70	1,25	2,78	2,71	3,84	2,80	2,45	3,80	1,48	1,99	1,83	2,38	2,49
1,4-dietilbenzen	1,39	1,91	1,32	1,14	2,46	2,35	1,52	3,42	2,16	1,69	2,23	2,32	1,40
Andekan	2,39	3,94	2,33	2,60	7,07	6,05	3,13	6,89	4,74	4,55	4,17	4,07	4,31
Dodekan	10,21	4,96	4,47	8,39	8,50	6,87	6,87	6,45	5,15	5,78	4,01	4,14	6,01
Σ35UOB	224,57	235,19	234,12	150,29	312,24	309,67	163,61	434,41	266,62	227,35	218,42	257,16	164,73

Tablo 6.17. UOBlerin Farklı Bölgelerde Yaz Mevsiminde Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Pasif Örnekleme Sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	KENTSEL ALAN			ENDÜSTRİYEL ALAN			SANAYİ VE TRAFİK UZAK ALAN		
	KİŞİ	İÇ ORTAM	DIŞ ORTAM	KİŞİ	İÇ ORTAM	DIŞ ORTAM	KİŞİ	İÇ ORTAM	DIŞ ORTAM
Hegzan	15,28	14,45	10,62	7,25	7,22	6,90	9,61	5,71	3,82
Metilsiklopentan	16,76	13,12	5,61	11,04	10,19	3,85	6,34	6,15	3,69
2,4-dimetilpentan	9,82	10,71	4,44	4,23	5,23	4,55	3,21	2,17	1,97
Benzen	14,54	11,64	10,15	9,12	7,54	7,62	6,01	4,55	5,56
Siklohegzan	8,20	7,62	5,92	5,68	5,29	2,69	5,02	3,84	2,93
2,3-dimetilpentan	12,75	11,07	7,90	10,13	8,95	6,04	6,49	4,21	4,56
2-metilhegzan	11,03	8,01	4,65	8,04	5,80	3,42	12,87	8,72	0,97
3-metilhegzan	5,56	3,49	1,88	3,80	2,79	1,50	1,82	1,24	0,62
2,2,4-trimetilpentan	14,04	9,67	3,94	7,05	5,56	3,07	4,48	2,94	1,23
Heptan	8,41	6,41	4,20	9,82	8,74	3,56	4,70	3,46	1,86
Metilsiklohegzan	6,52	6,33	3,66	5,96	6,07	3,07	4,11	2,93	1,40
2,3,4-trimetilpentan	7,69	5,93	2,28	6,09	5,76	1,83	2,85	2,11	0,78
2-metilheptan	2,26	1,61	0,55	0,93	1,26	0,40	0,56	1,04	0,47
Toluen	60,65	44,86	29,82	82,52	57,86	41,20	23,92	29,55	8,62
3-metilheptan	5,30	5,22	2,04	4,81	3,78	1,99	1,61	2,40	1,71
Oktan	6,97	5,71	3,69	5,85	3,97	2,74	2,45	1,86	1,02
Etilbenzen	18,85	15,64	5,79	12,97	10,25	4,78	8,00	6,73	2,86
m,p-ksilen	17,79	14,32	11,19	16,63	11,23	12,83	8,18	7,97	5,23
Stirene	7,98	7,24	4,34	6,96	7,56	4,62	16,62	19,21	3,05
o-ksilen	10,33	7,61	6,90	10,39	6,42	8,45	3,49	3,25	2,37
Nonan	12,91	10,44	5,60	9,76	8,57	4,82	6,20	6,14	4,45
Isopropilbenzen	7,80	5,89	3,32	6,43	4,90	3,36	4,97	3,84	2,77
Propibenzen	7,45	6,00	3,20	5,07	4,73	3,12	4,30	3,98	1,88
1,3,5-trimetilbenzen	4,69	3,51	1,91	4,35	3,02	2,02	2,05	2,55	1,29
3-etiltoluen	4,32	3,60	1,52	3,15	2,62	1,66	0,83	3,64	1,40
4-etiltoluen	2,44	3,36	2,67	3,39	3,02	2,93	1,79	2,29	2,46
2-etiltoluen	4,41	4,17	3,14	4,33	3,95	1,92	2,71	3,41	2,30
Dekan	6,50	5,29	3,78	4,66	3,94	3,03	4,52	4,10	3,29
1,2,4-trimetilbenzen	5,91	3,69	4,84	5,50	2,07	6,82	2,12	1,95	1,30
1,2,3-trimetilbenzen	5,22	4,62	2,90	3,44	3,94	1,94	6,54	4,36	2,49
1,3-dietilbenzen	2,62	2,24	2,32	2,82	2,19	2,70	2,56	1,94	2,75
1,4-dietilbenzen	2,86	2,43	1,55	1,82	1,69	1,09	1,75	1,71	1,61
Andekan	5,84	4,77	4,44	6,06	4,20	2,80	3,72	3,82	2,98
Dodekan	6,89	5,53	9,36	7,60	4,63	3,54	5,13	4,02	2,91
Σ35UOB	340,62	276,23	180,12	297,63	234,96	166,87	181,55	167,79	88,57

6.2.2. Kış Mevsimi Ölçüm Sonuçları

Tablo 6.18’de UOBlerin ev, okul ve ofislerde iç ortam, dış ortam ve kişisel pasif örnekleme sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kış mevsimi için verilmektedir. Tabloda ayrıca aynı evde yaşayan, biri ev kadını diğeri ise çalışan kişiler ile yapılan örnekleme sonuçları da verilmektedir.

Kış mevsiminde yapılan pasif örneklemede belirlenen 35 bileşiğin toplamı gözönüne alındığında en yüksek konsantrasyon düzeylerine kişilerde rastlandığı bunu iç ortam ve dış ortam düzeylerinin takip ettiği görülmektedir. En yüksek kişisel maruziyet düzeylerine sırasıyla ofisler, okullar ve evlerde örneklenen kişilerde rastlanılmıştır. Ayrıca aynı evde yaşayan fakat biri çalışan diğeri ev kadını olan kişilerde elde edilen sonuçlar dikkat çekmektedir. Aynı evde yaşayan kişilerde, çalışanların maruz kaldığı UOB konsantrasyonları ($\Sigma 35\text{UOB}=442,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ev kadınlarının maruz kaldığı konsantrasyonlardan ($\Sigma 35\text{UOB}=363,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) daha yüksektir. Dış ortam UOB konsantrasyonları ev, okul ve ofislerde ($\Sigma 35\text{UOB}=125,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $264,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) bulunmuş olup kişisel maruziyet ($\Sigma 35\text{UOB}=363,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $486,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) ve iç ortam UOB konsantrasyonlarına ($\Sigma 35\text{UOB}=339,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $485,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) göre oldukça düşüktür (Tablo 6.18). Tablo 6.19 incelendiğinde evlerin iç ortamlarında pasif örnekleme yapılan mutfak, oturma odası ve yatak odalarında birbirine yakın UOB düzeyleri ($\Sigma 35\text{UOB}=311,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $361,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) gözlenmiştir. Aynı evde yaşayan fakat çalışan kişilerin maruz kaldığı UOB kirlilik düzeyi ($\Sigma 35\text{UOB}=442,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$), hem aynı evde yaşayan ev kadınlarının maruz kaldığı UOB düzeyinden ($\Sigma 35\text{UOB}=363,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hem de evlerin iç ve dış ortamlarında elde edilen düzeylerden ($\Sigma 35\text{UOB}=125,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $361,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında) daha yüksek bulunmuştur.

Trafiğin yoğun olduğu Kentsel Alanlar, Sanayi'nin yoğun olduğu Endüstriyel Alanlar ve Sanayi ve Trafikten Uzak Alanlarda kış mevsiminde yapılan kişi, iç ortam ve dış ortam örnekleme sonuçları Tablo 6.20’de verilmektedir. Kış örneklemesinden elde edilen sonuçlar, belirlenen 35 UOB bileşiğinin toplamları göz önüne alındığında trafiğin yoğun olduğu Kentsel Alanlarda kişi, iç ortam ve dış ortamlarda en yüksek UOB konsantrasyonlarının elde edildiğini göstermektedir. Her 3 alanda da dış ortam konsantrasyonlarının yaz mevsimine yakın değerlere sahip olduğu ancak kişisel ve iç ortam düzeylerinin yaz mevsimine göre belirgin şekilde yükseldiği görülmektedir. Sanayi ve Trafikten Uzak Alanların dış ortamlarında elde edilen UOB düzeyleri diğer alanlara nazaran 2 kat dolayında düşük olmasına rağmen kişiler ve iç ortamlarda elde edilen konsantrasyonlar birbirine yakın bulunmuştur. Bu durum Sanayi ve Trafikten Uzak Alanlarda özellikle kış mevsiminde iç ortam ve kişilerde gözlenen yüksek kirlilik düzeylerinde dış ortamlardan ziyade iç ortamların önemini vurgulamaktadır.

Tablo 6.18. UOBlerin Okullar, Ofisler, Evler, Çalışanlar ve Çalışmayanlarda Kış Örneklemesi Kişi, İç Ortam, Dış Ortam Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	KİŞİ (N=28)			İÇ ORTAM (N=61)			DIŞ ORTAM (N=28)			EVLER (N=20)	
	Okul (N=3)	Ofis (N=10)	Ev (N=15)	Okul (N=6)	Ofis (N=10)	Ev (N=45)	Okul (N=3)	Ofis (N=10)	Ev (N=15)	Kişi (Çalışan) (N=5)	Kişi (Ev Kadını) (N=15)
Hegzan	30,44	13,86	11,58	16,42	14,68	12,63	17,66	6,75	5,97	28,53	11,58
Metilsiklopentan	9,59	16,73	15,82	10,22	14,55	14,01	5,94	4,34	3,39	12,79	15,82
2,4-dimetilpentan	13,17	7,66	6,16	13,00	8,14	6,20	8,14	4,21	3,81	14,17	6,16
Benzen	31,25	13,98	12,07	19,77	15,09	13,06	16,41	9,25	7,82	29,16	12,07
Siklohegzan	13,08	10,08	10,02	11,55	8,28	9,29	12,30	4,82	5,33	10,82	10,02
2,3-dimetilpentan	18,46	15,69	7,62	18,37	18,44	8,00	17,81	4,35	4,12	16,36	7,62
2-metilhegzan	15,43	11,97	8,66	14,32	12,16	8,98	12,81	3,88	3,86	15,77	8,66
3-metilhegzan	7,15	7,26	2,37	5,97	6,95	2,77	5,39	2,77	1,22	6,31	2,37
2,2,4-trimetilpentan	15,44	11,06	7,20	12,26	16,29	7,37	12,29	3,43	3,43	16,20	7,20
Heptan	16,46	17,82	8,75	14,14	16,85	8,73	9,72	2,88	2,67	21,06	8,75
Metilsiklohegzan	20,90	10,23	7,16	18,44	12,07	6,96	17,52	3,28	3,42	16,21	7,16
2,3,4-trimetilpentan	11,51	11,74	2,92	12,59	15,75	3,54	9,45	1,74	1,69	9,69	2,92
2-metilheptan	4,25	7,64	2,95	1,95	4,87	2,67	3,74	0,97	0,66	4,75	2,95
Toluen	74,79	122,43	81,62	77,77	104,37	72,44	41,96	25,07	19,96	62,81	81,62
3-metilheptan	7,75	6,19	4,40	5,85	4,95	4,07	5,70	2,08	1,91	8,51	4,40
Oktan	5,35	9,70	5,94	4,36	10,00	6,51	3,25	3,45	2,54	6,17	5,94
Etilbenzen	12,97	17,88	17,11	12,40	19,75	16,90	8,81	5,69	5,31	17,51	17,11
m,p-ksilen	24,31	40,42	28,34	21,47	34,50	27,46	20,19	17,34	13,43	31,27	28,34
Stirene	8,11	15,47	12,93	11,80	16,51	11,65	8,20	5,72	4,80	13,09	12,93
o-ksilen	10,91	23,97	17,69	11,19	20,75	16,24	10,02	9,78	7,61	19,02	17,69
Nonan	10,48	19,49	15,56	12,06	21,47	13,53	5,37	4,32	3,56	13,95	15,56
Isopropilbenzen	3,17	7,52	6,52	4,63	9,04	6,26	2,18	2,01	2,00	5,95	6,52
Propilbenzen	3,66	8,48	6,49	3,84	8,59	6,46	2,28	2,35	1,95	6,45	6,49
1,3,5-trimetilbenzen	2,80	5,44	4,98	2,53	5,25	4,39	1,14	1,67	1,30	4,30	4,98
3-etiltoluen	2,83	3,75	3,72	2,97	4,70	3,48	0,91	1,15	0,97	3,05	3,72
4-etiltoluen	0,86	3,81	3,83	1,54	5,42	3,51	0,55	2,59	1,41	2,38	3,83
2-etiltoluen	1,43	4,42	4,63	2,44	5,29	4,22	1,17	1,83	1,58	3,10	4,63
Dekan	2,79	5,91	6,15	2,00	7,05	5,09	0,60	2,03	1,57	5,32	6,15
1,2,4-trimetilbenzen	1,34	4,95	5,22	1,97	5,88	4,20	0,51	2,31	1,45	4,45	5,22
1,2,3-trimetilbenzen	4,93	6,59	10,44	1,93	5,61	8,04	0,42	1,60	0,87	9,30	10,44
1,3-dietilbenzen	0,49	6,11	5,81	2,09	9,05	4,40	0,29	1,62	1,28	2,69	5,81
1,4-dietilbenzen	0,56	3,28	3,36	1,14	5,02	2,70	0,41	1,23	0,90	1,96	3,36
Andekan	1,87	5,47	6,26	2,38	7,46	5,59	0,39	1,88	1,37	6,02	6,26
Dodekan	12,59	9,53	9,20	4,32	10,94	7,93	0,57	3,15	2,53	13,59	9,20
Σ35UOB	401,12	486,53	363,48	359,68	485,72	339,28	264,1	151,54	125,69	442,71	363,48

Tablo 6.19. UOB'lerin Ev, Ofis ve Okullarda Kış Mevsiminde İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Pasif Örnekleme Sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	OKULLAR				OFİSLER			EVLER					
	Kişi	Sınıf	İdareci Odası	Dış Ortam	Kişi	İç Ortam	Dış Ortam	Kişi-Çalışan	Kişi-Ev Kadını	Mutfak	Oturma Odası	Yatak Odası	Dış ortam
Hegzan	30,44	18,75	14,10	17,66	13,86	14,68	6,75	28,53	11,58	10,85	14,63	12,21	5,97
Metilsiklopentan	9,59	8,72	11,72	5,94	16,73	14,55	4,34	12,79	15,82	14,90	14,48	12,48	3,39
2,4-dimetilpentan	13,17	17,35	8,65	8,14	7,66	8,14	4,21	14,17	6,16	5,66	6,95	5,78	3,81
Benzen	31,25	21,38	18,16	16,41	13,98	15,09	9,25	29,16	12,07	11,37	14,92	12,60	7,82
Siklohegzan	13,08	12,85	10,25	12,30	10,08	8,28	4,82	10,82	10,02	9,35	9,44	8,97	5,33
2,3-dimetilpentan	18,46	20,31	16,43	17,81	15,69	18,44	4,35	16,36	7,62	7,27	9,02	7,77	4,12
2-metilhegzan	15,43	14,83	13,81	12,81	11,97	12,16	3,88	15,77	8,66	8,36	9,79	8,77	3,86
3-metilhegzan	7,15	6,02	5,91	5,39	7,26	6,95	2,77	6,31	2,37	2,23	3,59	2,47	1,22
2,2,4-trimetilpentan	15,44	14,13	10,40	12,29	11,06	16,29	3,43	16,20	7,20	7,06	8,10	6,95	3,43
Heptan	16,46	13,56	14,71	9,72	17,82	16,85	2,88	21,06	8,75	8,03	10,41	7,54	2,67
Metilsiklohegzan	20,90	19,73	17,14	17,52	10,23	12,07	3,28	16,21	7,16	6,37	7,67	6,72	3,42
2,3,4-trimetilpentan	11,51	11,49	13,70	9,45	11,74	15,75	1,74	9,69	2,92	3,70	3,41	3,41	1,69
2-metilheptan	4,25	2,02	1,88	3,74	7,64	4,87	0,97	4,75	2,95	2,62	2,61	2,74	0,66
Toluen	74,79	74,07	81,47	41,96	122,43	104,37	25,07	62,81	81,62	57,90	74,28	84,12	19,96
3-metilheptan	7,75	6,78	4,92	5,70	6,19	4,95	2,08	8,51	4,40	4,10	4,09	3,84	1,91
Oktan	5,35	4,86	3,87	3,25	9,70	10,00	3,45	6,17	5,94	5,36	7,18	6,77	2,54
Etilbenzen	12,97	13,74	11,06	8,81	17,88	19,75	5,69	17,51	17,11	15,11	18,66	16,84	5,31
m,p-ksilen	24,31	20,97	21,97	20,19	40,42	34,50	17,34	31,27	28,34	25,84	29,46	26,47	13,43
Stirene	8,11	13,59	10,01	8,20	15,47	16,51	5,72	13,09	12,93	11,01	12,19	11,41	4,80
o-ksilen	10,91	11,03	11,36	10,02	23,97	20,75	9,78	19,02	17,69	15,07	17,91	15,27	7,61
Nonan	10,48	16,62	7,50	5,37	19,49	21,47	4,32	13,95	15,56	12,60	15,07	12,45	3,56
Isopropilbenzen	3,17	3,96	5,30	2,18	7,52	9,04	2,01	5,95	6,52	5,67	8,21	4,77	2,00
Propilbenzen	3,66	4,08	3,60	2,28	8,48	8,59	2,35	6,45	6,49	6,66	6,98	5,57	1,95
1,3,5-trimetilbenzen	2,80	2,56	2,50	1,14	5,44	5,25	1,67	4,30	4,98	4,48	4,39	4,15	1,30
3-etiltoluen	2,83	1,93	4,02	0,91	3,75	4,70	1,15	3,05	3,72	3,31	3,67	3,38	0,97
4-etiltoluen	0,86	0,70	2,38	0,55	3,81	5,42	2,59	2,38	3,83	3,27	3,42	3,89	1,41
2-etiltoluen	1,43	2,10	2,78	1,17	4,42	5,29	1,83	3,10	4,63	4,21	4,19	4,16	1,58
Dekan	2,79	2,07	1,93	0,60	5,91	7,05	2,03	5,32	6,15	5,19	4,81	5,11	1,57
1,2,4-trimetilbenzen	1,34	1,49	2,45	0,51	4,95	5,88	2,31	4,45	5,22	4,14	4,04	4,40	1,45
1,2,3-trimetilbenzen	4,93	1,23	2,62	0,42	6,59	5,61	1,60	9,30	10,44	11,06	6,15	6,34	0,87
1,3-dietilbenzen	0,49	0,49	3,69	0,29	6,11	9,05	1,62	2,69	5,81	4,23	4,71	4,13	1,28
1,4-dietilbenzen	0,56	0,55	1,72	0,41	3,28	5,02	1,23	1,96	3,36	2,09	2,59	3,36	0,90
Andekan	1,87	1,98	2,77	0,39	5,47	7,46	1,88	6,02	6,26	5,44	5,52	5,62	1,37
Dodekan	12,59	4,11	4,53	0,57	9,53	10,94	3,15	13,59	9,20	7,23	9,08	7,22	2,53
Σ35UOB	401,12	370,05	349,31	264,1	486,53	485,72	151,54	442,71	363,48	311,74	361,62	337,68	125,69

Tablo 6.20. UOBlerin Farklı Bölgelerde Kış Mevsiminde İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Pasif Örnekleme Sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	KENTSEL ALAN			ENDÜSTRİYEL ALAN			SANAYİİ VE TRAFİKTE UZAK ALAN		
	KİŞİ	İÇ ORTAM	DIŞ ORTAM	KİŞİ	İÇ ORTAM	DIŞ ORTAM	KİŞİ	İÇ ORTAM	DIŞ ORTAM
Hegzan	12,78	13,78	6,77	16,63	11,42	10,62	15,57	19,00	3,23
Metilsiklopentan	17,24	12,76	4,34	14,18	16,18	4,54	11,78	12,33	1,51
2,4-dimetilpentan	6,89	7,02	4,66	8,07	7,24	5,00	8,12	10,70	2,20
Benzen	13,79	14,59	10,81	17,34	13,53	9,03	12,95	16,38	3,91
Siklohegzan	11,16	9,12	6,70	9,72	8,85	5,83	8,87	10,08	2,99
2,3-dimetilpentan	9,36	9,70	4,98	12,12	14,23	8,31	19,28	21,49	2,31
2-metilhegzan	10,38	9,85	4,84	11,80	12,53	6,13	8,50	9,67	1,81
3-metilhegzan	2,80	3,44	1,63	8,25	7,03	3,86	3,37	3,54	0,74
2,2,4-trimetilpentan	9,31	8,18	4,15	10,65	17,17	5,93	7,38	8,27	1,74
Heptan	11,80	7,95	2,94	15,11	20,38	5,13	11,47	9,84	1,93
Metilsiklohegzan	8,10	7,37	3,74	13,58	15,10	8,02	7,15	8,51	2,10
2,3,4-trimetilpentan	8,26	10,30	1,55	6,30	8,38	4,78	3,78	4,59	1,23
2-metilheptan	5,78	3,10	1,07	4,35	4,61	1,50	1,91	1,65	0,30
Toluen	111,27	94,39	29,66	83,18	66,58	22,76	63,83	87,14	6,57
3-metilheptan	5,50	4,48	2,19	5,80	4,82	3,14	4,09	4,37	1,34
Oktan	8,17	9,13	3,98	5,98	4,90	1,89	6,46	7,41	1,42
Etilbenzen	18,00	19,05	6,88	15,20	14,95	5,26	16,90	17,01	3,11
m,p-ksilen	35,31	30,08	19,65	26,02	23,83	13,45	34,58	38,89	4,89
Stirene	13,23	12,94	3,86	14,26	14,88	9,90	11,51	11,83	1,71
o-ksilen	22,14	18,73	11,01	15,14	14,03	7,42	17,34	19,36	2,52
Nonan	20,02	19,30	4,56	12,03	11,29	3,82	12,79	15,64	2,52
Isopropilbenzen	7,79	7,67	2,30	4,69	6,25	1,89	5,84	6,73	1,26
Propilbenzen	8,29	7,99	2,67	4,53	5,16	1,71	7,01	7,00	1,04
1,3,5-trimetilbenzen	5,54	4,82	1,73	3,85	3,72	1,21	4,91	5,05	0,70
3-etiltoluen	3,86	4,43	1,19	2,85	2,67	1,02	4,57	4,41	0,45
4-etiltoluen	4,14	5,34	2,50	1,60	1,40	0,73	5,41	4,70	1,14
2-etiltoluen	4,45	4,90	2,01	3,35	3,38	1,28	5,26	4,91	0,95
Dekan	6,63	6,34	2,04	4,11	3,65	1,25	5,82	6,23	0,95
1,2,4-trimetilbenzen	5,95	6,03	2,40	1,72	1,49	0,68	6,74	5,98	1,07
1,2,3-trimetilbenzen	8,47	5,67	1,26	9,12	8,46	1,02	7,06	5,34	0,52
1,3-dietilbenzen	5,73	7,47	1,76	1,75	1,20	0,29	12,03	9,99	1,80
1,4-dietilbenzen	3,14	4,10	1,16	1,53	1,58	0,68	5,96	4,60	0,85
Andekan	5,70	6,80	1,44	4,31	4,23	1,66	7,45	6,36	0,99
Dodekan	9,86	9,32	2,40	9,49	7,19	3,24	9,43	9,23	1,52
Σ35UOB	440,84	406,14	164,83	378,61	362,31	162,98	375,12	418,23	63,32

6.3. Uçucu Organik Bileşiklerin Yaz ve Kış Mevsimi Kanister Örneklemesi Sonuçları

Çalışma bölgesinde dış ortamlarda yapılan kanister örneklemesine ait ölçüm sonuçları Tablo 6.21’de verilmektedir. Kanister örnekleme tablolarında görüleceği gibi yaz ve kış mevsimlerinde 5 örnekleme noktasında gerçekleştirilmiştir. Seçilen örnekleme noktalarının dış ortamlarında aynı zamanda pasif örnekleme çalışması da yapılarak iki örnekleme tekniğinin sonuçlarını karşılaştırma imkanı bulunmuştur. Pasif örnekleme cihazları kullanılarak elde edilen pasif örnekleme sonuçları ile kanisterler kullanılarak elde edilen aktif örnekleme sonuçları karşılaştırıldığında \pm %10’luk bir sapma ile sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum, dış ortamlarda kanister örnekleme gibi aktif örnekleme tekniklerine alternatif olarak pasif örnekleme tekniklerinin de güvenilir şekilde kullanılabilmesine işaret etmektedir.

Tablo 6.21. UOBlerin Dış Ortam Kanister Örneklemesi Sonuçları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Yaz Mevsimi					Kış Mevsimi				
	Ev 1	Ev 11	Ev 12	Ofis 6	Okul 1	Ev 1	Ev 11	Ev 12	Ofis 6	Okul 1
Hegzan	14.25	16.58	30.21	1.18	7.99	3.11	2.89	10.88	3.65	15.89
Metilsiklopentan	4.42	11.85	4.11	9.76	5.44	3.69	1.11	5.95	2.38	9.35
2,4-dimetilpentan	13.35	8.87	25.66	4.39	0.89	2.58	0.79	5.28	3.61	5.89
Benzen	17.99	19.85	13.56	5.79	6.59	4.35	2.39	10.49	6.48	16.41
Siklohegzan	2.39	7.22	3.59	0.63	7.51	3.14	3.40	6.29	2.21	16.98
2,3-dimetilpentan	13.65	12.89	19.60	1.96	10.87	1.45	1.84	7.12	3.88	10.82
2-metilhegzan	5.24	6.66	1.74	5.33	6.45	1.30	3.09	5.14	2.65	10.38
3-metilhegzan	1.18	2.78	0.79	2.36	2.22	0.61	0.77	1.85	0.99	4.12
2,2,4-trimetilpentan	2.45	6.32	1.98	4.18	3.41	1.25	2.81	4.51	2.89	8.48
Heptan	4.28	3.21	0.80	13.15	8.39	2.15	0.95	2.98	3.89	6.78
Metilsiklohegzan	2.75	6.25	1.64	4.39	3.42	1.15	1.51	4.05	3.59	7.71
2,3,4-trimetilpentan	1.20	1.84	0.59	3.75	3.38	0.38	0.39	1.51	1.90	0.68
2-metilheptan	0.21	0.57	0.41	0.74	0.30	0.29	0.25	0.27	2.38	2.35
Toluen	10.02	50.26	4.95	86.56	27.84	12.11	9.24	28.34	8.89	54.26
3-metilheptan	0.62	3.31	0.65	2.45	1.38	0.90	1.68	2.26	1.35	2.89
Oktan	4.12	5.05	0.80	7.55	5.12	0.65	2.19	1.91	1.31	6.79
Etilbenzen	4.65	9.25	1.96	10.49	8.36	3.54	1.59	3.69	5.89	10.84
m,p-ksilen	19.89	32.89	3.35	19.29	8.35	7.81	5.69	18.89	6.54	27.74
Stiren	4.61	3.77	2.51	3.11	5.49	7.01	1.11	3.28	5.49	3.08
o-ksilen	14.45	18.87	1.91	16.61	7.35	5.07	3.97	9.68	4.18	16.04
Nonan	5.21	9.85	1.42	5.75	1.54	3.10	0.69	2.05	1.84	7.24
Isopropilbenzen	4.41	2.89	0.21	5.51	5.27	1.39	0.41	1.51	2.21	3.14
Propilbenzen	4.41	4.28	1.24	2.41	3.99	1.31	0.41	0.89	0.46	4.01
1,3,5-trimetilbenzen	2.79	3.51	0.48	2.07	2.54	1.29	0.36	0.66	0.67	2.11
3-etiltoluen	1.38	3.18	0.26	0.78	1.44	0.96	0.23	0.64	0.69	1.31
4-etiltoluen	9.41	1.84	0.29	6.51	1.75	0.59	0.24	1.42	0.61	1.25
2-etiltoluen	1.51	3.39	0.94	2.19	1.68	1.99	0.42	0.71	1.11	1.92
Dekan	3.31	3.82	1.26	3.45	8.75	1.66	0.34	0.65	1.21	1.11
1,2,4-trimetilbenzen	2.21	4.74	0.50	2.11	19.10	0.36	0.88	0.99	0.48	1.03
1,2,3-trimetilbenzen	2.10	2.68	0.61	2.35	3.90	0.74	0.21	0.74	0.76	0.73
1,3-dietilbenzen	10.05	1.38	0.13	7.65	1.18	0.24	0.18	0.81	0.25	0.58
1,4-dietilbenzen	1.92	3.98	0.18	2.09	1.54	0.34	0.15	0.43	0.65	0.68
Andekan	2.18	13.88	1.12	4.94	3.71	1.11	0.38	0.24	2.71	0.20
Dodekan	5.00	21.38	4.39	3.51	15.24	5.69	1.74	0.72	5.55	0.48

BÖLÜM 7. UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN ÖLÇÜM SONUÇLARININ TARTIŞILMASI

7.1. Uçucu Organik Bileşiklerin Yaz Mevsimi Aktif Örnekleme Sonuçlarının Tartışılması

Yaz mevsiminde örneklenen ev, ofis ve okulların iç ortamlarında yapılan UOB aktif örneklemesine ilişkin hesaplanan Gece/Gündüz konsantrasyon oranları Tablo 7.1, Tablo 7.2 ve Tablo 7.3’de verilmektedir. Bu sayede örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında gündüz ve gece periyodunun elde edilen UOB kirlilik düzeylerine katkısı belirlenebilecektir. Tablolar oluşturulurken gündüz periyodu (08:00 – 20:00), gece periyodu ise (20:00 – 08:00) olarak kabul edilmiştir.

Tablo 7.1 incelendiğinde evlerde yaz mevsiminde belirlenebilen 43 UOB gözönüne alındığında elde edilen Gündüz/Gece konsantrasyon oranlarının 0,12 (Ev 10) ile 32,22 (Ev 8) arasında geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Örnekleme süresince yarım saat aralıklarla elde edilen veri setinde Gündüz/Gece oranlarının ortalamaları 0,90 (Ev 10) ile 2,56 (Ev 8) arasında değiştiği görülmektedir. Yaz mevsiminde evlerin iç ortamlarında Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 2 dolaylarındadır. İç ortamlarda gece periyoduna nazaran gündüz periyodunda daha yoğun faaliyetlerin yapılması nedeniyle gündüz UOB konsantrasyonları gece UOB konsantrasyonlarından yüksek bulunmuştur.

Ofislerde belirlenebilen 43 UOB göz önüne alındığında elde edilen Gündüz/Gece konsantrasyon oranlarının 0,20 (Ofis 2) ile 9,93 (Ofis 1) arasında geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir (Tablo 7.2). Örnekleme süresince yarım saat aralıklarla elde edilen veri setinde Gündüz/Gece oranlarının ortalamaları 0,70 (Ofis 2) ile 2,38 (Ofis 1) arasında değiştiği görülmektedir. Gündüz/Gece oranlarının 2 dolayında olması ofis çalışma saatleri ile Gündüz periyodu olarak seçilen 08:00 – 20:00 saatlerinin uyumlu olması nedeniyle kirliliğe neden olan etkenlerin çalışma sırasında ofiste kullanılan ofis malzemeleri ve ofis çalışanlarının sigara kullanımı gibi kirlilik kaynaklarına işaret etmektedir. Gündüz periyodunda araç trafiğinin de yoğun olması nedeniyle dış ortamdan iç ortama kirlitici taşınımının da bu farklılıkta etken olduğu gözönünde bulundurulması gereken bir nedendir.

Tablo 7.3 incelendiğinde okullarda yaz mevsiminde belirlenebilen 43 UOB gözönüne alındığında elde edilen Gündüz/Gece konsantrasyon oranlarının 0,51 (Okul 3) ile 17,65 (Okul 2) arasında geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Örnekleme süresince yarım saat aralıklarla elde edilen veri setinde Gündüz/Gece oranlarının ortalamaları 2,02 (Okul 3) ile 3,78 (Okul 2) arasında değiştiği görülmektedir. Yaz mevsiminde iç ortam için Gündüz/Gece

konsantrasyon oranları ev ve ofislere nazaran okullarda daha yüksek olup 3 dolaylarındadır. Endüstri ve trafiğin yoğun olduğu bir yerde bulunan Okul 2 örnekleme noktasında Gündüz/Gece konsantrasyon oranlarının 4 dolayında bulunması dikkat çekmektedir. Okulların iç ortamlarında önemli bir UOB kirlilik kaynağı bulunmadığından gündüz iç ortamlarda elde edilen yüksek konsantrasyonlar özellikle trafik ve endüstrinin neden olduğu kirliliğin iç ortamlara taşınması şeklinde gerçekleştiğinden hem endüstriyel faaliyetler hem de trafiğin gündüz periyodunda gece periyoduna nazaran yoğun olması nedeniyle bu bölgede Gündüz/Gece konsantrasyon oranları diğer bölgelerin neredeyse 2 katına ulaşmıştır.

Tablo 7.1 Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Mevsimi Aktif UOB Örneklemesi
Konsantrasyonlarının Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

Bileşenler	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	EV8	EV9	EV10	EV11	EV12	EV13	EV14	EV15
Benzen	1,71	1,00	1,98	0,80	0,87	0,95	0,82	0,45	1,22	0,24	1,30	1,75	0,50	1,32	1,39
Toluen	1,97	1,31	2,04	0,66	1,72	1,22	1,67	0,65	1,55	0,74	1,54	1,29	0,91	0,86	1,53
Etilbenzen	1,78	1,17	1,19	0,70	1,38	0,96	2,23	0,89	1,47	0,66	1,70	1,36	0,83	1,45	1,45
m,p-ksilen	2,02	1,17	1,41	0,70	1,36	1,01	1,57	0,80	1,41	0,77	1,53	1,25	0,84	1,35	1,06
o-ksilen	2,23	1,11	1,45	0,62	2,17	1,01	1,43	1,08	1,63	0,74	1,80	1,59	0,84	1,74	1,02
Siklohegzan	2,00	1,32	1,46	0,47	0,70	0,61	1,97	0,58	1,03	0,53	3,09	1,73	0,50	1,40	1,59
1,2,4-trimetilbenzen	1,97	1,07	1,82	0,56	2,06	1,24	0,98	2,07	1,46	0,90	1,42	1,03	1,49	1,48	0,98
1,3,5-trimetilbenzen	3,19	1,01	2,01	0,67	2,14	2,84	0,87	2,64	1,74	1,08	1,44	1,32	1,32	2,19	1,02
Hegzan	1,40	1,41	0,91	3,82	0,39	1,00	2,41	0,71	0,25	0,37	2,93	0,90	1,25	2,46	2,06
Heptan	1,63	1,00	1,76	0,79	0,91	1,00	0,79	0,41	1,22	0,23	1,27	1,71	0,47	1,21	1,37
2-metil-1-penten	1,54	1,02	1,23	0,76	0,86	1,53	0,82	0,46	2,36	0,30	0,98	1,04	0,68	0,96	1,45
Metilsiklopentan	1,00	1,12	0,71	0,63	1,13	1,97	0,64	0,45	1,24	0,34	0,52	0,57	0,70	0,45	1,54
2,4-dimetilpentan	2,11	1,46	2,14	0,76	0,74	1,46	2,70	0,64	11,81	0,42	1,05	2,20	1,42	1,03	1,62
2metilhegzan	1,30	0,55	3,36	1,06	0,72	2,01	0,43	0,35	7,80	0,12	1,24	1,00	0,46	2,67	1,41
2,3-dimetilpentan	3,35	0,83	1,36	1,13	2,32	1,53	0,67	1,04	4,55	0,42	1,05	1,49	0,77	1,34	1,39
3-metilhegzan	2,22	1,12	1,67	0,61	1,45	0,88	1,63	1,43	1,50	0,68	1,49	2,03	0,52	1,14	1,17
2,2,4-trimetilpentan	1,10	1,42	1,27	1,10	1,10	1,71	1,34	1,01	1,52	1,18	0,47	0,68	0,44	1,08	0,76
Metilsiklohegzan	3,07	1,15	1,18	0,59	1,14	0,73	4,58	0,92	1,60	0,37	2,96	2,25	1,21	3,70	1,20
2,3,4-trimetilpentan	2,19	1,11	1,45	0,40	0,60	1,26	5,19	1,39	1,41	0,66	2,49	2,40	1,75	1,76	1,26
2-metilheptan/ 3-metilheptan	2,84	0,89	0,50	1,00	1,28	1,01	4,19	1,06	2,53	2,06	2,96	1,58	2,68	0,83	6,72
Stiren	2,04	1,15	1,47	0,93	1,86	0,98	1,65	0,85	2,09	1,09	1,52	1,28	1,12	1,40	1,52
Nonan	1,90	1,14	1,49	0,69	2,19	1,01	2,50	0,87	1,71	0,91	1,71	1,62	1,46	1,87	1,47
İzopropilbenzen	0,89	1,00	1,16	0,63	1,03	1,32	2,44	1,57	1,06	0,45	0,59	1,04	1,51	0,70	1,74
Propilbenzen	1,52	0,89	3,51	0,60	2,28	3,08	2,91	3,92	1,85	2,09	0,75	0,99	1,20	2,62	1,39
m,p-etiltoluen	2,43	0,97	1,34	0,61	1,81	2,65	3,60	12,32	3,04	1,47	2,24	1,69	3,40	1,25	1,22
o-etiltoluen	1,97	1,14	1,40	0,44	2,13	0,86	1,32	32,22	1,47	1,10	2,29	1,18	2,05	1,38	1,12
Dekan	8,27	1,22	5,79	0,30	3,01	0,82	0,65	0,42	2,07	0,38	2,80	2,89	0,93	0,79	1,19
1,2,3-trimetilbenzen	13,11	1,06	3,14	2,09	0,81	1,37	3,95	2,09	1,67	1,11	3,58	2,10	5,22	2,24	1,06
m,p-dietilbenzen	7,89	1,34	1,46	1,28	3,42	1,84	2,03	12,17	2,81	1,58	4,37	2,62	1,57	3,24	1,52
Minimum (29VOC)	0,89	0,55	0,50	0,30	0,39	0,61	0,43	0,35	0,25	0,12	0,47	0,57	0,44	0,45	0,76
Maksimum (29VOC)	13,11	1,46	5,79	3,82	3,42	3,08	5,19	32,22	11,81	2,09	4,37	2,89	5,22	3,70	6,72
Art. Ort. (29VOC)	2,78	1,11	1,78	0,87	1,50	1,37	2,00	2,95	2,31	0,79	1,83	1,54	1,31	1,58	1,53
t-penten	1,69	1,05	2,49	1,62	2,23	1,32	2,03	1,45	2,29	0,51	2,18	2,38	0,96	1,46	2,10
l-penten	2,06	1,08	2,24	1,49	1,82	1,09	2,07	1,07	2,69	0,63	2,55	2,55	0,83	0,94	2,13
c-penten	3,05	1,41	2,35	1,12	1,70	1,18	2,19	1,36	2,22	1,24	2,19	2,48	1,09	0,79	3,46
Isopren	2,06	1,21	1,34	1,71	1,70	2,09	1,32	1,93	1,63	0,88	1,64	2,33	1,35	2,53	2,56
2,3-dimetilbutan	1,21	1,16	1,45	3,01	3,19	1,21	0,92	1,63	1,09	0,80	1,55	1,49	1,99	1,35	2,02
2-metilpentan	1,12	1,00	0,88	1,64	2,03	1,01	1,44	2,57	1,03	1,35	1,85	1,89	3,08	1,49	2,43
3-metilpentan	1,34	1,41	1,93	1,94	2,85	0,88	1,50	1,17	0,64	0,92	2,16	2,02	2,50	1,42	1,95
1,3-butadien	3,32	1,07	1,32	1,10	1,89	2,09	1,22	1,55	2,03	0,77	1,59	1,24	1,27	2,27	2,80
Eten	2,95	1,28	1,02	1,38	1,62	1,26	2,15	1,01	2,22	0,68	2,61	2,76	0,85	1,79	2,70
2,2-dimetilbutan	2,37	1,28	0,94	2,01	2,72	1,27	1,74	2,35	1,57	2,39	1,96	1,65	1,87	1,52	3,08
t-buten	1,89	1,21	1,62	2,05	2,04	2,33	2,10	3,17	7,28	1,24	0,94	2,99	1,03	2,25	1,29
l-buten	1,86	1,20	1,59	1,93	1,75	2,12	1,51	2,38	3,43	1,20	3,02	2,33	1,45	2,02	2,84
c-buten	1,60	1,21	1,28	1,96	2,25	1,56	0,77	1,17	5,53	1,37	1,41	5,31	1,01	2,07	1,88
Propen	1,57	1,25	1,87	2,25	2,67	1,36	1,09	1,63	2,48	1,83	1,78	2,07	1,77	2,64	1,61
Minimum (43VOC)	0,89	0,55	0,50	0,30	0,39	0,61	0,43	0,35	0,25	0,12	0,47	0,57	0,44	0,45	0,76
Maksimum (43VOC)	13,11	1,46	5,79	3,82	3,42	3,08	5,19	32,22	11,81	2,39	4,37	5,31	5,22	3,70	6,72
Art. Ort. (43VOC)	2,53	1,14	1,72	1,18	1,72	1,41	1,86	2,56	2,40	0,90	1,87	1,82	1,37	1,64	1,79

Tablo 7.2. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Yaz Mevsimi Aktif UOB Örneklemesi

Konsantrasyonlarının Gündüz / Gece Konsantrasyon Oranları

Bileşenler	Ofis 1	Ofis 2	Ofis 3	Ofis 4	Ofis 5	Ofis 6	Ofis 7	Ofis 8	Ofis 9
Benzen	0,99	1,00	1,36	3,01	2,41	1,29	2,29	0,89	2,41
Toluen	2,21	0,52	2,56	1,75	0,61	0,91	2,10	1,04	0,72
Etilbenzen	1,32	0,89	1,58	1,46	1,22	1,09	1,84	1,01	1,02
m,p-ksilen	1,95	1,03	1,52	1,38	1,19	1,11	1,65	0,92	1,30
o-ksilen	1,99	0,34	3,93	1,14	0,70	1,04	1,11	0,82	0,96
Siklohegzan	0,90	0,39	1,10	1,43	0,80	1,33	0,63	0,36	0,40
1,2,4-trimetilbenzen	1,42	0,39	1,08	1,02	0,72	0,91	1,40	0,95	0,61
1,3,5-trimetilbenzen	1,96	0,32	1,76	0,91	0,67	0,96	0,70	1,01	0,91
Hegzan	1,16	0,92	1,47	4,03	1,06	7,54	1,57	0,91	0,45
Heptan	0,90	0,94	1,28	2,93	1,90	1,25	2,33	0,87	2,68
2-metil-1-penten	1,47	0,65	0,93	2,90	2,37	1,13	2,69	0,88	2,53
Metilsiklopentan	0,94	0,27	0,50	1,33	1,63	0,81	1,77	0,32	0,61
2,4-dimetilpentan	2,23	0,34	2,90	5,22	0,93	0,84	1,44	1,93	0,86
2metilhegzan	2,99	1,35	1,28	2,73	4,36	1,99	5,65	1,04	3,00
2,3-dimetilpentan	1,12	1,15	1,06	0,80	1,97	1,03	2,83	1,67	1,24
3-metilhegzan	2,73	0,69	2,17	1,06	1,39	1,02	1,83	1,10	1,11
2,2,4-trimetilpentan	1,58	0,20	0,30	0,77	0,45	1,04	0,95	0,41	0,72
Metilsiklohegzan	5,59	0,64	2,15	1,66	0,68	0,72	1,19	1,19	2,20
2,3,4-trimetilpentan	1,02	0,32	1,98	0,88	0,62	1,03	1,17	1,04	1,34
2-metilheptan/ 3-metilheptan	2,19	0,53	0,89	2,37	1,835	0,93	1,28	2,492	4,38
Stiren	1,83	0,96	1,51	1,45	1,568	1,13	1,68	1,250	3,28
Nonan	2,27	0,33	4,40	1,12	1,246	1,08	1,12	0,862	1,09
İzopropilbenzen	0,40	0,25	0,31	0,59	0,536	0,69	1,03	0,290	0,46
Propilbenzen	2,85	0,88	2,58	0,59	0,639	0,96	1,67	3,947	0,39
m,p-etiltoluen	2,40	1,11	1,38	1,02	0,716	1,07	1,29	1,271	1,07
o-etiltoluen	1,25	0,87	0,93	1,83	0,552	1,32	0,87	1,205	1,62
Dekan	4,31	0,95	6,05	2,41	0,767	1,22	0,94	2,350	5,94
1,2,3-trimetilbenzen	6,67	0,44	1,33	1,52	1,349	1,26	1,54	0,551	3,53
m,p-dietilbenzen	9,93	2,28	4,28	2,60	3,448	1,49	1,34	2,311	4,80
Minimum (29VOC)	0,40	0,20	0,30	0,59	0,45	0,69	0,63	0,29	0,39
Maksimum (29VOC)	9,93	2,28	6,05	5,22	4,36	7,54	5,65	3,95	5,94
Art. Ort. (29VOC)	2,36	0,72	1,88	1,79	1,32	1,32	1,65	1,20	1,78
t-penten	1,41	0,42	3,57	3,35	3,18	1,78	1,96	2,44	2,15
l-penten	1,35	0,45	3,00	4,84	3,79	1,72	2,12	2,46	4,17
c-penten	1,20	0,60	2,46	5,33	2,15	1,49	1,43	1,73	3,19
Isopren	2,00	0,33	4,35	2,29	2,91	1,40	1,11	2,68	3,80
2,3-dimetilbutan	2,23	0,27	3,90	2,76	3,70	1,68	1,27	1,23	0,85
2-metilpentan	3,54	0,36	2,56	2,55	2,63	1,18	1,23	1,79	2,44
3-metilpentan	2,10	0,43	4,03	1,73	1,02	1,32	1,06	0,78	1,13
1,3-butadien	1,93	0,65	1,90	3,05	2,30	1,23	1,49	1,48	6,22
Eten	1,83	0,87	0,97	2,25	1,13	0,63	1,92	2,41	3,22
2,2-dimetilbutan	2,82	0,82	0,72	1,75	1,49	1,39	1,55	2,28	2,02
t-buten	2,93	1,00	1,02	2,22	1,39	1,30	3,82	1,99	3,29
l-buten	3,33	0,75	1,13	1,68	1,64	1,42	2,06	1,22	1,64
c-buten	3,94	1,06	0,75	2,02	2,45	1,37	2,12	0,82	2,66
Propen	3,14	1,02	1,52	2,29	1,21	1,04	3,55	2,66	2,00
Minimum (43VOC)	0,40	0,20	0,30	0,59	0,45	0,63	0,63	0,29	0,39
Maksimum (43VOC)	9,93	2,28	6,05	5,33	4,36	7,54	5,65	3,95	6,22
Art. Ort. (43VOC)	2,38	0,70	2,01	2,09	1,61	1,33	1,73	1,42	2,10

Tablo 7.3. Okulların İç Ortamlarında Yaz Mevsimi Aktif UOB Örneklemesi
Gündüz/Gece Konsantrasyon Oranları

Bileşenler	Okul 1	Okul 2	Okul 3
Benzen	1,81	3,21	1,51
Toluen	2,24	12,04	1,93
Etilbenzen	1,79	3,97	1,60
m,p-ksilen	1,83	3,12	1,71
o-ksilen	2,03	4,31	1,74
Siklohegzan	4,43	1,79	0,68
1,2,4-trimetilbenzen	2,09	2,37	1,87
1,3,5-trimetillbenzen	3,05	4,77	1,83
Hegzan	2,70	2,32	0,93
Heptan	1,81	2,64	7,49
2-metil-1-penten	2,27	3,43	2,56
Metilsiklopentan	1,19	17,65	1,40
2,4-dimetilpentan	1,94	1,23	5,31
2metilhegzan	4,57	8,87	0,78
2,3-dimetilpentan	1,91	6,23	0,95
3-metilhegzan	2,08	2,64	2,84
2,2,4-trimetilpentan	0,77	1,68	0,96
Metilsiklohegzan	1,80	1,25	1,44
2,3,4-trimetilpentan	1,26	1,44	0,51
2-metilheptan/3-metilheptan	2,33	3,00	1,06
Stiren	1,87	3,19	1,85
Nonan	2,23	4,47	1,79
İzopropilbenzen	0,74	1,42	1,15
Propilbenzen	3,37	2,90	3,26
m,p-etiltoluen	2,71	3,78	2,18
o-etiltoluen	1,96	3,52	1,08
Dekan	0,85	5,09	3,80
1,2,3-trimetilbenzen	1,38	7,66	3,68
m,p-dietilbenzen	3,66	5,56	1,46
Minimum (29VOC)	0,74	1,23	0,51
Maksimum (29VOC)	4,57	17,65	7,49
Art. Ort. (29VOC)	2,16	4,33	2,05
t-penten	1,93	3,52	1,97
1-penten	1,83	4,90	2,12
c-penten	1,82	1,62	1,84
Isopren	2,73	7,07	1,58
2,3-dimetilbutan	2,42	1,23	1,09
2-metilpentan	1,76	2,57	2,20
3-metilpentan	2,91	1,36	1,54
1,3-butadien	1,96	2,39	3,94
Eten	1,78	1,77	1,65
2,2-dimetilbutan	3,34	1,05	3,01
t-buten	2,45	2,48	1,75
1-buten	1,40	3,32	1,54
c-buten	2,34	1,56	1,81
Propen	2,49	2,02	1,45
Minimum (43VOC)	0,74	1,05	0,51
Maksimum (43VOC)	4,57	17,65	7,49
Art. Ort. (43VOC)	2,18	3,78	2,02

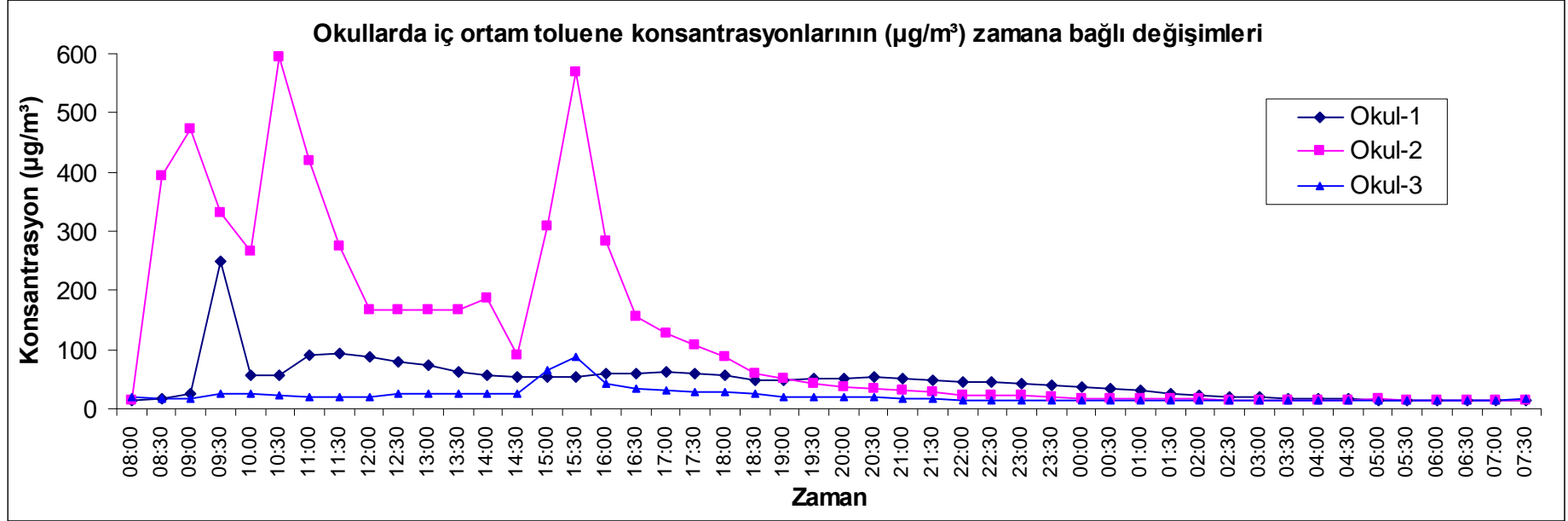
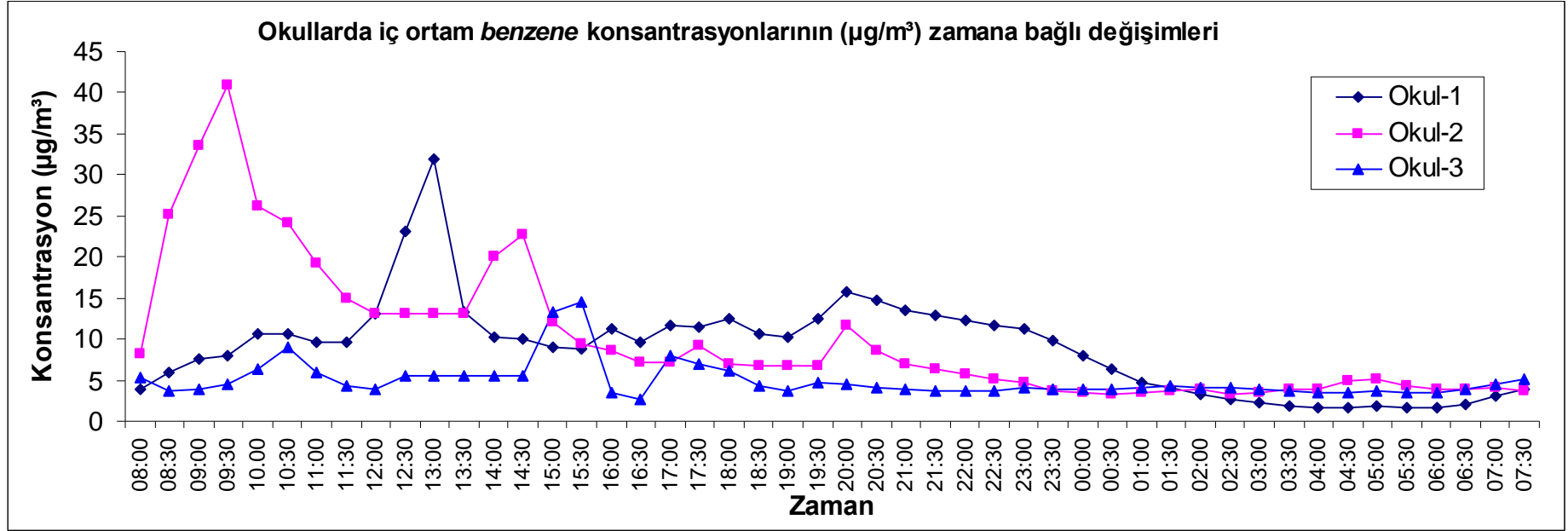
7.1.1. Uçucu Organik Bileşik Konsantrasyonlarının Yaz Mevsiminde Zamana Bağlı Değişimleri

Yaz mevsiminde örnekleme yapılan ev, okul ve ofislerin iç ortamlarında benzen, toluen, etilbenzen ve ksilenler (m,p,o-ksilen) (BTEX) için elde edilen aktif örnekleme sonuçları Şekil 7.1–7.6’da yarım saatlik dilimler halinde verilmektedir. Literatürde en çok çalışma yapılan, kaynakları ve insanlar üzerindeki sağlık etkileri hakkında daha fazla bilgi sahibi olunan UOBlerden olan BTEX’lerin konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimleri bu bölümde hazırlanmıştır. Bu sayede örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında incelenen BTEX’lerin zamana bağlı değişimleri değerlendirilerek ölçüm yapılan gün içerisinde ani artış ve azalmalar gösterdiği saat aralıkları daha rahat görülebilmektedir.

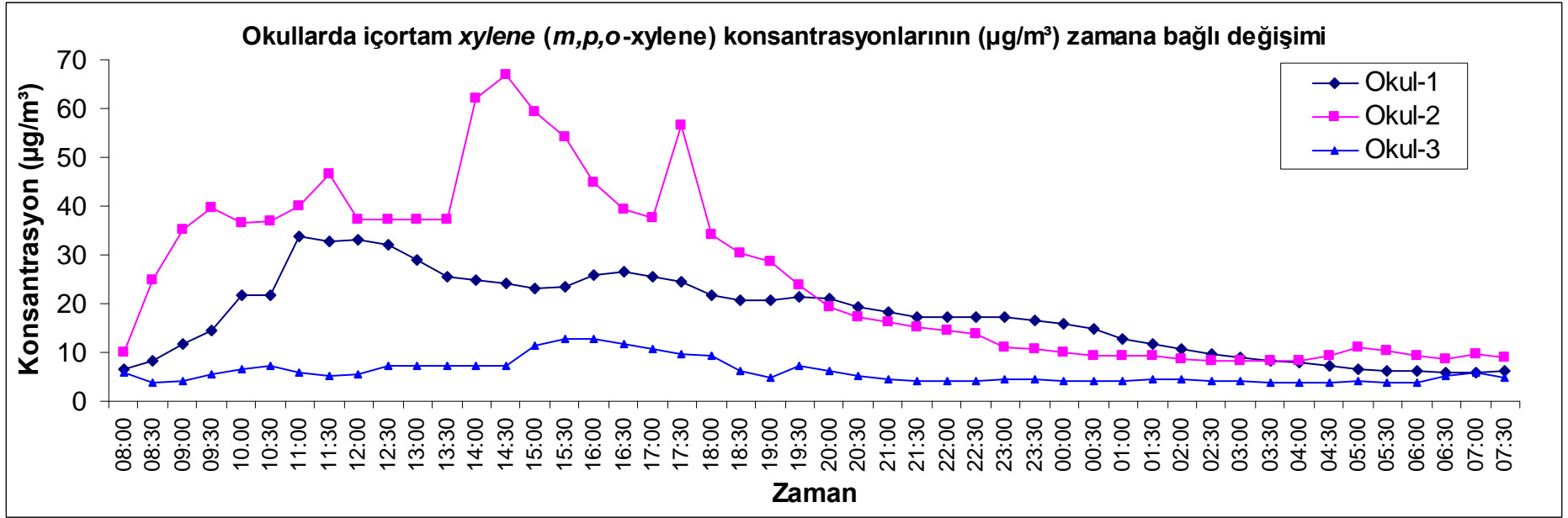
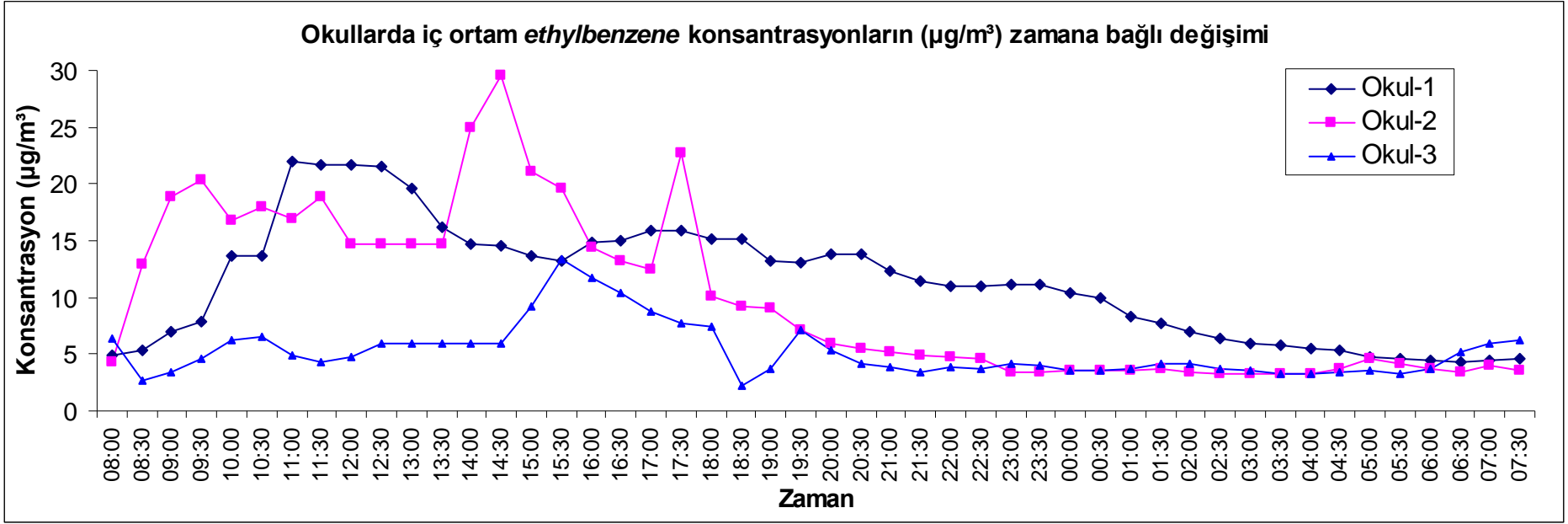
Şekil 7.1 ve Şekil 7.2’de yaz mevsiminde okulların iç ortamlarında yapılan BTEX aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki yarım saatlik dilimler halinde değişimi verilmektedir. Şekil 7.1 ve Şekil 7.2 incelendiğinde okulların iç ortam BTEX konsantrasyonları sabah öğrencilerin okula gelmeye başladığı saat olan 08:00 ile gün içerisinde eğitimin tamamlandığı 18:00 saatleri arasında artış göstermektedir. Günün geri kalan saatleri olan 18:00–08:00 saatleri arasında ise birbirine yakın ve düşük BTEX kirlilik düzeyleri gözlenmiştir. Sözü edilen durum trafik ve endüstrinin etkisinde bulunan Okul 1 ve Okul 2’de Okul 3’e nazaran daha belirgin şekilde görülmektedir. Okulların iç ortamlarında önemli bir UOB kaynağı bulunmadığından Okul 1 ve Okul 2’de 08:00-18:00 saatleri arasında gözlenen yüksek BTEX konsantrasyonları dış ortamlardan taşınım yoluyla kirleticilerin iç ortamlara ulaştığını düşündürmektedir. Sanayi ve trafikten uzak bir bölgede bulunan Okul 3’e ait dış ortam BTEX konsantrasyonlarının da düşük olması nedeniyle iç ortamlarda gün boyunca birbirine yakın ve düşük kirlilik düzeyleri gözlenmiştir.

Şekil 7.3 ve Şekil 7.4’de ofis iç ortamlarında gözlenen BTEX konsantrasyon düzeylerinin zamana bağlı değişimleri verilmektedir. Ofis çalışma saatleri olan 08:00-18:00 aralığında gözlenen BTEX konsantrasyonları çalışma saatleri dışında kalan günün diğer zamanlarında gözlenen BTEX konsantrasyonlarından daha yüksek olmasına rağmen bu farklılık okullardaki kadar belirgin değildir. Okullara nazaran ofislerin iç ortamlarında gözlenen BTEX düzeylerine katkıda bulunacak çeşitli kaynakların bulunması (ofis malzemeleri, sigara kullanımı gibi) nedeniyle bu kirleticilerden açığa çıkan BTEX’ler nedeniyle gün boyu birbirine yakın düzeyler elde edilmiştir. Gün içerisinde iç ortam kirletici kaynaklarının yanısıra yoğun trafik ve endüstriyel faaliyetler nedeniyle dış ortamlardan taşınım yoluyla kirleticilerin iç ortamlara ulaşması gündüz gözlenen artışı açıklamaktadır.

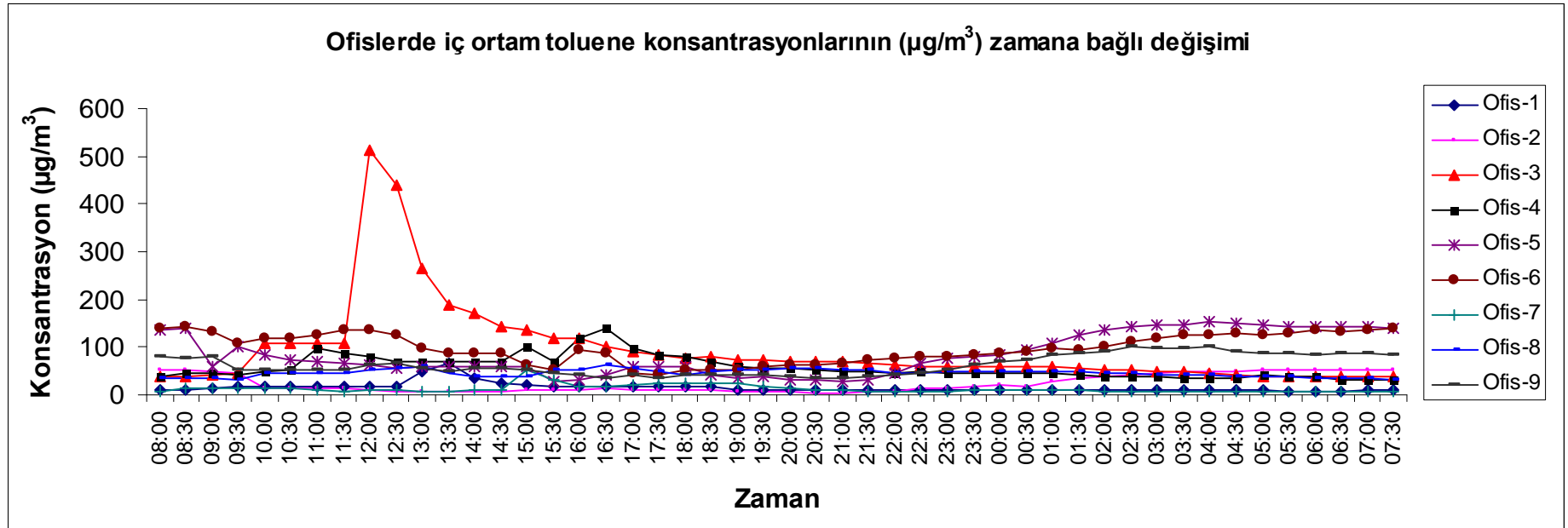
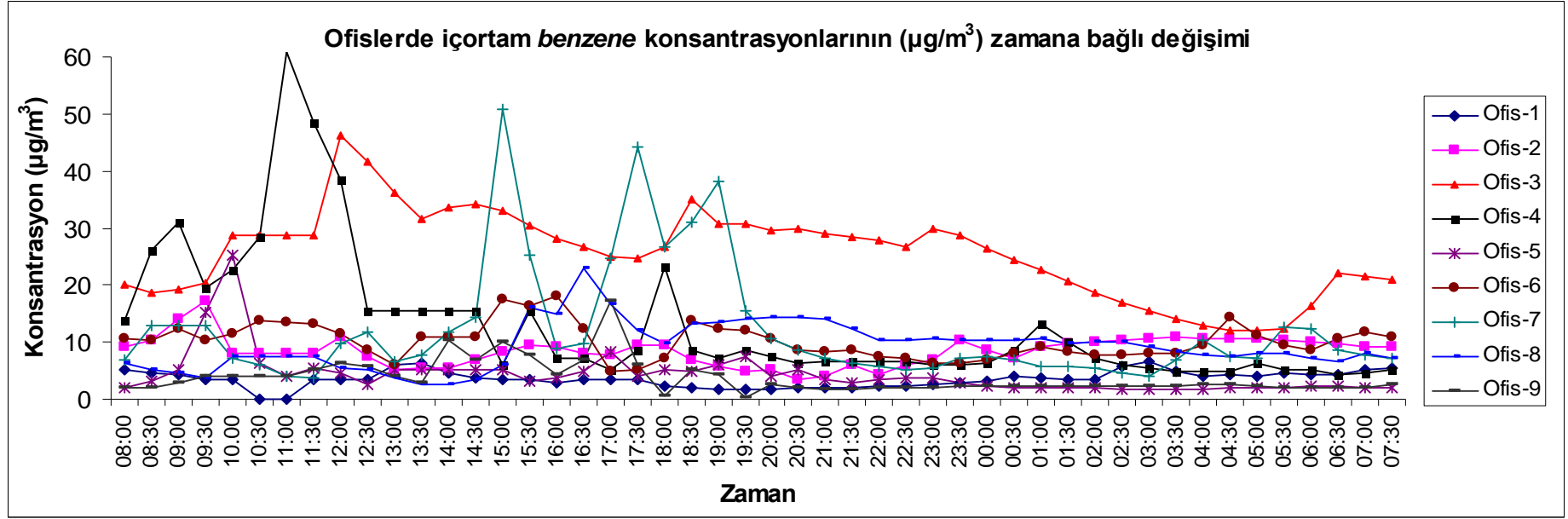
Şekil 7.5 ve Şekil 7.6’da evlerin iç ortamlarında gözlenen BTEX konsantrasyon düzeylerinin zamana bağlı değişimleri verilmektedir. Ofislerde gözlenen zamansal değişimlere benzer şekilde evlerde de gün boyu birbirine yakın BTEX düzeyleri elde edilmiştir. Evlerde, okul ve ofislere nazaran gün boyunca faaliyetlerin geç saatlere kadar sürebilmesi nedeniyle gündüz ve gece periyotları arasında çok önemli bir değişim gözlenmemiştir. Pişirme faaliyetlerine, sigara kullanımına, trafiğin yoğunluğuna, pencerelerin açık olmasına ve iç ortam kirletici kaynaklarının çeşitliliğine bağlı olarak gündüz saatlerinde ani değişimler gözlenirken gece periyodunda ise gündüz düzeylerine yakın fakat daha durağan bir değişim gözlenmektedir.



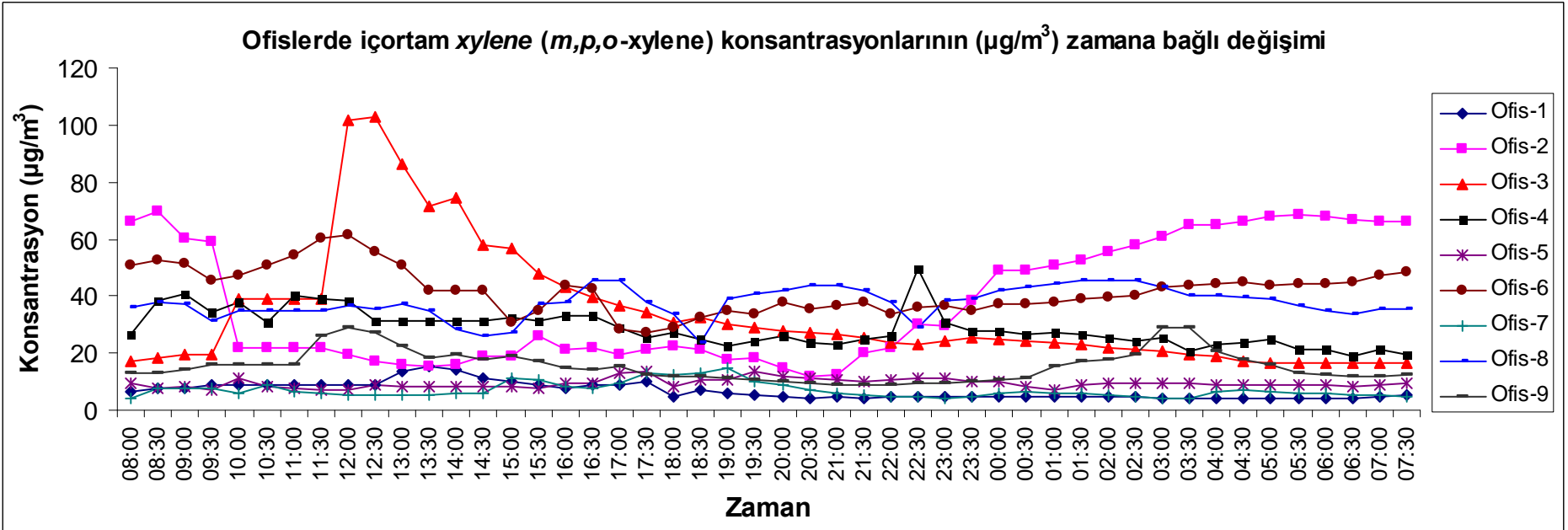
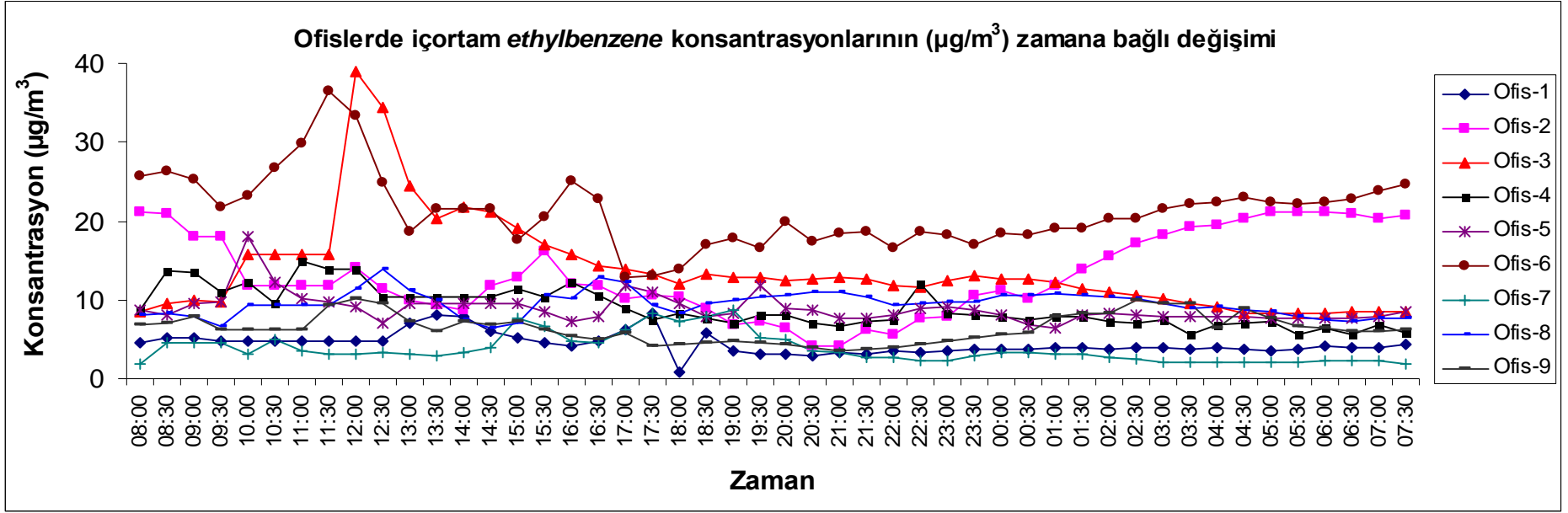
Şekil 7.1. Okullarda Yaz Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluene Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri



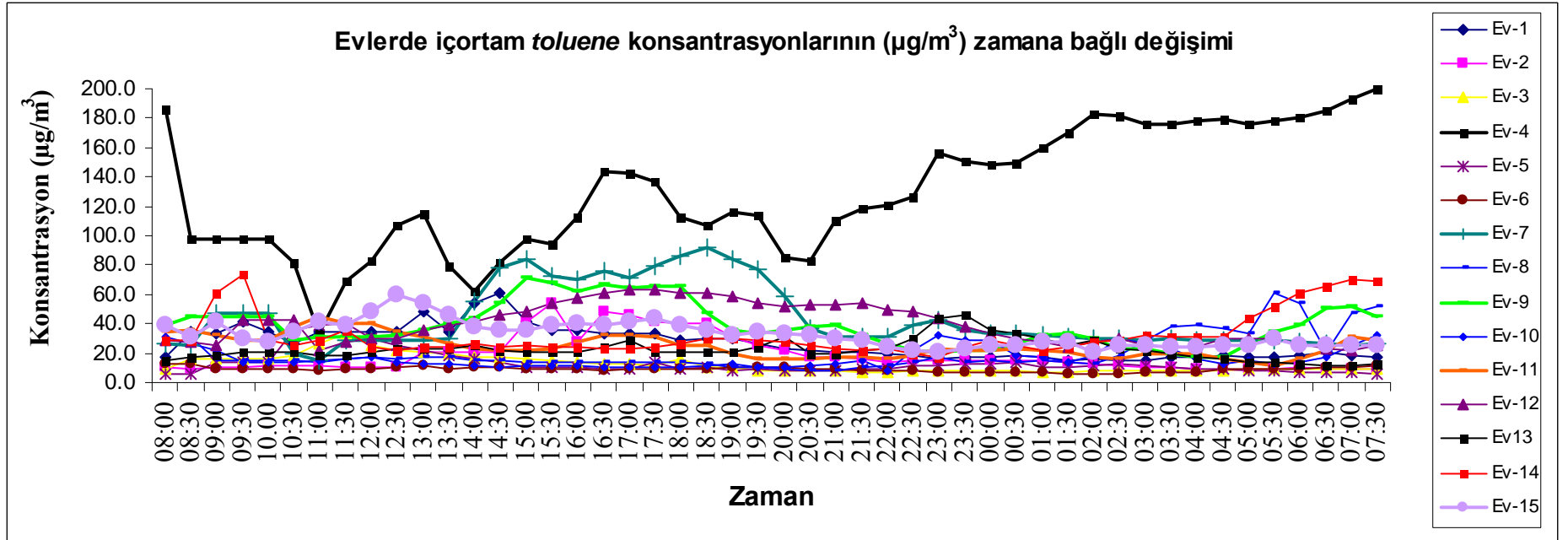
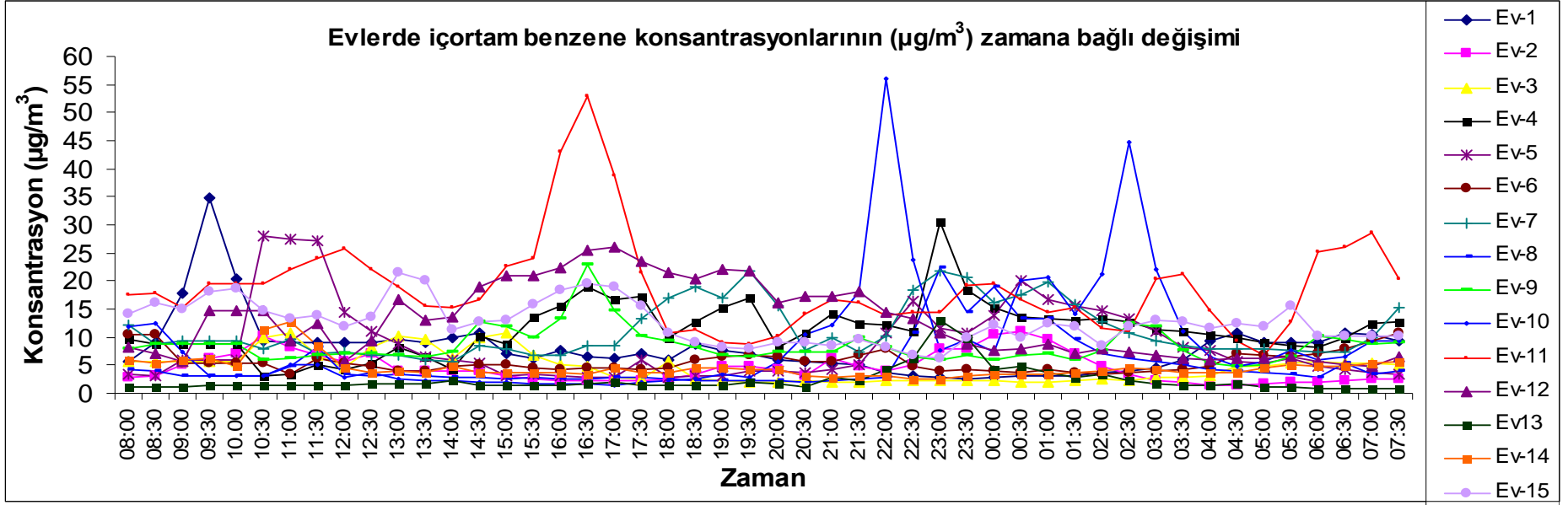
Şekil 7.2. Okullarda Yaz Mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (*m,p,o*-ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri



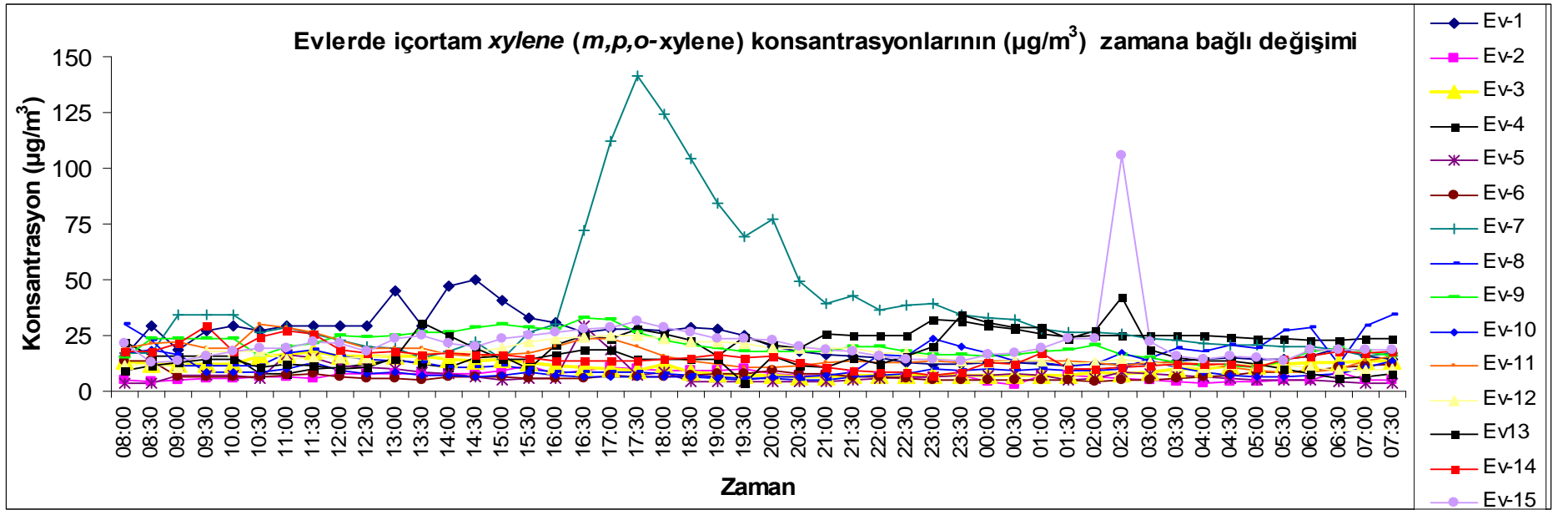
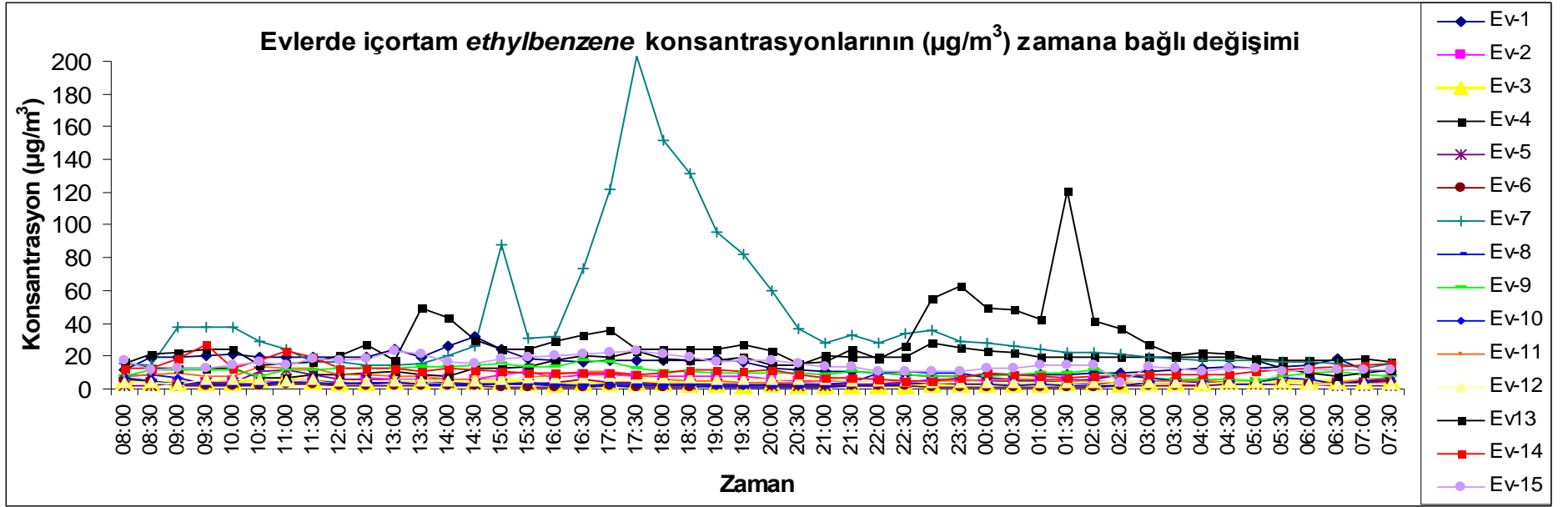
Şekil 7.3. Ofislerde Yaz Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluene Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri



Şekil 7.4. Ofislerde İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (*m,p,o*-ksilen) Yaz Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri



Şekil 7.5. Evlerde Yaz mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluen Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri



Şekil 7.6. Evlerde Yaz Mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (*m,p,o*-ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri

7.2. Uçucu Organik Bileşiklerin Kış Mevsimi Aktif Örnekleme Sonuçlarının Tartışılması

Kış mevsiminde örneklenen ev, ofis ve okulların iç ortamlarında yapılan UOB aktif örneklemesine ilişkin hesaplanan Gece/Gündüz konsantrasyon oranları Tablo 7.4, Tablo 7.5 ve Tablo 7.6'da verilmektedir. Bu sayede örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında gündüz ve gece periyodunun elde edilen UOB kirlilik düzeylerine katkısı belirlenebilecektir. Tablolar oluşturulurken yaz mevsiminde olduğu gibi gündüz periyodu (08:00 – 20:00), gece periyodu ise (20:00 – 08:00) olarak kabul edilmiştir.

Tablo 7.4 incelendiğinde evlerde kış mevsiminde belirlenebilen 29 UOB gözönüne alındığında elde edilen Gündüz/Gece konsantrasyon oranlarının 0,19 (Ev 10) ile 25,99 (Ev 8) arasında geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Örnekleme süresince yarım saat aralıklarla elde edilen veri setinde Gündüz/Gece oranlarının ortalamaları 0,60 (Ev 4) ile 2,39 (Ev 8) arasında değiştiği görülmektedir. Kış mevsiminde evlerin iç ortamlarında Gündüz/Gece konsantrasyon oranları genellikle 1'in üzerindedir. Gerek iç ortam faaliyetlerindeki artış gerekse dış ortamda trafik yoğunluğu nedeniyle gündüz UOB konsantrasyonları gece UOB konsantrasyonlarından yüksek bulunmuştur.

Kış mevsiminde ofislerde belirlenebilen 29 UOB göz önüne alındığında elde edilen Gündüz/Gece konsantrasyon oranlarının 0,24 (Ofis 3) ile 8,75 (Ofis 9) arasında geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir (Tablo 7.5). Örnekleme süresince yarım saat aralıklarla elde edilen veri setinde Gündüz/Gece oranlarının ortalamaları 1,08 (Ofis 6) ile 2,66 (Ofis 9) arasında değiştiği görülmektedir. Gündüz/Gece oranlarının yaz mevsiminde olduğu gibi 2 dolayında olması ofis çalışma saatleri ile Gündüz periyodu olarak seçilen 08:00 – 20:00 saatlerinin uyumlu olması nedeniyle kirliliğe neden olan etkenlerin çalışma sırasında ofiste kullanılan ofis malzemeleri ve ofis çalışanlarının sigara kullanımı gibi kirlilik kaynaklarına işaret etmektedir. Gündüz periyodunda araç trafiğinin de yoğun olması nedeniyle dış ortamdan iç ortama kirletici taşınımının da bu farklılıkta etken olduğu gözönünde bulundurulması gereken bir etkidir.

Tablo 7.6 incelendiğinde okullarda kış mevsiminde belirlenebilen 29 UOB gözönüne alındığında elde edilen Gündüz/Gece konsantrasyon oranlarının 0,50 (Okul 3) ile 14,92 (Okul 2) arasında geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Örnekleme süresince yarım saat aralıklarla elde edilen veri setinde Gündüz/Gece oranlarının ortalamaları 2,05 (Okul 3) ile 3,50 (Okul 2) arasında değiştiği görülmektedir. Yaz mevsimine benzer şekilde kış mevsiminde de okulların iç ortamlarında Gündüz/Gece konsantrasyon oranları ev ve ofislere nazaran okullarda daha yüksek olup 3 dolaylarındadır. Endüstri ve trafiğin yoğun olduğu bir yerde bulunan Okul 2 örnekleme

noktasında Gündüz/Gece konsantrasyon oranları yaz mevsiminde olduğu gibi kışın da 4 dolayında bulunmuştur. Okulların iç ortamlarında önemli bir UOB kirlilik kaynağı bulunmadığından iç ortamlarda elde edilen yüksek konsantrasyonlar özellikle trafik ve endüstrinin neden olduğu kirliliğin iç ortamlara taşınması şeklinde gerçekleştiğinden hem endüstriyel faaliyetler hem de trafiğin gündüz periyodunda gece periyoduna nazaran yoğun olması nedeniyle Okul 2 için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları trafik ve sanayiden uzak bölge ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde bulunan okullarda elde edilen UOB konsantrasyonlarından daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 7.4. Evlerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Mevsimi Aktif UOB Örneklemesi
Konsantrasyonlarının Gündüz/Gece Oranları

Bileşenler	Ev 1	Ev 2	Ev 3	Ev 4	Ev 5	Ev 6	Ev 7	Ev 8	Ev 9	Ev10	Ev11	Ev12	Ev13	Ev14	Ev15
Benzen	0,94	0,79	1,62	0,55	0,47	1,16	0,67	0,37	1,00	0,36	1,28	0,93	0,81	1,09	1,12
Toluen	1,06	1,52	1,66	0,44	0,93	1,48	1,37	0,53	1,25	1,10	1,54	0,69	1,47	0,71	1,24
Etilbenzen	0,95	1,13	0,98	0,48	0,74	1,17	1,84	0,66	1,19	0,97	1,70	0,73	1,35	1,19	1,17
m,p-ksilen	1,08	1,13	1,16	0,48	0,72	1,23	1,31	0,65	1,15	1,14	1,53	0,67	1,36	1,11	0,86
o-ksilen	1,20	1,03	1,19	0,44	1,14	1,23	1,16	0,88	1,32	1,10	1,80	0,85	1,39	1,42	0,84
Siklohegzan	1,09	1,62	1,20	0,31	0,37	0,73	1,67	0,47	0,81	0,72	0,62	0,92	0,80	1,15	1,23
1,2,4-trimetilbenzen	1,06	0,90	1,49	0,38	1,11	1,52	0,82	1,68	1,20	1,33	1,43	0,55	2,44	1,21	0,80
1,3,5-trimetillbenzen	1,66	0,81	1,65	0,46	1,15	3,47	0,73	2,13	1,42	1,60	1,45	0,71	2,13	1,77	0,84
Hegzan	0,77	1,96	0,74	2,65	0,21	1,22	2,09	0,58	0,19	0,50	2,93	0,48	1,97	2,03	1,55
Heptan	0,89	0,79	1,44	0,55	0,48	1,22	0,65	0,33	1,00	0,35	1,25	0,91	0,76	0,99	1,10
2-metil-1-penten	0,84	0,82	1,01	0,51	0,46	1,87	0,66	0,37	1,96	0,45	0,96	0,56	1,07	0,78	1,15
Metilsiklopentan	0,54	1,01	0,59	0,42	0,61	2,41	0,52	0,36	1,03	0,52	0,51	0,31	1,09	0,37	1,22
2,4-dimetilpentan	1,17	2,30	1,76	0,49	0,39	1,79	2,35	0,54	9,20	0,58	1,02	1,17	2,18	0,83	1,26
2metilhegzan	0,70	0,29	2,70	0,73	0,38	2,46	0,34	0,28	6,30	0,19	1,19	0,54	0,74	2,17	1,11
2,3-dimetilpentan	1,80	0,56	1,11	0,77	1,25	1,83	0,55	0,85	3,69	0,64	1,04	0,80	1,20	1,10	1,12
3-metilhegzan	1,20	1,02	1,38	0,40	0,78	1,07	1,29	1,14	1,20	1,03	1,49	1,11	0,82	0,93	0,96
2,2,4-trimetilpentan	0,59	2,03	1,04	0,76	0,59	2,09	1,13	0,81	1,25	1,79	0,48	0,37	0,66	0,89	0,63
Metilsiklohegzan	1,66	1,08	0,97	0,40	0,61	0,88	3,69	0,75	1,27	0,55	2,85	1,19	1,93	2,99	0,97
2,3,4-trimetilpentan	1,17	0,99	1,19	0,27	0,32	1,51	4,22	1,15	1,11	1,00	2,40	1,27	2,76	1,43	1,03
2-metilheptan/ 3-metilheptan	1,54	0,65	0,41	0,67	0,69	1,24	3,44	0,88	1,95	3,07	2,84	0,84	4,33	0,68	4,44
Stiren	1,09	1,09	1,21	0,65	1,00	1,21	1,37	0,68	1,68	1,62	1,51	0,69	1,81	1,14	1,23
Nonan	1,02	1,03	1,22	0,47	1,15	1,23	2,07	0,70	1,38	1,35	1,69	0,87	2,49	1,53	1,19
İzopropilbenzen	0,47	0,79	0,94	0,42	0,54	1,62	2,02	1,27	0,88	0,64	0,58	0,55	2,50	0,57	1,39
Propilbenzen	0,82	0,66	2,83	0,43	1,20	3,72	2,45	3,28	1,48	3,07	0,76	0,53	1,90	2,14	1,10
m,p-etiltoluen	1,31	0,75	1,10	0,42	0,97	3,20	3,11	9,96	2,40	2,18	2,23	0,90	6,05	1,02	0,98
o-etiltoluen	1,06	1,08	1,15	0,30	1,15	1,04	1,11	25,99	1,20	1,66	2,27	0,64	3,47	1,11	0,91
Dekan	4,41	1,28	4,68	0,20	1,64	0,99	0,57	0,33	1,67	0,62	2,78	1,54	1,45	0,63	0,97
1,2,3-trimetilbenzen	6,94	0,90	2,57	1,38	0,44	1,66	3,37	1,78	1,32	1,69	3,45	1,11	9,03	1,81	0,83
m,p-dietilbenzen	4,24	1,67	1,17	0,88	1,86	2,23	1,68	9,99	2,21	2,40	4,36	1,39	2,51	2,61	1,26
Minimum (29UOB)	0,47	0,29	0,41	0,20	0,21	0,73	0,34	0,28	0,19	0,19	0,48	0,31	0,66	0,37	0,63
Maksimum (29UOB)	6,94	2,30	4,68	2,65	1,86	3,72	4,22	25,99	9,20	3,07	4,36	1,54	9,03	2,99	4,44
Art. Ort. (29UOB)	1,49	1,09	1,45	0,60	0,81	1,67	1,67	2,39	1,85	1,18	1,72	0,82	2,15	1,29	1,19

Tablo 7.5. Ofislerin İç Ortamlarında Yapılan Kış Mevsimi Aktif UOB Örneklemesi
Konsantrasyonlarının Gündüz/Gece Oranları

Bileşenler	Ofis 1	Ofis 2	Ofis 3	Ofis 4	Ofis 5	Ofis 6	Ofis 7	Ofis 8	Ofis 9
Benzen	0,85	1,53	1,13	2,45	2,19	1,05	3,40	1,33	3,62
Toluen	1,95	0,80	2,20	1,44	0,55	0,75	3,13	1,56	1,09
Etilbenzen	1,19	1,35	1,33	1,19	1,10	0,90	2,77	1,51	1,54
m,p-ksilen	1,66	1,56	1,28	1,13	1,07	0,91	2,49	1,38	1,97
o-ksilen	1,71	0,52	3,40	0,93	0,63	0,86	1,67	1,23	1,47
Siklohegzan	0,77	0,60	0,90	1,16	0,73	1,09	0,90	0,54	0,60
1,2,4-trimetilbenzen	1,22	0,60	0,91	0,84	0,65	0,75	2,10	1,43	0,93
1,3,5-trimetilbenzen	1,68	0,50	1,49	0,73	0,61	0,79	1,06	1,51	1,38
Hegzan	1,00	1,42	1,24	3,32	0,95	6,20	2,26	1,34	0,68
Heptan	0,77	1,43	1,07	2,38	1,71	1,02	3,47	1,30	4,01
2-metil-1-penten	1,26	1,00	0,77	2,35	2,15	0,93	4,06	1,30	3,74
Metilsiklopentan	0,81	0,41	0,41	1,09	1,47	0,67	2,66	0,49	0,92
2,4-dimetilpentan	1,91	0,53	2,39	4,12	0,85	0,69	2,16	2,82	1,28
2metilhegzan	2,55	2,06	1,09	2,21	4,00	1,63	8,68	1,53	4,42
2,3-dimetilpentan	0,96	1,73	0,89	0,65	1,78	0,84	4,30	2,49	1,86
3-metilhegzan	2,33	1,07	1,88	0,86	1,26	0,84	2,76	1,65	1,68
2,2,4-trimetilpentan	1,36	0,31	0,24	0,63	0,41	0,85	1,45	0,62	1,08
Metilsiklohegzan	4,80	0,99	1,81	1,36	0,62	0,60	1,76	1,75	3,20
2,3,4-trimetilpentan	0,87	0,50	1,75	0,71	0,56	0,84	1,73	1,53	2,01
2-metilheptan / 3-metilheptan	1,84	0,81	0,76	1,92	1,64	0,76	1,96	3,72	6,55
Stiren	1,57	1,47	1,27	1,19	1,41	0,92	2,54	1,87	4,93
Nonan	1,95	0,52	3,85	0,90	1,14	0,89	1,69	1,29	1,63
İzopropilbenzen	0,34	0,38	0,25	0,48	0,49	0,57	1,54	0,44	0,71
Propilbenzen	2,42	1,35	2,14	0,47	0,58	0,79	2,65	5,85	0,58
m,p-etiltoluen	2,05	1,71	1,15	0,82	0,64	0,88	1,93	1,90	1,62
o-etiltoluen	1,06	1,32	0,76	1,50	0,50	1,08	1,31	1,81	2,44
Dekan	3,66	1,39	5,19	1,95	0,69	0,97	1,42	3,52	8,75
1,2,3-trimetilbenzen	5,71	0,70	1,06	1,25	1,21	1,02	2,35	0,82	5,22
m,p-dietilbenzen	8,65	3,37	3,59	2,16	3,09	1,21	1,98	3,39	7,29
Minimum (29UOB)	0,34	0,31	0,24	0,47	0,41	0,57	0,90	0,44	0,58
Maksimum (29UOB)	8,65	3,37	5,19	4,12	4,00	6,20	8,68	5,85	8,75
Art. Ort. (29UOB)	2,03	1,10	1,59	1,46	1,20	1,08	2,49	1,79	2,66

Tablo 7.6. Okulların İç Ortamlarında Yapılan Kış Mevsimi Aktif UOB Örnekleme Konsantrasyonlarının Gündüz / Gece Oranları

Bileşenler	Gündüz/Gece Oranları		
	Okul 1	Okul 2	Okul 3
Benzen	2,20	2,69	1,49
Toluen	2,73	9,62	1,88
Etilbenzen	2,18	3,25	1,57
m,p-ksilen	2,22	2,51	1,68
o-ksilen	2,47	3,45	1,70
Siklohegzan	5,35	1,54	0,70
1,2,4-trimetilbenzen	2,54	1,85	1,83
1,3,5-trimetillbenzen	3,71	3,79	1,80
Hegzan	3,28	2,12	0,95
Heptan	2,18	2,20	7,44
2-metil-1-penten	2,78	2,91	2,62
Metilsiklopentan	1,45	14,92	1,42
2,4-dimetilpentan	2,33	1,05	5,67
2metilhegzan	5,66	7,60	0,77
2,3-dimetilpentan	2,32	4,69	0,95
3-metilhegzan	2,53	2,05	2,86
2,2,4-trimetilpentan	0,93	1,34	0,95
Metilsiklohegzan	2,19	1,01	1,42
2,3,4-trimetilpentan	1,52	1,17	0,50
2-metilheptan / 3-metilheptan	2,85	2,47	1,06
Stiren	2,27	2,58	1,82
Nonan	2,70	3,59	1,76
İzopropilbenzen	0,91	1,12	1,16
Propilbenzen	4,11	2,33	3,32
m,p-etiltoluen	3,29	3,01	2,18
o-etiltoluen	2,38	2,76	1,06
Dekan	1,03	4,01	3,78
1,2,3-trimetilbenzen	1,68	5,77	3,73
m,p-dietilbenzen	4,37	3,98	1,43
Minimum (29UOB)	0,91	1,01	0,50
Maksimum (29UOB)	5,66	14,92	7,44
Art. Ort. (29UOB)	2,63	3,50	2,05

7.2.1. Uçucu Organik Bileşik Konsantrasyonlarının Kış Mevsiminde Zamana Bağlı Değişimleri

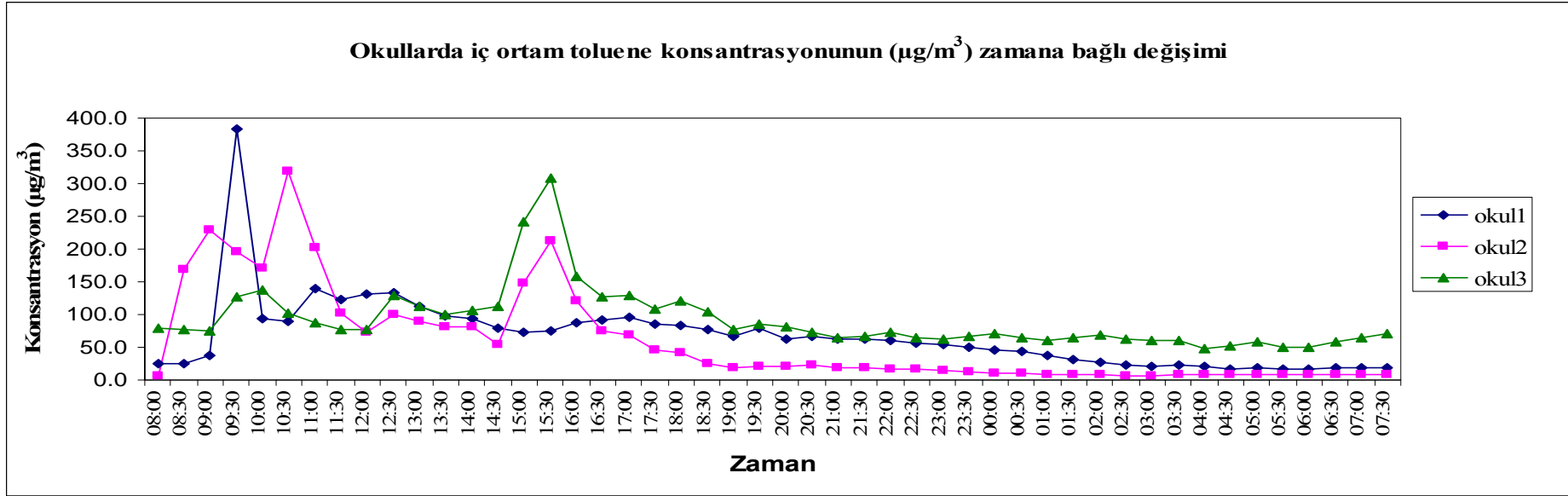
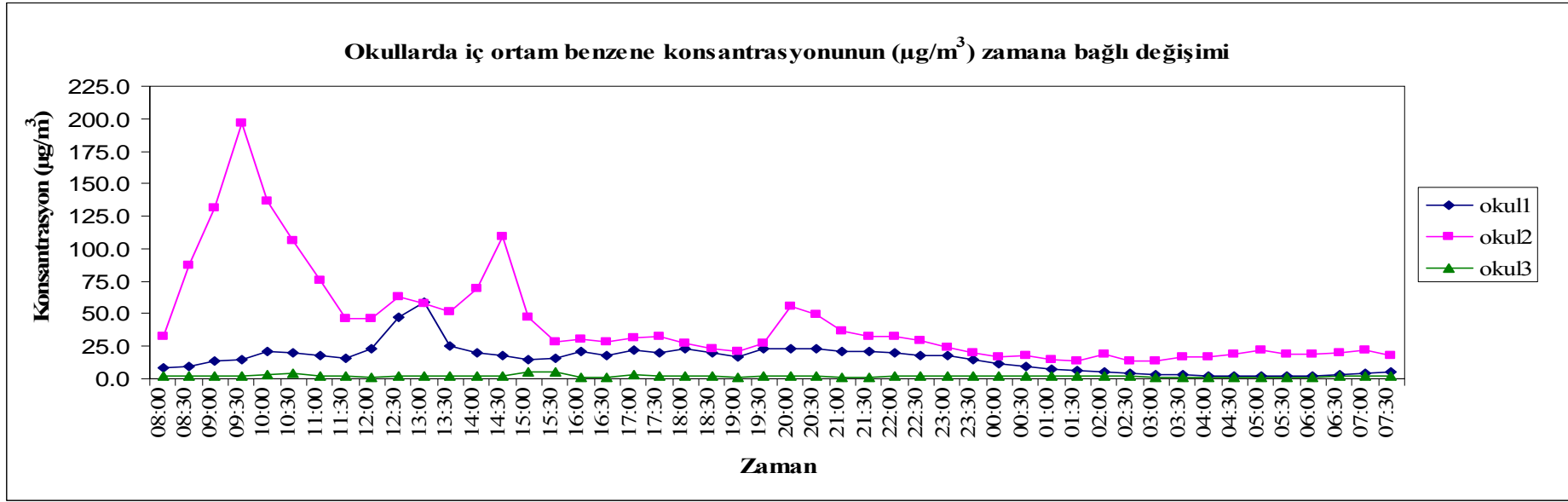
Kış mevsiminde örnekleme yapılan ev, okul ve ofislerin iç ortamlarında yapılan Benzen, Toluen, Etilbenzen ve Ksilen (m,p,o-ksilen) (BTEX) aktif örnekleme sonuçları Şekil 7.7 – 7.12’de yarım saatlik dilimler halinde verilmektedir. Bu sayede örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında incelenen BTEX’lerin zamana bağlı değişimleri değerlendirilerek ölçüm yapılan gün içerisinde ani artış ve azalmalar gösterdiği saat aralıkları belirlenecektir.

Şekil 7.7 ve Şekil 7.8’de kış mevsiminde okulların iç ortamlarında yapılan BTEX aktif örneklemesine ilişkin elde edilen konsantrasyon düzeylerinin ölçüm yapılan gün içerisindeki yarım saatlik dilimler halinde değişimi verilmektedir. Şekil 7.7 ve Şekil 7.8 incelendiğinde okulların iç ortam BTEX konsantrasyonları öğrenimin görüldüğü 08:00 ile 18:00 saatleri arasında artış göstermektedir. Günün geri kalan saatleri olan 18:00–08:00 saatleri arasında ise birbirine yakın ve düşük BTEX kirlilik düzeyleri gözlenmiştir. Sözü edilen durum trafik ve endüstrinin etkisinden uzak olan Okul 3’de görülmemektedir. Sanayi ve trafikten uzak bir bölgede bulunan Okul 3’e ait dış ortam BTEX konsantrasyonlarının da düşük olması nedeniyle iç ortamlarda gün boyunca birbirine yakın ve düşük kirlilik düzeyleri gözlenmiştir. Okulların iç ortamlarında önemli bir UOB kaynağı bulunmadığından Okul 1 ve Okul 2’de 08:00-18:00 saatleri arasında gözlenen yüksek BTEX konsantrasyonları dış ortamlardan endüstri, trafik ve fosil yakıt yanması sonucunda taşınım yoluyla kirleticilerin iç ortamlara ulaştığını düşündürmektedir. Kış mevsiminde fosil yakıt yakılmasının da etkisiyle yaz mevsimine oranla daha yüksek BTEX dış ortam konsantrasyonları gözlenmiştir. Diğer bir deyişle okullarda öğrenimin sürdüğü saatlerde ısınma amaçlı fosil yakıtların yakılması nedeniyle gündüz BTEX konsantrasyonları daha yüksek görüldüğünden Gündüz/Gece konsantrasyon oranları kış mevsiminde daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz.

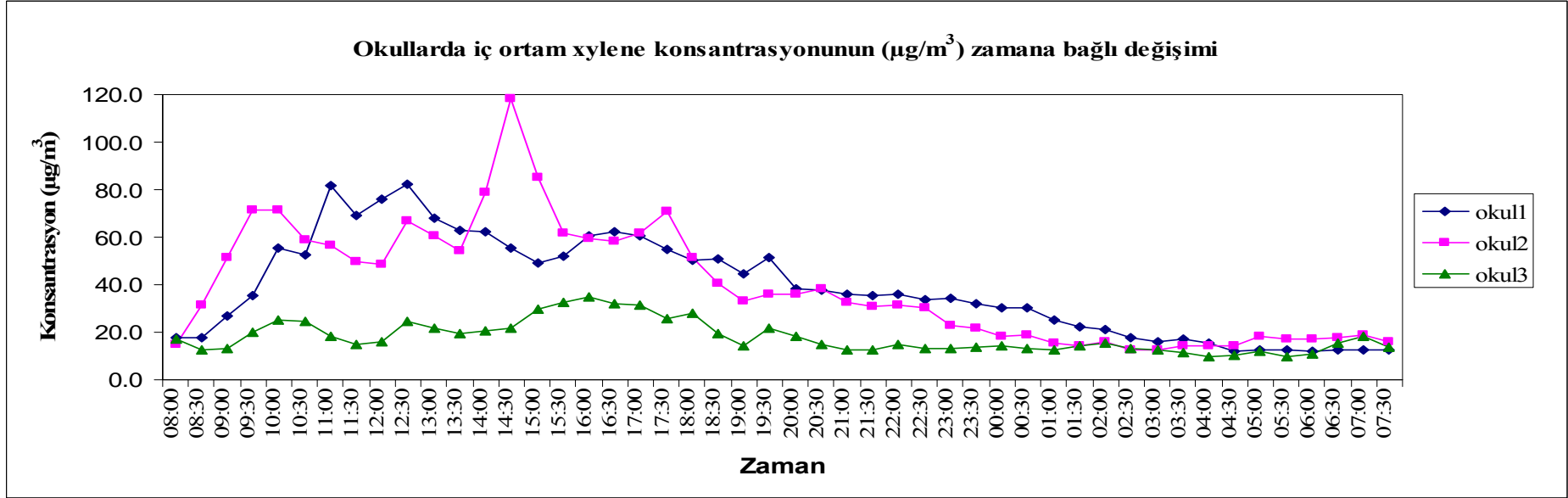
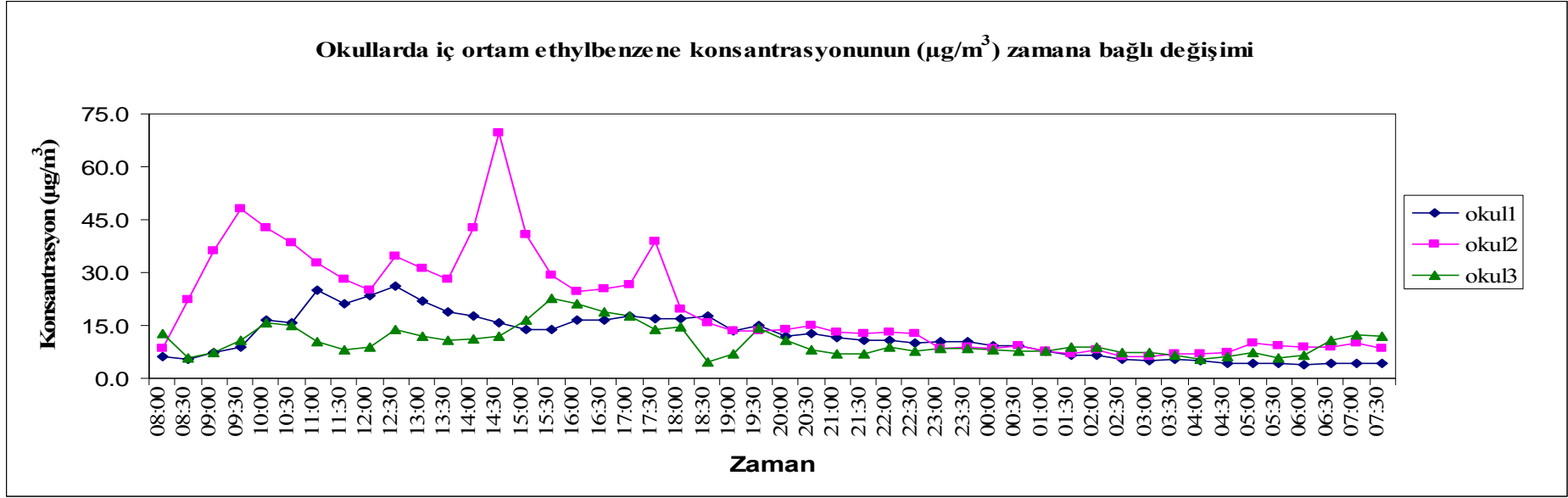
Şekil 7.9 ve Şekil 7.10’da ofis iç ortamlarında gözlenen BTEX konsantrasyon düzeylerinin zamana bağlı değişimleri verilmektedir. Ofis çalışma saatleri olan 08:00-18:00 aralığında gözlenen BTEX konsantrasyonları çalışma saatleri dışında kalan günün diğer zamanlarında gözlenen BTEX konsantrasyonlarının yaz mevsimine benzer şekilde yaklaşık 2 katı kadar yüksek olmasına rağmen bu farklılık okullardaki kadar belirgin değildir. Çeşitli ofis malzemeleri, sigara kullanımı ve yoğun trafiğin neden olduğu kirlilik kaynakları ofislerin iç ortamlarında gündüz çalışma saatlerinde okullara nazaran daha yüksek kirliliğe neden olmaktadır. Ayrıca gündüz periyodunda yapılan faaliyetlere göre

konsantrasyonlar ani değişimler gösterirken gece periyodunda ise değişimlerin daha durağan hale geldiğini söyleyebiliriz.

Şekil 7.11 ve Şekil 7.12’de evlerin iç ortamlarında gözlenen BTEX konsantrasyon düzeylerinin zamana bağlı değişimleri verilmektedir. Kış mevsiminde BTEX için evlerde gün boyu gözlenen zamana bağlı değişimler ofis ve okullarda gözlenen zamansal değişimlerden farklılık göstermektedir. Okul ve ofislerde çalışma saatlerinde belirgin olan yüksek BTEX konsantrasyonları evlerde gün boyu devam etmektedir. Evlerde pişirme faaliyetlerine, sigara kullanımına, trafiğin yoğunluğuna, pencerelerin açık olmasına ve iç ortam kirletici kaynaklarının çeşitliliğine bağlı olarak gündüz saatlerinde daha belirgin şekilde gözlenen ani değişimler kış mevsimi olması nedeniyle evlerde ısınma amacıyla fosil yakıtların yakılması nedeniyle dış ortamda oluşan kirliliğin iç ortamlara taşınması yoluyla gece periyodunda da yüksek BTEX düzeyleri elde edilmiştir.

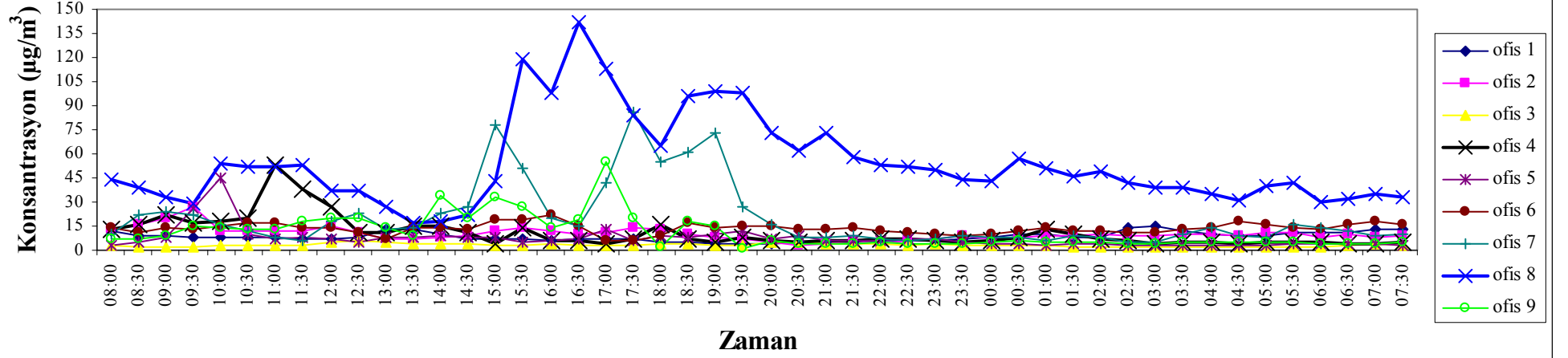


Şekil 7.7. Okullarda Kış Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluen Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri

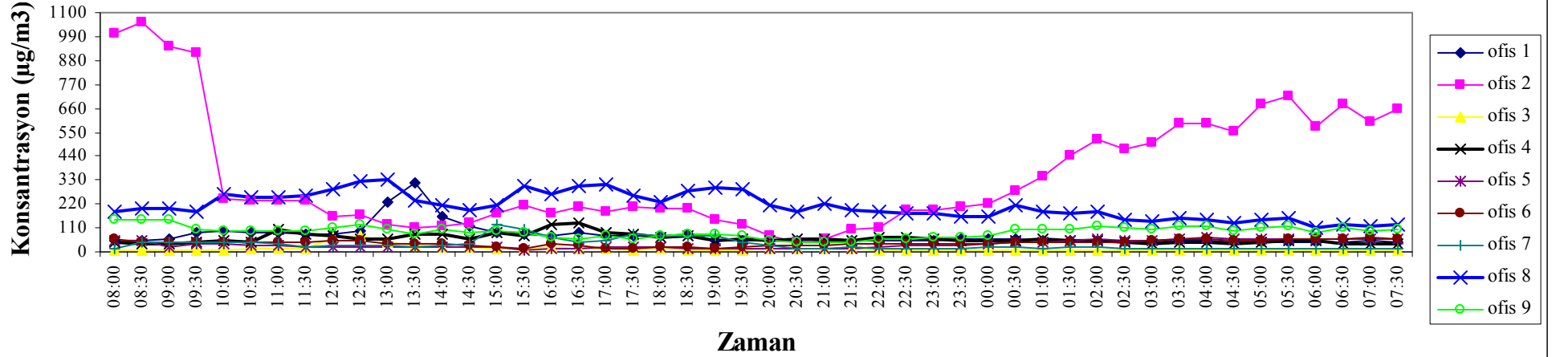


Şekil 7.8. Okullarda Kış Mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (*m,p,o*-ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri

Ofislerde iç ortam benzen konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamana bağlı değişimi

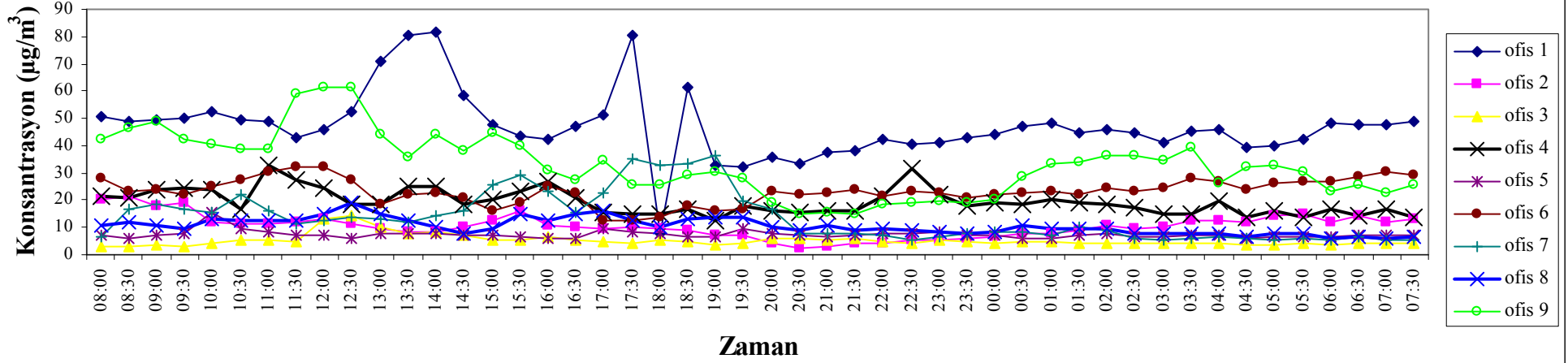


Ofislerde iç ortam toluene konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamana bağlı değişimi

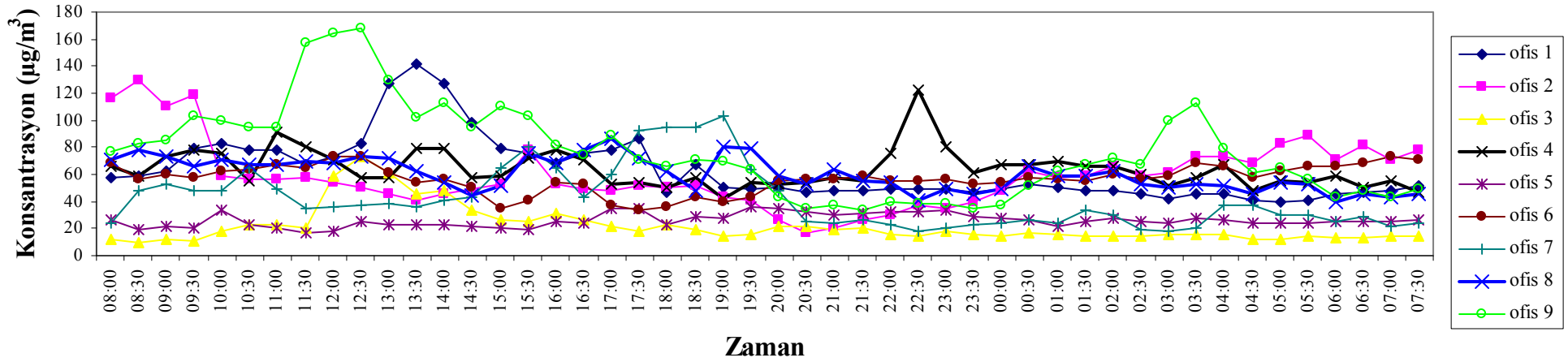


Şekil 7.9. Ofislerde Kış Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluene Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri

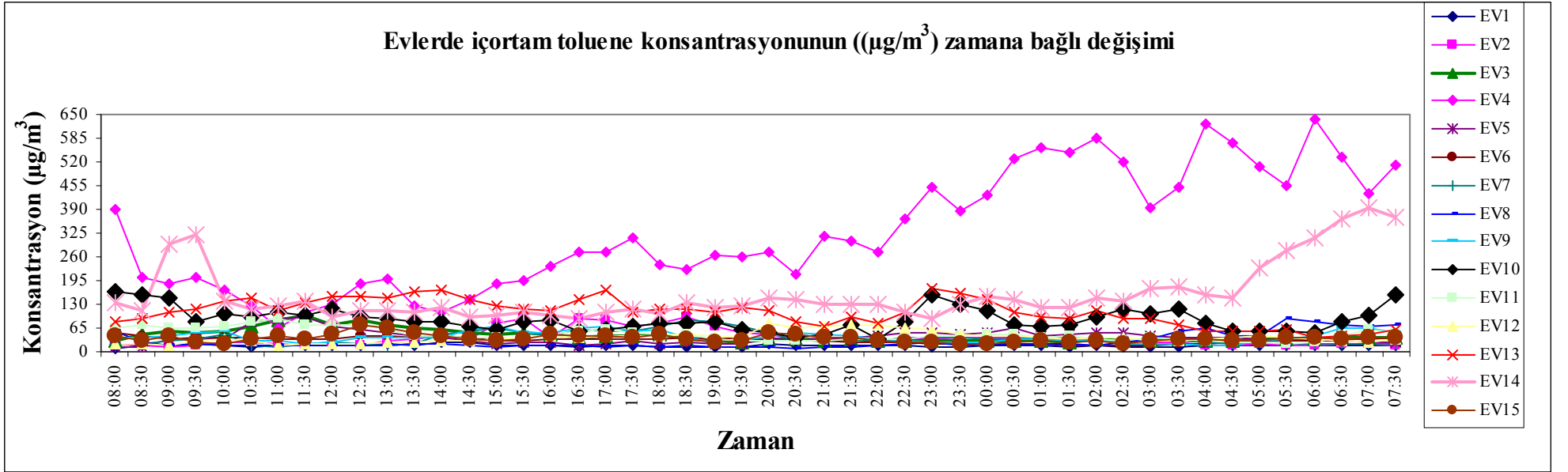
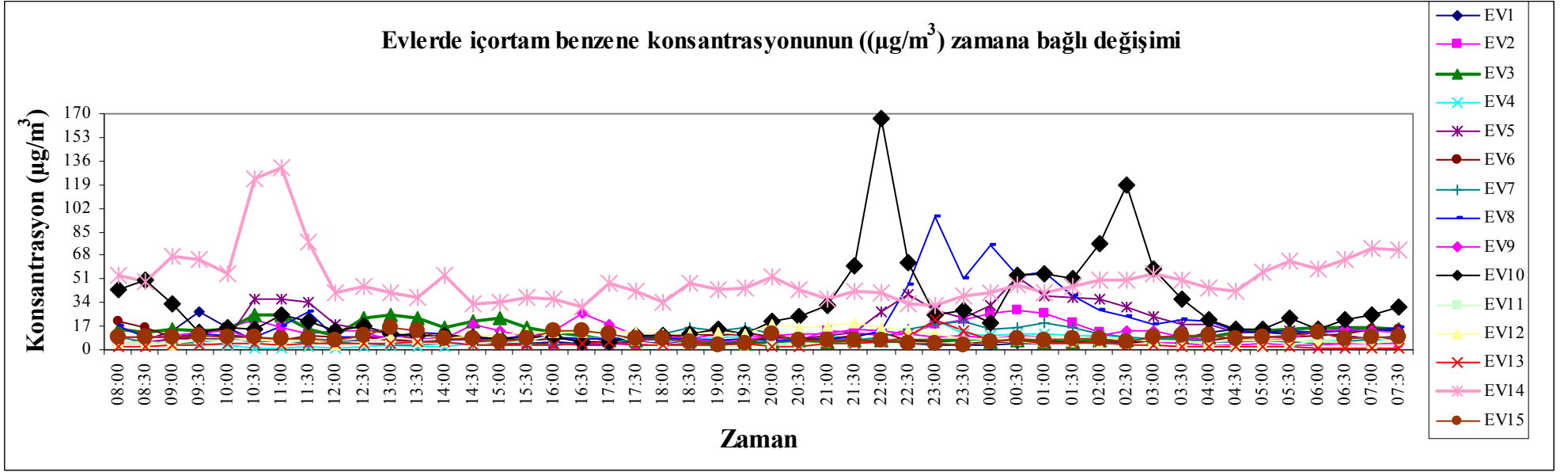
Ofislerde iç ortam ethylbenzene konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamana bağlı değişimi



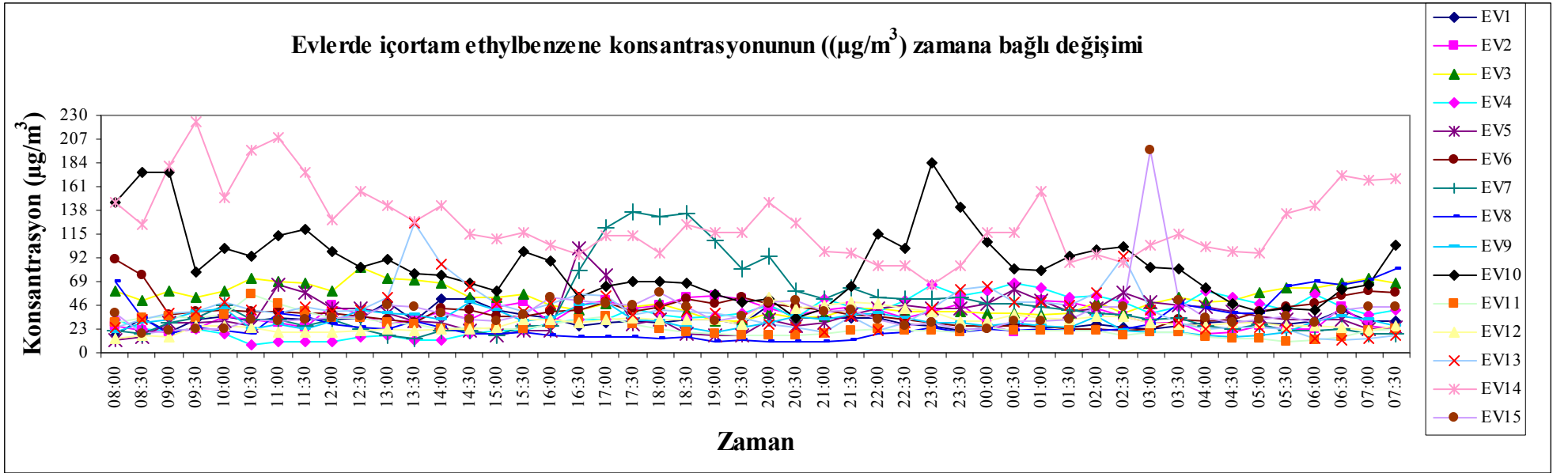
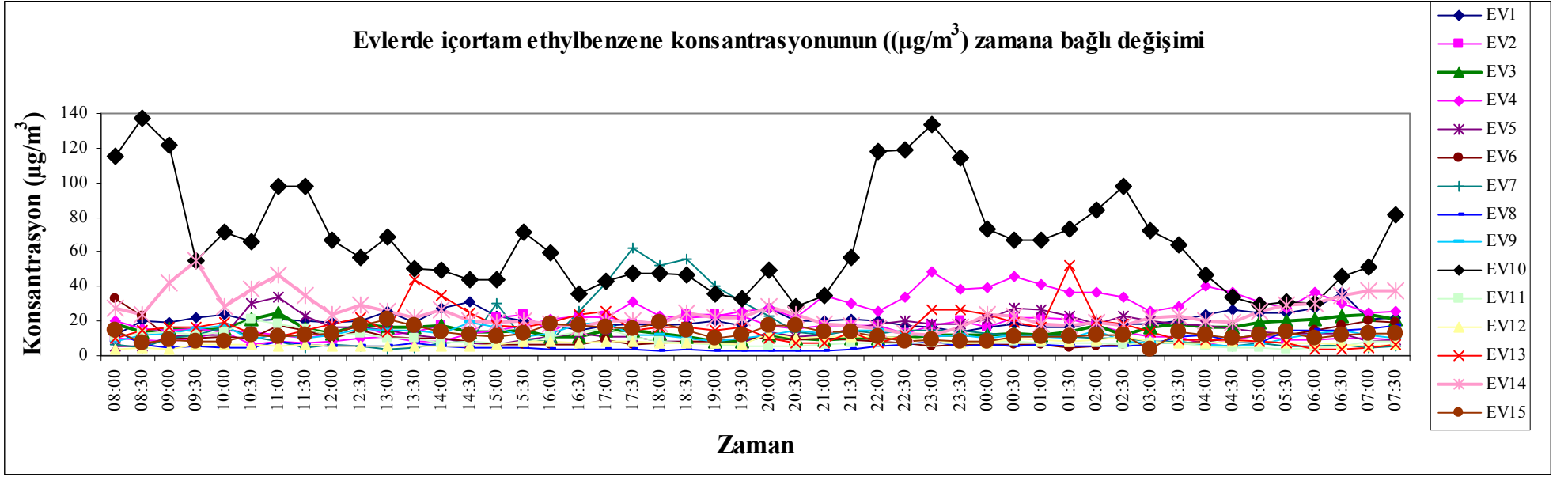
Ofislerde iç ortam m,p,o-xylene konsantrasyonunun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zamana bağlı değişimi



Şekil 7.10. Ofislerde Kış Mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (*m,p,o*-ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri



Şekil 7.11. Evlerde Kış Mevsimi İç Ortam Benzen ve Toluene Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri



Şekil 7.12. Evlerde Kış mevsimi İç Ortam Etilbenzen ve Ksilen (*m,p,o*-ksilen) Konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zamana Bağlı Değişimleri

7.3. Uçucu Organik Bileşiklerin Pasif Örneklemeye Sonuçlarının Tartışılması

7.3.1. Yaz Mevsimi Sonuçlarının Tartışılması

Tablo 7.7, Tablo 7.8 ve Tablo 7.9’da yaz mevsiminde ev, ofis ve okullarda yapılan UOB pasif örnekleme iç ortam, dış ortam ve kişisel örnekleme sonuçlarının ortalama, standart sapma ve ortanca değerleri alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

UOB’lerin pasif örnekleme sonuçlarının verildiği Bölüm 6’dan hatırlanacağı üzere belirlenen 35 UOB bileşiğinin toplamları göz önüne alındığında en yüksek konsantrasyon düzeylerine kişilerde rastlandığı bunu iç ortam ve dış ortam düzeylerinin takip ettiği belirtilmişti. Ayrıca en yüksek kişisel maruziyet düzeylerine sırasıyla ofisler, evler ve okullarda örneklenen kişilerde rastlanılmıştı. Bunun yanısıra aynı evde yaşayan fakat biri çalışan diğeri ev kadını olan kişilerde elde edilen sonuçlar incelendiğinde aynı evde yaşayan kişilerde, çalışanların maruz kaldığı UOB konsantrasyonlarının ev kadınlarının maruz kaldığı konsantrasyonlara nazaran oldukça yüksek olduğu bildirilmişti. Hegzan, Benzen, Toluen, m,p-ksilen, o-ksilen, 1,2,4-trimetilbenzen, andekan ve dodekan bileşikleri için, evlerde iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyonları birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Bu durum bu bileşiklerin hem iç hem de dış ortamlarda baskın kaynakları olduğunu göstermektedir. Bunun yanında metilsiklopentan, heptan, 2,3,4-trimetilpentan, 2-metilheptan, 3-metilheptan, stiren, etilbenzen ve nonan bileşikleri için, evlerde iç ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyonları birbiri ile uyumlu iken dış ortam konsantrasyonlarından 2-3 kat dolaylarında fazladır. Bu sonuç bu bileşikler için dış ortamdan ziyade iç ortamlarda daha baskın kaynakların olduğuna işaret etmektedir.

1,2,4-trimetilbenzen, 1,3,5-trimetilbenzen, dekan, andekan ve dodekan bileşikleri için, ofislerde iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyonları birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Bu durum bu bileşiklerin hem iç hem de dış ortamlarda baskın kaynakları olduğunu göstermektedir. Geri kalan tüm UOB’ler için, ofislerin iç ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyonları birbiri ile uyumlu iken dış ortam konsantrasyonlarından 2 kat dolaylarında fazladır. Elde edilen sonuç, bu bileşiklerin dış ortamdan ziyade iç ortamlarda daha baskın kaynakları olduğuna işaret etmektedir. Ev ve ofislerde elde edilen sonuçlar, hem evler hem de ofislerde 1,2,4-trimetilbenzen, andekan ve dodekan bileşiklerinin iç ortamlarda baskın olduğunu göstermektedir.

Metilsiklopentan, 2,3-dimetilpentan, etilbenzen, m,p-ksilen, stiren, dekan, 1,2,3-trimetilbenzen ve andekan bileşikleri için, okullarda iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyonları birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Okulların iç ortamlarında önemli bir UOB kaynağı bulunmadığından bu durum bu bileşiklerin dış ortamlarda baskın kaynakları olduğunu ve taşınım yoluyla iç ortamlara ulaştığını göstermektedir.

Kişi/İç Ortam, İç Ortam/Dış Ortam ve Kişi/Dış Ortam konsantrasyon oranları hesaplanarak ev, okul ve ofislerde tesbit edilen konsantrasyonlar için hangi ortamların daha baskın olduğu tesbit edilmeye çalışılmıştır (Tablo 7.10). Sözü edilen oranların 35 UOB için ortalamaları gözönüne alındığında, Kişi/İç Ortam oranlarının evler, ofisler ve okullarda 1'e yakın (1,04-1,11) olduğu tesbit edilmiştir. Kişiler vaktinin çoğunu iç ortamlarda geçirmesi nedeniyle maruz kaldıkları UOB konsantrasyonlarına iç ortamların katkısının büyük olduğu ortaya çıkmaktadır. Aynı oranlar İç Ortam/Dış Ortam ve Kişi/Dış Ortam oranlarında farklılıklar göstermektedir. Her iki oranın 2'ye yakın olması, dış ortamların iç ortam ve kişilerin maruz kaldıkları kirliliğe etkisinin olduğunu ancak iç ortamlardaki kirleticilerin tesbit edilen UOB'lerde daha baskın olduğunu göstermektedir. Aynı evde yaşayan, biri ev kadını diğeri ise çalışan kişiler ile yapılan örnekleme sonuçları gözönüne alındığında toplam 35 UOB cinsinden çalışan/çalışmayan oranının 1,38 olarak bulunması aynı evde yaşayan kişilerden çalışan kişilerin ev kadınlarına nazaran daha yüksek UOB maruziyetine işaret etmektedir.

Çalışma sonucunda farklı özelliklere sahip olan bölgelerdeki UOB konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla trafiğin yoğun olduğu kent merkezi, hem trafik hem sanayi'nin yoğun olduğu endüstri bölgesi ve sanayi ve trafikten nispeten uzak bölgeler örnekleme noktaları olarak seçilmiş ve bu sayede aralarındaki farklılıkların sorgulanması sağlanmıştır. Trafiğin yoğun olduğu Kentsel Alanlar, Sanayi'nin yoğun olduğu Endüstriyel Alanlar ve Sanayi ve Trafikten Uzak Alanlarda yaz mevsiminde yapılan dış ortam örnekleme sonuçları Şekil 7.13'de verilmektedir. İncelenen 35 UOB bileşiğinin toplamları göz önüne alındığında Kentsel Alanlarda elde edilen toplam UOB konsantrasyonlarının Endüstriyel Alanlarda elde edilen değerlere nazaran yüksek olması sanayiinin tesbit edilen UOB'lere katkısının olmadığı anlamına gelmemektedir. Toplamda elde edilen bu değerleri her bir bileşik için incelediğimizde yaz mevsiminde 3 farklı bölgede incelenen bileşiklerin bazılarının Kentsel Alanlarda bazılarının da Sanayinin yoğun olduğu Endüstriyel Alanlarda yüksek konsantrasyonlara sahip olduğunu görülmektedir. Ayrıca Kentsel ve Endüstriyel Alanlarda elde edilen UOB konsantrasyonlarının Sanayii ve Trafikten Uzak Alanlarda elde edilen konsantrasyonlardan oldukça yüksek olması trafik ve sanayiinin tesbit edilen UOB'lere olan katkısının ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 7.13'de incelendiğinde trafiğin belirteci olan Benzen'in Kentsel alanlarda daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 7.7. Yaz Mevsiminde Evlerde UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri

Bileşenler	İç Ortam			Dış Ortam			Kişisel Maruziyet		
	Ort.	SS ^a	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca
Hegzan	9,31	6,55	7,78	9,72	7,61	7,46	9,73	6,19	8,46
Metilsiklopentan	10,89	8,66	7,33	4,83	3,57	4,20	11,08	11,44	8,41
2,4-dimetilpentan	8,19	11,00	4,61	5,80	7,17	3,52	6,05	5,04	4,61
Benzen	8,88	5,41	6,87	10,03	5,76	7,56	10,06	6,77	8,70
Siklohegzan	6,58	3,41	5,78	5,03	2,33	5,31	7,82	4,08	7,77
2,3-dimetilpentan	8,25	4,80	7,25	7,69	5,17	6,14	9,57	5,10	8,24
2-metilhegzan	5,88	4,45	4,03	3,74	2,67	2,68	7,23	5,89	7,37
3-metilhegzan	2,67	1,86	2,08	1,50	1,13	1,12	3,54	3,57	2,78
2,2,4-trimetilpentan	6,85	5,25	5,69	3,67	2,60	2,47	7,75	5,93	7,14
Heptan	5,49	3,56	4,37	2,42	1,14	2,37	6,35	5,05	6,29
Metilsiklohegzan	5,49	3,30	4,35	3,60	2,27	2,88	6,34	4,27	6,51
2,3,4-trimetilpentan	3,80	2,38	3,08	1,62	1,24	1,25	5,17	3,55	4,15
2-metilheptan	1,41	1,32	0,82	0,57	0,57	0,41	1,16	1,26	0,77
Toluen	44,19	56,52	23,67	30,72	42,26	15,08	55,28	71,61	34,98
3-metilheptan	4,37	5,02	2,23	1,75	1,28	1,23	4,96	5,42	2,54
Oktan	4,18	3,12	3,17	2,67	1,65	2,01	4,80	4,32	2,76
Etilbenzen	13,07	12,30	6,16	4,49	2,97	2,86	14,82	16,39	7,39
m,p-ksilen	12,30	8,29	9,46	12,76	12,15	8,93	14,78	12,93	7,87
Stiren	9,39	10,60	6,54	4,19	1,55	4,03	9,51	12,13	6,50
o-ksilen	5,73	3,95	4,76	6,89	6,99	3,86	7,13	6,44	3,63
Nonan	9,05	7,77	6,66	5,30	3,80	3,78	10,99	8,83	6,51
Isopropilbenzen	4,98	3,67	3,23	2,61	1,83	1,75	6,69	5,57	4,59
Propibenzen	4,99	3,03	4,11	2,79	1,35	2,12	5,62	3,95	4,19
1,3,5-trimetilbenzen	3,34	3,01	2,19	1,87	1,21	1,40	3,83	3,38	2,59
3-etiltoluen	3,57	2,83	2,59	1,49	1,23	1,27	3,96	3,76	2,24
4-etiltoluen	2,77	2,82	2,13	2,82	3,37	1,25	1,72	2,86	0,88
2-etiltoluen	4,05	2,62	3,20	2,46	1,89	1,60	4,26	2,90	3,17
Dekan	4,74	3,41	3,74	2,70	1,38	2,71	5,25	4,23	3,99
1,2,4-trimetilbenzen	2,35	1,92	2,04	2,47	2,34	1,11	2,51	2,36	1,34
1,2,3-trimetilbenzen	4,48	2,94	3,53	2,32	2,26	1,42	5,14	3,79	3,59
1,3-dietilbenzen	2,07	1,95	1,95	2,49	3,19	0,64	1,48	1,81	0,77
1,4-dietilbenzen	2,08	1,80	1,57	1,40	1,50	0,87	2,16	2,50	1,34
Andekan	4,26	2,45	4,15	4,31	3,88	3,12	4,74	3,39	3,01
Dodekan	4,64	1,89	4,47	6,01	5,46	4,96	5,15	2,52	5,12

^a Standart Sapma

Tablo 7.8. Yaz Mevsiminde Ofislerde UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri

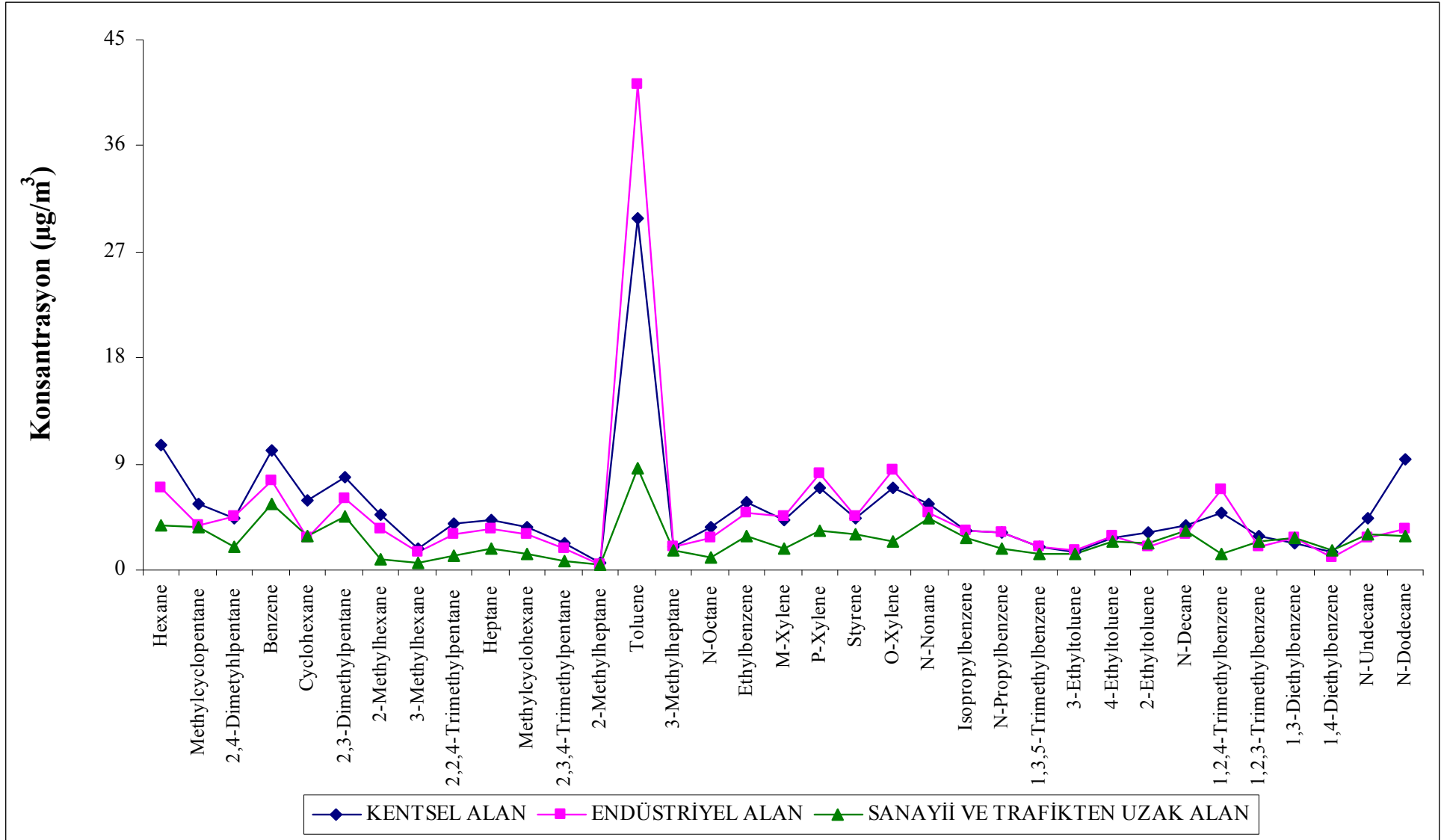
Bileşenler	İç Ortam			Dış Ortam			Kişisel Maruziyet		
	Ort.	SS	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca
Hegzan	20,93	23,69	10,47	7,16	8,89	3,47	11,95	9,71	10,05
Metilsiklopentan	15,56	14,56	7,72	5,06	4,02	4,08	15,36	14,47	11,13
2,4-dimetilpentan	7,18	6,78	4,90	2,22	2,82	1,02	4,63	3,78	3,57
Benzen	11,95	8,99	9,82	7,83	6,95	5,13	9,75	5,10	8,26
Siklohegzan	6,01	4,18	5,31	3,77	2,44	3,08	6,55	5,23	5,93
2,3-dimetilpentan	14,26	12,31	10,77	5,15	2,53	5,49	9,99	5,35	11,56
2-metilhegzan	15,34	17,46	12,24	3,87	2,64	2,89	13,53	11,03	9,81
3-metilhegzan	4,40	2,96	3,83	1,66	1,32	1,21	4,59	2,72	3,99
2,2,4-trimetilpentan	10,67	9,63	7,00	3,07	1,39	2,98	9,88	10,02	7,11
Heptan	9,40	6,08	6,94	4,92	4,29	3,54	9,87	5,77	7,55
Metilsiklohegzan	6,46	4,36	5,99	2,81	1,18	2,65	6,08	2,57	5,33
2,3,4-trimetilpentan	10,78	11,61	5,61	2,22	1,37	1,76	6,50	3,30	6,48
2-metilheptan	1,67	2,25	0,76	0,41	0,13	0,39	2,37	5,15	0,83
Toluen	53,98	32,30	50,79	33,73	30,54	13,54	62,27	38,60	56,88
3-metilheptan	4,40	3,04	3,93	2,36	1,95	1,89	4,23	3,45	3,27
Oktan	6,53	3,75	7,05	3,44	2,49	2,90	7,61	6,53	5,80
Etilbenzen	11,13	6,39	9,16	5,57	2,97	4,76	15,46	9,72	14,29
m,p-ksilen	14,37	7,83	15,05	9,24	5,92	6,95	15,13	7,50	15,17
Stiren	8,99	4,99	7,38	3,90	1,88	3,49	7,97	5,13	6,65
o-ksilen	10,80	7,33	12,33	6,88	5,61	3,67	9,95	6,45	8,96
Nonan	9,75	5,14	9,81	5,23	3,13	5,10	10,16	6,15	9,01
Isopropilbenzen	6,00	3,22	6,09	3,90	2,49	2,73	6,66	3,49	6,63
Propibenzen	6,77	5,06	5,03	3,29	1,99	2,79	7,70	5,67	5,57
1,3.5-trimetilbenzen	2,67	1,86	1,97	1,96	1,69	1,51	3,36	2,05	3,35
3-etiltoluen	2,59	2,17	2,02	1,73	1,62	1,30	2,63	2,00	2,13
4-etiltoluen	4,56	3,40	3,89	3,01	2,33	2,12	3,36	2,98	2,82
2-etiltoluen	3,72	2,18	3,40	3,21	2,01	2,22	3,92	2,08	3,96
Dekan	3,92	1,84	3,61	3,83	2,80	2,88	6,09	3,51	4,91
1,2,4-trimetilbenzen	2,34	0,98	2,18	5,54	8,87	1,67	8,07	10,74	2,36
1,2,3-trimetilbenzen	4,47	3,49	3,68	2,66	1,98	1,77	4,77	3,67	3,61
1,3-dietilbenzen	2,80	2,05	2,68	2,45	2,41	1,27	3,84	3,08	3,18
1,4-dietilbenzen	2,35	1,32	2,00	1,52	1,04	1,04	2,46	1,87	1,96
Andekan	6,05	3,18	4,91	3,13	1,91	3,73	7,07	4,69	5,03
Dodekan	6,87	2,58	6,61	6,87	7,34	4,87	8,50	4,16	6,97

Tablo 7.9. Yaz Mevsiminde Okullarda UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri

Bileşenler	İç Ortam			Dış Ortam			Kişisel Maruziyet		
	Ort.	SS	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca
Hegzan	5,02	3,11	6,42	6,40	2,52	6,32	14,89	15,11	11,23
Metilsiklopentan	5,61	2,51	4,74	3,54	1,71	3,49	4,71	1,42	4,44
2,4-dimetilpentan	4,40	1,08	4,13	2,09	1,65	1,46	3,95	1,31	3,79
Benzen	7,50	3,22	6,67	4,77	1,63	3,92	6,80	3,09	5,24
Siklohegzan	4,65	2,71	4,21	3,87	3,08	2,36	3,81	2,02	2,66
2,3-dimetilpentan	9,58	3,81	7,57	8,03	2,30	7,06	9,96	3,51	9,90
2-metilhegzan	5,47	4,05	6,26	3,22	2,98	2,33	7,76	7,56	4,37
3-metilhegzan	2,42	1,23	2,90	1,67	0,76	2,10	3,64	3,84	1,72
2,2,4-trimetilpentan	5,31	3,52	6,49	1,98	1,51	2,29	4,55	2,63	4,52
Heptan	11,65	9,87	9,45	5,68	3,47	7,03	7,34	2,87	6,91
Metilsiklohegzan	6,43	5,00	6,06	2,00	1,20	1,97	3,38	1,16	3,84
2,3,4-trimetilpentan	7,52	7,21	5,77	2,47	1,70	3,33	3,94	2,43	3,75
2-metilheptan	1,02	1,02	0,49	0,37	0,13	0,32	0,97	1,13	0,38
Toluen	55,05	21,24	44,78	18,15	10,70	22,70	45,09	28,16	33,47
3-metilheptan	3,91	1,59	3,84	1,82	1,34	1,27	2,06	2,00	1,56
Oktan	4,25	2,89	4,28	3,17	1,92	3,30	3,10	1,78	2,69
Etilbenzen	11,11	8,18	9,03	6,10	3,87	8,16	9,45	4,43	9,62
m,p-ksilen	9,55	5,03	11,93	6,80	2,94	8,20	9,55	2,82	10,53
Stiren	7,20	3,80	7,81	5,71	3,04	5,72	6,94	3,32	7,57
o-ksilen	5,88	4,68	4,87	5,62	3,32	7,43	7,11	3,62	9,05
Nonan	9,31	3,92	10,52	4,49	2,84	4,49	6,02	3,16	4,84
Isopropilbenzen	6,15	3,20	7,10	4,29	1,95	5,32	6,38	1,25	6,88
Propibenzen	5,02	3,48	4,50	2,94	1,90	4,03	3,69	2,07	2,60
1,3,5-trimetilbenzen	3,13	3,28	1,49	1,44	0,90	0,97	4,39	2,87	5,77
3-etiltoluen	2,31	1,52	2,16	1,23	0,48	1,50	2,49	1,40	2,40
4-etiltoluen	3,11	1,22	3,39	1,28	0,52	1,45	3,83	2,24	4,55
2-etiltoluen	3,96	2,95	2,75	1,51	0,52	1,64	3,85	3,41	2,54
Dekan	5,42	3,34	4,03	6,09	2,28	5,31	5,28	3,29	4,53
1,2,4-trimetilbenzen	7,95	9,87	2,35	15,57	12,51	19,22	9,81	12,56	3,42
1,2,3-trimetilbenzen	3,29	1,68	2,64	3,17	0,94	3,53	3,13	1,35	2,87
1,3-dietilbenzen	2,02	1,40	1,45	2,71	3,04	1,15	2,70	3,17	0,93
1,4-dietilbenzen	1,61	0,54	1,85	1,14	0,30	1,00	1,39	0,26	1,50
Andekan	3,14	1,05	2,95	2,60	0,92	2,16	2,39	0,98	2,79
Dodekan	4,72	3,68	3,14	8,39	6,37	7,44	10,21	6,92	11,25

Tablo 7.10. Yaz Örneklemesinde Ev, Ofis ve Okullarda Kişi/İç Ortam, İç Ortam/Dış Ortam, Kişi/Dış Ortam ve Çalışan/Çalışmayan Konsantrasyon Oranları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	KİŞİ / İÇ ORTAM			İÇ ORTAM / DIŞ ORTAM			KİŞİ / DIŞ ORTAM			ÇALIŞAN / ÇALIŞMAYAN
	OKUL	OFİS	EV	OKUL	OFİS	EV	OKUL	OFİS	EV	EVLER
Hegzan	2,97	0,57	1,05	0,78	2,92	0,96	2,32	1,67	1,00	1,63
Metilsiklopentan	0,84	0,99	1,02	1,59	3,08	2,26	1,33	3,04	2,30	2,13
2,4-dimetilpentan	0,90	0,64	0,74	2,10	3,23	1,41	1,89	2,09	1,04	2,95
Benzen	0,91	0,82	1,13	1,57	1,53	0,89	1,43	1,24	1,00	2,03
Siklohegzan	0,82	1,09	1,19	1,20	1,59	1,31	0,98	1,74	1,55	0,84
2,3-dimetilpentan	1,04	0,70	1,16	1,19	2,77	1,07	1,24	1,94	1,24	1,77
2-metilhegzan	1,42	0,88	1,23	1,70	3,97	1,57	2,41	3,50	1,94	1,95
3-metilhegzan	1,51	1,04	1,33	1,45	2,65	1,77	2,18	2,77	2,36	2,33
2,2,4-trimetilpentan	0,86	0,93	1,13	2,69	3,48	1,87	2,31	3,22	2,11	2,70
Heptan	0,63	1,05	1,16	2,05	1,91	2,27	1,29	2,01	2,62	1,66
Metilsiklohegzan	0,53	0,94	1,15	3,22	2,30	1,53	1,70	2,16	1,76	0,83
2,3,4-trimetilpentan	0,52	0,60	1,36	3,05	4,86	2,35	1,60	2,93	3,19	1,85
2-metilheptan	0,95	1,42	0,82	2,76	4,04	2,48	2,62	5,74	2,04	1,50
Toluen	0,82	1,15	1,25	3,03	1,60	1,44	2,48	1,85	1,80	1,94
3-metilheptan	0,53	0,96	1,13	2,14	1,86	2,50	1,13	1,79	2,84	1,13
Oktan	0,73	1,16	1,15	1,34	1,90	1,56	0,98	2,21	1,80	1,55
Etilbenzen	0,85	1,39	1,13	1,82	2,00	2,91	1,55	2,78	3,30	1,17
m,p-ksilen	1,00	1,05	1,20	1,41	1,56	0,96	1,40	1,64	1,16	1,25
Stiren	0,96	0,89	1,01	1,26	2,31	2,24	1,22	2,05	2,27	0,93
o-ksilen	1,21	0,92	1,24	1,05	1,57	0,83	1,27	1,45	1,03	1,63
Nonan	0,65	1,04	1,21	2,07	1,87	1,71	1,34	1,94	2,07	0,99
Isopropilbenzen	1,04	1,11	1,34	1,43	1,54	1,91	1,49	1,71	2,56	0,98
Propilbenzen	0,73	1,14	1,13	1,71	2,06	1,79	1,26	2,34	2,01	0,97
1,3,5-trimetilbenzen	1,40	1,26	1,15	2,18	1,36	1,78	3,05	1,71	2,04	1,26
3-etiltoluen	1,08	1,02	1,11	1,89	1,49	2,40	2,03	1,52	2,66	0,71
4-etiltoluen	1,23	0,74	0,62	2,43	1,51	0,98	2,99	1,12	0,61	0,89
2-etiltoluen	0,97	1,05	1,05	2,62	1,16	1,65	2,55	1,22	1,73	0,81
Dekan	0,97	1,55	1,11	0,89	1,02	1,75	0,87	1,59	1,94	0,80
1,2,4-trimetilbenzen	1,23	3,45	1,07	0,51	0,42	0,95	0,63	1,46	1,01	1,09
1,2,3-trimetilbenzen	0,95	1,07	1,15	1,04	1,68	1,94	0,99	1,79	2,22	0,69
1,3-dietilbenzen	1,34	1,37	0,72	0,74	1,14	0,83	1,00	1,57	0,59	1,21
1,4-dietilbenzen	0,86	1,05	1,04	1,42	1,55	1,49	1,22	1,62	1,54	0,90
Andekan	0,76	1,17	1,11	1,21	1,93	0,99	0,92	2,26	1,10	1,10
Dodekan	2,17	1,24	1,11	0,56	1,00	0,77	1,22	1,24	0,86	1,03
Ortalama	1,04	1,10	1,11	1,70	2,07	1,60	1,61	2,07	1,79	1,38



Şekil 7.13. Yaz Mevsiminde Kentsel, Endüstriyel, Sanayii ve Trafikten Uzak Alanların Dış Ortam UOB Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

7.3.2 Kış Mevsimi Sonuçlarının Tartışılması

Tablo 7.11, Tablo 7.12 ve Tablo 7.13’de kış mevsiminde ev, ofis ve okullarda yapılan UOB pasif örnekleme iç ortam, dış ortam ve kişisel örnekleme sonuçlarının ortalama, standart sapma ve ortanca değerleri alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bölüm 6’dan hatırlanacağı üzere kış mevsiminde belirlenen 35 UOB bileşiğinin toplamları göz önüne alındığında en yüksek konsantrasyon düzeylerine yaz mevsiminde olduğu gibi kişilerde rastlandığı bunu iç ortam ve dış ortamların takip ettiği belirtilmişti. Ayrıca en yüksek kişisel maruziyet düzeylerine sırasıyla ofisler, okullar ve evlerde örneklenen kişilerde rastlanılmıştı. Bunun yanısıra aynı evde yaşayan fakat biri çalışan diğeri ev kadını olan kişilerde elde edilen sonuçlar incelendiğinde aynı evde yaşayan kişilerde, çalışanların maruz kaldığı UOB konsantrasyonlarının ev kadınlarının maruz kaldığı konsantrasyonlara nazaran oldukça yüksek olduğu bildirilmişti.

Kış mevsiminde evlerde yapılan UOB pasif örnekleme sonuçları yaz örneklemesine oranla farklılıklar göstermektedir. Kışın incelenen tüm bileşikler için, evlerde iç ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyonları birbiri ile uyumlu iken dış ortam konsantrasyonlarından 2-4 kat dolaylarında fazladır (Tablo 7.11). Bu sonuç bu bileşikler için dış ortamdan ziyade iç ortamlarda daha baskın kaynakların olduğuna işaret etmektedir. Burada söz edilmesi gereken önemli noktalardan birisi yaz mevsiminde ev iç ortamlarında gözlenen UOB kirlilik düzeyleri kış mevsiminde önemli oranda artarken dış ortam kirlilik düzeylerinin azalmış olması kış mevsiminde dış ortamdan ziyade iç ortamlarda daha baskın kaynakların olduğuna işaret etmektedir. Kış mevsiminde iç ortamlarda daha fazla süre geçirilmesi nedeniyle yapılan çeşitli faaliyetlerde artış, pencerelerin yaz mevsiminde olduğu kadar açık tutulmaması ve klima bulunmaması nedeniyle havanın tazelenememesi iç ortam kalitesindeki mevsimsel farklılığı açıklamaktadır.

Hemen hemen incelenen tüm UOB’ler için, ofislerin iç ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyonları birbiri ile uyumlu iken yaz mevsimi örneklemesindeki benzer şekilde dış ortam konsantrasyonlarından 2 kat dolaylarında fazladır (Tablo 7.12). Bu sonuç ofislerde belirlenen bileşiklerin baskın iç ortam kaynakları olduğunu, dış ortamın iç ortama olan katkısının yaz mevsimindeki kalan güçlü olmadığını göstermektedir.

Okullarda yapılan kış mevsimi pasif örnekleme sonuçları, evler ve ofislerden farklı olarak iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyonları birbiri ile uyumlu bulunmuştur (Tablo 7.13). Okullar önemli iç ortam UOB kaynaklarına sahip olmadığından dış ortamların iç ortamlarda gözlenen kirlilik düzeylerinde etkisinin yüksek olduğunu ve kirleticilerin taşınım yoluyla iç ortamlara ulaştığını göstermektedir.

Kişi/İç Ortam, İç Ortam/Dış Ortam ve Kişi/Dış Ortam konsantrasyon oranları hesaplanarak (Tablo 7.14) ev, okul ve ofislerde tesbit edilen konsantrasyonlar için hangi

ortamların daha baskın olduğu tesbit edilmeye çalışılmıştır. Sözü edilen oranların 35 UOB için ortalamaları gözönüne alındığında, yaz mevsimindekine benzer şekilde kış mevsiminde de Kişi/İç Ortam oranlarının evler, ofisler ve okullarda 1'e yakın (0,95-1,13 aralığında) olduğu tesbit edilmiştir. Kişiler vaktinin büyük bir bölümünü iç ortamlarda geçirmesi nedeniyle maruz kaldıkları UOB konsantrasyonlarına iç ortamların katkısının büyük olduğu ortaya çıkmaktadır. Aynı oranlar İç Ortam/Dış Ortam ve Kişi/Dış Ortam oranlarında farklılıklar göstermektedir. Her iki oran yaz mevsiminde 2 dolaylarında iken kışın artarak 3'e yakın olması, tespit edilen iç ortam ve kişisel maruziyet düzeylerinde iç ortamlardaki kirletici kaynaklarının etkisinin dış ortamlara nazaran daha baskın olduğunu göstermektedir. Aynı evde yaşayan, biri ev kadını diğeri ise çalışan kişiler ile yapılan örneklemelerin sonuçları gözönüne alındığında toplam 35 UOB cinsinden yaz mevsiminde 1,38 olarak hesaplanan çalışan/çalışmayan oranının kış mevsiminde 1,39 (tablo 7.14) olarak bulunmuştur. Bu durum aynı evde yaşayan kişilerden çalışan kişilerin ev kadınlarına nazaran daha yüksek UOB maruziyetine işaret etmektedir.

Çalışma sonucunda farklı özelliklere sahip olan bölgelerdeki UOB konsantrasyonları arasındaki farklılıklar trafiğin yoğun olduğu kent merkezi, hem trafik hem sanayi'nin yoğun olduğu endüstri bölgesi ve sanayi ve trafikten nispeten uzak bölgelerde belirlenmiştir. Trafiğin yoğun olduğu Kentsel Alanlar, Sanayi'nin yoğun olduğu Endüstriyel Alanlar ve Sanayi ve Trafikten Uzak Alanlarda kış mevsiminde yapılan dış ortam örnekleme sonuçları Şekil 7.14'de verilmektedir. İncelenen 35 UOB bileşiğin konsantrasyonları dikkate alındığında bazılarının Kentsel Alanlarda bazılarının da Endüstriyel Alanlarda yüksek olduğu görülmektedir. Trafiğin belirteci olan bileşikler (BTEX, 1,2,4-trimetilbenzen) kentsel alanlarda yüksek bulunurken petrokimyanın belirteci olan hexane ve heptane bileşikleri endüstrinin yoğun olduğu alanlarda yüksek bulunmuştur. Yaz mevsimi ölçüm sonuçları ile karşılaştırıldığında özellikle kentsel ve endüstriyel alanlarda elde edilen sonuçların trafik açısından bir takım farklılıklar gösterdiğini söyleyebiliriz. Yaz mevsiminde yapılan örneklemelerde trafiğin en önemli belirteci olan benzen, toluen, etilbenzen, ksilenler ve 1,2,4-trimetilbenzen bileşiklerinden sadece benzen endüstriyel alanlara oranla kentsel alanlarda daha yüksek konsantrasyonlara sahipken (Şekil 7.13) bu durum kış mevsiminde farklılıklar göstererek sözü geçen tüm trafik belirteci bileşikler kentsel alanlarda ön plana çıkmıştır. Bunun nedenerini kış mevsiminde yaz oranla trafik yoğunluğundaki ve araçların soğuk çalışma emisyonlarındaki artışı gösterebiliriz.

Tablo 7.11. Kış Mevsiminde Evlerde UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri

Bileşenler	İç Ortam			Dış Ortam			Kişisel Maruziyet		
	Ort.	SS ^a	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca
Hegzan	12,63	11,43	8,00	5,97	2,33	5,44	11,58	8,10	9,21
Metilsiklopentan	14,01	7,93	12,99	3,39	2,37	1,91	15,82	14,75	11,41
2,4-dimetilpentan	6,20	3,88	5,01	3,81	1,79	3,74	6,16	2,90	5,55
Benzen	13,06	10,90	9,28	7,82	3,71	7,58	12,07	7,65	9,32
Siklohegzan	9,29	5,23	6,73	5,33	2,79	4,27	10,02	5,63	7,78
2,3-dimetilpentan	8,00	4,73	6,69	4,12	1,82	3,74	7,62	3,20	6,87
2-metilhegzan	8,98	4,00	7,19	3,86	1,75	3,46	8,66	4,41	8,22
3-metilhegzan	2,77	1,78	2,44	1,22	0,67	1,03	2,37	1,70	1,38
2,2,4-trimetilpentan	7,37	3,60	6,20	3,43	1,41	3,43	7,20	3,09	6,84
Heptan	8,73	3,84	8,29	2,67	1,36	2,69	8,75	4,89	7,19
Metilsiklohegzan	6,96	3,92	6,59	3,42	1,45	3,26	7,16	3,01	6,55
2,3,4-trimetilpentan	3,54	1,90	3,43	1,69	0,93	1,87	2,92	1,76	3,40
2-metilheptan	2,67	2,52	1,75	0,66	0,47	0,41	2,95	3,21	2,03
Toluen	72,44	70,45	41,39	19,96	9,81	20,28	81,62	96,66	37,88
3-metilheptan	4,07	2,37	4,27	1,91	1,07	2,01	4,40	2,71	3,63
Oktan	6,51	4,88	5,37	2,54	1,91	2,11	5,94	3,47	5,10
Etilbenzen	16,90	13,56	14,59	5,31	5,39	3,54	17,11	10,18	14,65
m,p-ksilen	27,46	13,29	25,56	13,43	6,42	13,20	28,34	13,59	25,08
Stiren	11,65	4,90	8,92	4,80	2,63	4,44	12,93	5,88	12,64
o-ksilen	16,24	7,22	14,05	7,61	3,37	7,78	17,69	8,18	16,38
Nonan	13,53	7,94	10,52	3,56	1,68	3,73	15,56	10,28	13,47
Isopropilbenzen	6,26	4,58	4,62	2,00	1,35	1,58	6,52	4,42	5,09
Propibenzen	6,46	3,79	5,36	1,95	1,54	1,37	6,49	3,77	5,44
1,3,5-trimetilbenzen	4,39	1,88	3,85	1,30	0,93	1,22	4,98	2,37	4,62
3-etiltoluen	3,48	1,87	2,79	0,97	0,74	0,92	3,72	2,46	2,90
4-etiltoluen	3,51	4,53	1,72	1,41	1,92	0,62	3,83	5,49	1,76
2-etiltoluen	4,22	2,78	3,32	1,58	1,13	1,51	4,63	3,24	4,69
Dekan	5,09	3,00	4,54	1,57	1,21	1,48	6,15	3,94	5,21
1,2,4-trimetilbenzen	4,20	4,73	2,59	1,45	1,76	0,84	5,22	6,37	2,49
1,2,3-trimetilbenzen	8,04	6,01	6,14	0,87	0,79	0,64	10,44	8,01	9,87
1,3-dietilbenzen	4,40	9,74	1,59	1,28	3,09	0,38	5,81	12,33	1,46
1,4-dietilbenzen	2,70	3,41	1,76	0,90	1,06	0,40	3,36	3,71	2,38
Andekan	5,59	3,30	4,79	1,37	1,11	0,91	6,26	5,47	4,97
Dodekan	7,93	4,06	8,76	2,53	2,99	1,55	9,20	8,23	6,84

^a Standart Sapma

Tablo 7.12. Kış Mevsiminde Ofislerde UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri

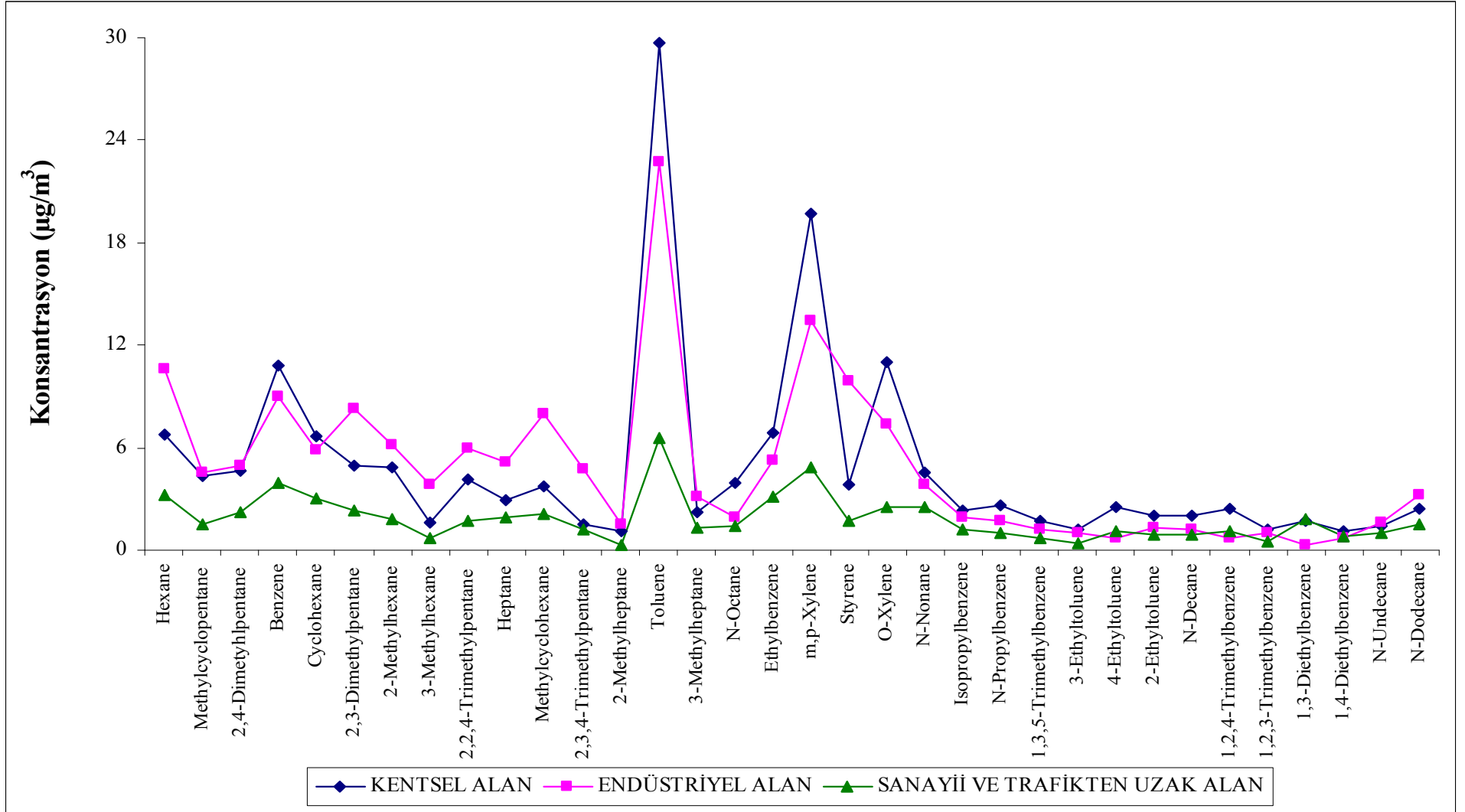
Bileşenler	İçortam			Dışortam			Kişisel Maruziyet		
	Ort.	SS	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca
Hegzan	14,68	17,23	9,24	6,75	2,80	7,18	13,86	11,52	9,89
Metilsiklopentan	14,55	10,29	12,66	4,34	2,32	3,80	16,73	8,54	15,38
2,4-dimetilpentan	8,14	7,43	6,56	4,21	2,23	3,85	7,66	6,01	6,47
Benzen	15,09	15,70	10,63	9,25	3,70	8,71	13,98	11,48	10,29
Siklohegzan	8,28	3,51	7,93	4,82	1,77	5,46	10,08	5,31	9,14
2,3-dimetilpentan	18,44	15,53	13,28	4,35	1,63	4,03	15,69	14,81	12,76
2-metilhegzan	12,16	5,83	11,00	3,88	1,23	3,98	11,97	5,40	11,82
3-metilhegzan	6,95	10,36	3,69	2,77	4,65	1,43	7,26	13,66	4,21
2,2,4-trimetilpentan	16,29	22,11	8,32	3,43	1,09	3,42	11,06	5,02	11,90
Heptan	16,85	25,53	9,13	2,88	1,13	2,68	17,82	11,78	14,40
Metilsiklohegzan	12,07	10,59	9,50	3,28	1,61	3,17	10,23	6,03	9,62
2,3,4-trimetilpentan	15,75	24,41	6,58	1,74	0,95	1,59	11,74	19,53	4,86
2-metilheptan	4,87	4,63	3,37	0,97	0,70	0,70	7,64	12,05	3,02
Toluen	104,37	120,28	66,26	25,07	13,72	23,65	122,43	109,61	84,17
3-metilheptan	4,95	2,67	5,20	2,08	1,37	2,08	6,19	4,17	4,71
Oktan	10,00	5,21	10,14	3,45	2,42	2,88	9,70	3,34	10,05
Etilbenzen	19,75	13,34	16,71	5,69	1,98	5,70	17,88	10,16	16,04
m,p-ksilen	34,50	13,27	35,21	17,34	9,18	16,87	40,42	21,23	38,58
Stiren	16,51	8,54	17,81	5,72	2,86	5,21	15,47	6,71	16,65
o-ksilen	20,75	7,62	22,52	9,78	4,81	9,93	23,97	11,65	22,41
Nonan	21,47	18,54	16,94	4,32	2,14	3,98	19,49	17,94	14,94
Isopropilbenzen	9,04	6,94	8,38	2,01	0,68	2,18	7,52	5,11	7,15
Propilbenzen	8,59	6,15	6,94	2,35	1,21	2,43	8,48	6,75	7,05
1,3,5-trimetilbenzen	5,25	2,71	5,44	1,67	0,80	1,58	5,44	3,36	5,21
3-etiltoluen	4,70	3,08	4,67	1,15	0,49	1,05	3,75	2,72	3,03
4-etiltoluen	5,42	6,63	2,88	2,59	2,29	1,93	3,81	4,79	2,40
2-etiltoluen	5,29	3,36	4,90	1,83	0,73	2,07	4,42	2,83	4,18
Dekan	7,05	4,27	6,46	2,03	0,88	2,11	5,91	3,43	5,63
1,2,4-trimetilbenzen	5,88	6,59	3,61	2,31	2,18	1,82	4,95	5,19	3,27
1,2,3-trimetilbenzen	5,61	3,40	4,94	1,60	0,78	1,49	6,59	5,50	4,09
1,3-dietilbenzen	9,05	16,48	1,32	1,62	2,07	0,72	6,11	12,42	1,41
1,4-dietilbenzen	5,02	6,95	1,77	1,23	0,96	0,93	3,28	5,36	1,30
Andekan	7,46	6,04	6,39	1,88	1,32	1,97	5,47	5,40	2,85
Dodekan	10,94	9,18	9,37	3,15	2,04	3,22	9,53	11,36	6,11

Tablo 7.13. Kış Mevsiminde Okullarda UOB'lerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Düzeylerinin Ortalama, Standart Sapma ve Ortanca Değerleri

Bileşenler	İç Ortam			Dış Ortam			Kişisel Maruziyet		
	Ort.	SS	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca	Ort.	SS	Ortanca
Hegzan	16,42	17,04	13,23	17,66	16,61	16,39	30,44	41,52	8,72
Metilsiklopentan	10,22	3,76	9,99	5,94	4,30	7,08	9,59	3,38	11,20
2,4-dimetilpentan	13,00	7,51	12,95	8,14	7,93	5,99	13,17	12,46	9,12
Benzen	19,77	20,95	13,67	16,41	13,93	16,66	31,25	43,11	8,43
Siklohegzan	11,55	6,93	15,39	12,30	8,38	17,03	13,08	9,10	11,72
2,3-dimetilpentan	18,37	24,21	5,83	17,81	20,85	10,74	18,46	28,39	2,44
2-metilhegzan	14,32	13,27	10,42	12,81	13,36	10,53	15,43	18,60	7,19
3-metilhegzan	5,97	5,07	4,45	5,39	5,71	4,00	7,15	7,60	4,44
2,2,4-trimetilpentan	12,26	15,77	4,48	12,29	13,94	8,42	15,44	17,96	6,37
Heptan	14,14	11,99	12,27	9,72	11,29	6,62	16,46	14,47	11,05
Metilsiklohegzan	18,44	26,10	5,31	17,52	23,28	7,84	20,90	28,15	6,24
2,3,4-trimetilpentan	12,59	15,02	6,59	9,45	15,53	0,65	11,51	16,85	2,58
2-metilheptan	1,95	0,97	2,17	3,74	4,26	2,29	4,25	4,03	3,26
Toluen	77,77	27,15	62,72	41,96	34,40	52,34	74,79	35,97	54,34
3-metilheptan	5,85	3,54	5,31	5,70	6,38	2,81	7,75	7,51	4,72
Oktan	4,36	2,81	3,68	3,25	3,03	2,41	5,35	2,29	5,90
Etilbenzen	12,40	5,67	13,25	8,81	6,23	11,12	12,97	8,22	9,71
m,p-ksilen	21,47	8,96	25,05	20,19	15,36	28,02	24,31	15,88	24,84
Stiren	11,80	12,37	5,48	8,20	10,91	3,19	8,11	7,24	4,37
o-ksilen	11,19	5,40	13,09	10,02	7,80	12,66	10,91	6,96	10,51
Nonan	12,06	4,71	14,37	5,37	3,94	7,48	10,48	8,61	10,59
Isopropilbenzen	4,63	1,16	5,03	2,18	1,21	2,48	3,17	2,48	1,83
Propibenzen	3,84	0,90	4,32	2,28	1,94	2,51	3,66	3,25	2,13
1,3,5-trimetilbenzen	2,53	0,58	2,45	1,14	0,85	1,05	2,80	2,19	1,54
3-etiltoluen	2,97	2,16	2,31	0,91	0,56	1,21	2,83	0,55	3,00
4-etiltoluen	1,54	1,57	0,66	0,55	0,56	0,28	0,86	0,59	0,89
2-etiltoluen	2,44	1,46	3,28	1,17	0,90	1,46	1,43	0,60	1,77
Dekan	2,00	0,69	2,02	0,60	0,41	0,56	2,79	2,04	1,66
1,2,4-trimetilbenzen	1,97	1,26	2,10	0,51	0,43	0,33	1,34	0,95	1,26
1,2,3-trimetilbenzen	1,93	1,01	1,50	0,42	0,24	0,29	4,93	5,15	3,09
1,3-dietilbenzen	2,09	2,72	0,83	0,29	0,20	0,23	0,49	0,39	0,49
1,4-dietilbenzen	1,14	0,81	0,75	0,41	0,26	0,42	0,56	0,30	0,41
Andekan	2,38	0,56	2,61	0,39	0,32	0,21	1,87	1,26	2,37
Dodekan	4,32	2,14	3,23	0,57	0,51	0,43	12,59	18,26	3,04

Tablo 7.14. Kış Örneklemesinde Ev, Ofis ve Okullarda Kişi/İç Ortam, İç Ortam/Dış Ortam, Kişi/Dış Ortam ve Çalışan/Çalışmayan Konsantrasyon Oranları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Bileşenler	Kişi / İÇ ORTAM			İÇ ORTAM / DIŞ ORTAM			Kişi / DIŞ ORTAM			ÇALIŞAN / ÇALIŞMAYAN
	OKUL	OFİS	EV	OKUL	OFİS	EV	OKUL	OFİS	EV	EVLER
Hegzan	1,85	0,94	0,92	0,93	2,18	2,11	1,72	2,05	1,94	2,46
Metilsiklopentan	0,94	1,15	1,13	1,72	3,36	4,14	1,61	3,86	4,67	0,81
2,4-dimetilpentan	1,01	0,94	0,99	1,60	1,93	1,63	1,62	1,82	1,62	2,30
Benzen	1,58	0,93	0,92	1,20	1,63	1,67	1,90	1,51	1,54	2,42
Siklohegzan	1,13	1,22	1,08	0,94	1,72	1,74	1,06	2,09	1,88	1,08
2,3-dimetilpentan	1,00	0,85	0,95	1,03	4,24	1,94	1,04	3,61	1,85	2,15
2-metilhegzan	1,08	0,98	0,96	1,12	3,13	2,33	1,20	3,09	2,25	1,82
3-metilhegzan	1,20	1,04	0,86	1,11	2,51	2,26	1,33	2,62	1,94	2,66
2,2,4-trimetilpentan	1,26	0,68	0,98	1,00	4,75	2,15	1,26	3,23	2,10	2,25
Heptan	1,16	1,06	1,00	1,45	5,85	3,27	1,69	6,18	3,28	2,41
Metilsiklohegzan	1,13	0,85	1,03	1,05	3,68	2,04	1,19	3,12	2,09	2,26
2,3,4-trimetilpentan	0,91	0,75	0,83	1,33	9,04	2,09	1,22	6,74	1,73	3,32
2-metilheptan	2,18	1,57	1,11	0,52	5,01	4,07	1,14	7,87	4,50	1,61
Toluen	0,96	1,17	1,13	1,85	4,16	3,63	1,78	4,88	4,09	0,77
3-metilheptan	1,32	1,25	1,08	1,03	2,38	2,13	1,36	2,97	2,31	1,93
Oktan	1,23	0,97	0,91	1,34	2,89	2,57	1,64	2,81	2,34	1,04
Etilbenzen	1,05	0,91	1,01	1,41	3,47	3,18	1,47	3,14	3,22	1,02
m,p-ksilen	1,13	1,17	1,03	1,06	1,99	2,04	1,20	2,33	2,11	1,10
Stiren	0,69	0,94	1,11	1,44	2,89	2,43	0,99	2,71	2,69	1,01
o-ksilen	0,97	1,16	1,09	1,12	2,12	2,13	1,09	2,45	2,32	1,07
Nonan	0,87	0,91	1,15	2,24	4,97	3,79	1,95	4,51	4,37	0,90
Isopropilbenzen	0,68	0,83	1,04	2,13	4,51	3,14	1,45	3,75	3,26	0,91
Propibenzen	0,95	0,99	1,00	1,69	3,65	3,31	1,61	3,61	3,33	0,99
1,3,5-trimetilbenzen	1,11	1,04	1,13	2,23	3,14	3,37	2,46	3,26	3,82	0,86
3-etiltoluen	0,95	0,80	1,07	3,26	4,09	3,59	3,10	3,26	3,83	0,82
4-etiltoluen	0,56	0,70	1,09	2,82	2,09	2,49	1,57	1,47	2,72	0,62
2-etiltoluen	0,59	0,83	1,10	2,08	2,89	2,68	1,22	2,41	2,93	0,67
Dekan	1,39	0,84	1,21	3,35	3,48	3,24	4,67	2,92	3,91	0,86
1,2,4-trimetilbenzen	0,68	0,84	1,24	3,85	2,54	2,90	2,62	2,14	3,61	0,85
1,2,3-trimetilbenzen	2,56	1,17	1,30	4,59	3,51	9,29	11,76	4,13	12,07	0,89
1,3-dietilbenzen	0,23	0,68	1,32	7,11	5,59	3,43	1,66	3,78	4,54	0,46
1,4-dietilbenzen	0,50	0,65	1,24	2,78	4,09	3,02	1,38	2,67	3,74	0,59
Andekan	0,79	0,73	1,12	6,12	3,96	4,09	4,81	2,90	4,58	0,96
Dodekan	2,92	0,87	1,16	7,61	3,47	3,14	22,17	3,02	3,64	1,48
Ortalama	1,13	0,95	1,07	2,24	3,56	2,97	2,65	3,32	3,26	1,39



Şekil 7.14. Kış Mevsiminde Kentsel, Endüstriyel, Sanayii ve Trafikten Uzak Alanların Dış Ortam UOB Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

7.4. Uçucu Organik Bileşiklerin Mevsimsel Değişimlerinin Tartışılması

Tablo 7.15, Tablo 7.16 ve Tablo 7.17’de çalışmada belirlenen UOBler için farklı mikroçevrelerde iç ortam, dış ortam ve kişisel örnekleme Yaz/Kış konsantrasyon oranları verilmektedir.

Evler ve ofisler için sırasıyla Tablo 7.15 ve Tablo 7.16’da görüldüğü gibi Yaz/Kış konsantrasyon oranları iç ortam ve kişi örnekleme oranlarında 1 dolaylarında bulunurken dış ortamlar için bu oran 3’e yakındır. Kişiler vaktinin büyük bir kısmını iç ortamlarda geçirdiklerinden daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi birbirine yakın iç ortam ve kişisel maruziyet düzeyleri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ev ve ofislerin dış ortamlarında yaz ve kış mevsimlerinde görülen farklılığın iç ortamlarda görülmemesi ev ve ofislerin iç ortamlarında baskın UOB kirletici kaynakların bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca yaz mevsiminde dış ortam hava sıcaklıklarının daha yüksek olması nedeniyle UOBlerin daha kolay buharlaşması dış ortam UOB konsantrasyonlarının yaz mevsiminde daha yüksek olmasının nedenleri arasındadır.

Evler ve ofislerde gözlenen Yaz/Kış konsantrasyon oranları okullarda farklılıklar göstermektedir. Okulların, evler ve ofislere nazaran dış ortamlara açık olan yüzey alanlarının daha fazla olması, özellikle yaz mevsiminde pencere ve kapıların daha fazla açık kalması nedeniyle dış ortam kirleticilerinin iç ortamlara rahatça taşınmasına kolaylık sağlamaktadır. Üstelik okulların iç ortamlarında baskın bir kirletici kaynağı bulunmaması nedeniyle okul iç ortamlarında ve kişilerde gözlenen düzeyler üzerinde doğrudan dış ortam kirleticilerinin etkisini görebilmekteyiz. Bunun sonucu olarak okullarda, evler ve ofislere göre daha yüksek dış ortam Yaz/Kış oranları (evler ve ofislerde 1,03-1,43 olan iç ortam ve kişi Yaz/Kış oranları okullarda 1,40-2,26 aralığında) elde edilmiştir.

Tablo 7.15. Evler için UOBlerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Yaz/Kış
Konsantrasyon Oranları

Bileşenler	EVLER (YAZ/KIŞ ORANLARI)								
	İÇ ORTAM			DIŞ ORTAM			KİŞİ		
	Ort.	STD	Ortanca	Ort.	STD	Ortanca	Ort.	STD	Ortanca
Hegzan	1,25	1,21	0,78	1,97	1,94	1,35	1,22	1,14	0,67
Metilsiklopentan	1,00	1,15	0,62	2,44	2,83	1,32	0,86	0,69	0,68
2,4-dimetilpentan	2,16	3,58	0,57	2,19	3,02	0,82	1,23	1,11	0,67
Benzen	1,01	0,84	0,81	1,85	2,22	1,15	1,13	1,07	0,79
Siklohegzan	0,79	0,33	0,86	1,04	0,52	0,87	0,88	0,48	0,90
2,3-dimetilpentan	1,34	1,11	1,10	2,35	2,47	1,50	1,53	1,00	1,39
2-metilhegzan	0,80	0,73	0,62	1,14	1,07	0,81	1,12	1,07	0,87
3-metilhegzan	1,51	1,57	0,97	1,48	1,18	1,04	2,58	3,93	1,12
2,2,4-trimetilpentan	1,12	0,97	0,95	1,13	0,71	0,96	1,27	1,07	1,21
Heptan	0,73	0,53	0,66	1,15	0,82	0,91	0,92	0,69	0,72
Metilsiklohegzan	0,98	0,65	0,79	1,24	1,02	1,11	1,03	0,74	1,06
2,3,4-trimetilpentan	1,32	0,81	1,40	1,36	1,36	0,82	3,56	4,80	2,25
2-metilheptan	0,80	0,86	0,45	1,11	0,82	1,07	0,96	1,45	0,35
Toluen	0,77	0,73	0,48	1,90	2,78	0,79	0,97	1,16	0,49
3-metilheptan	1,41	1,74	0,88	1,56	1,94	0,68	1,13	0,77	1,02
Oktan	0,79	0,53	0,64	2,19	3,08	0,89	0,95	0,64	0,92
Etilbenzen	0,90	0,78	0,55	1,39	1,50	0,98	0,85	0,62	0,57
m,p-ksilen	0,50	0,33	0,41	1,30	1,64	0,77	0,59	0,56	0,38
Stiren	0,92	1,06	0,64	1,24	0,94	0,91	0,84	1,08	0,65
o-ksilen	0,40	0,28	0,34	1,19	1,50	0,55	0,46	0,48	0,30
Nonan	0,82	0,72	0,56	2,20	3,23	1,33	0,79	0,56	0,67
Isopropilbenzen	1,08	0,96	0,67	1,91	1,90	1,55	1,23	1,07	0,81
Propibenzen	0,93	0,61	0,82	2,33	2,31	1,91	1,11	0,92	0,93
1,3,5-trimetilbenzen	0,83	0,80	0,55	2,21	2,62	1,42	0,87	0,79	0,62
3-etiltoluen	1,43	1,59	0,75	2,52	3,15	1,45	1,57	1,72	0,68
4-etiltoluen	1,30	1,09	1,27	4,06	4,59	3,58	0,61	0,54	0,38
2-etiltoluen	1,11	0,63	0,96	2,39	2,28	1,56	1,29	0,99	0,80
Dekan	1,04	0,71	0,68	2,80	2,98	1,99	0,94	0,70	0,82
1,2,4-trimetilbenzen	0,87	0,69	0,64	4,22	5,17	2,33	0,83	0,94	0,52
1,2,3-trimetilbenzen	0,74	0,55	0,55	5,22	5,55	3,64	0,71	0,61	0,39
1,3-dietilbenzen	1,54	1,77	0,49	9,92	15,52	2,98	0,90	1,08	0,72
1,4-dietilbenzen	1,25	1,40	1,09	6,39	10,56	2,00	0,80	0,58	0,64
Andekan	0,89	0,44	1,02	7,39	11,23	3,52	1,02	0,93	0,75
Dodekan	0,73	0,54	0,54	5,39	5,72	4,16	0,90	0,83	0,70
Ortalama	1,03	0,95	0,74	2,65	3,24	1,55	1,11	1,08	0,78

Tablo 7.16. Ofisler için UOBlerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları

Bileşenler	OFİSLER (YAZ/KIŞ ORANLARI)								
	İÇ ORTAM			DIŞ ORTAM			KİŞİ		
	Ort.	STD	Ortanca	Ort.	STD	Ortanca	Ort.	STD	Ortanca
Hegzan	3,25	4,63	0,86	1,27	1,86	0,54	2,80	6,39	0,74
Metilsiklopentan	2,05	3,42	0,86	1,41	1,29	0,80	1,49	2,50	0,71
2,4-dimetilpentan	2,31	4,73	0,75	0,58	0,58	0,38	1,91	4,35	0,50
Benzen	1,81	3,12	0,72	0,92	0,75	0,71	1,53	2,48	0,60
Siklohegzan	0,85	0,71	0,74	0,81	0,51	0,81	0,64	0,28	0,74
2,3-dimetilpentan	1,01	0,59	1,11	1,44	0,91	1,59	1,63	1,98	0,86
2-metilhegzan	1,49	1,79	1,07	1,06	0,72	0,74	1,29	1,08	1,01
3-metilhegzan	1,33	1,13	1,42	1,48	1,66	0,72	3,01	4,04	1,22
2,2,4-trimetilpentan	0,97	0,70	1,04	0,98	0,48	1,01	0,90	0,60	0,73
Heptan	1,28	1,11	0,95	2,21	2,68	1,39	0,83	0,79	0,49
Metilsiklohegzan	0,73	0,58	0,48	1,00	0,54	0,93	1,15	1,72	0,49
2,3,4-trimetilpentan	1,05	0,74	0,71	1,68	1,45	1,21	2,21	2,59	0,96
2-metilheptan	0,76	1,20	0,38	0,71	0,63	0,46	0,28	0,15	0,27
Toluen	1,48	2,01	0,58	2,03	2,84	1,03	1,30	1,64	0,61
3-metilheptan	1,30	1,10	1,25	1,54	1,22	1,10	1,10	1,06	0,51
Oktan	1,08	1,29	0,69	2,03	2,94	0,64	0,79	0,53	0,56
Etilbenzen	0,85	0,68	0,88	1,03	0,52	0,94	1,20	1,05	0,83
m,p-ksilen	0,50	0,39	0,37	0,80	0,92	0,41	0,53	0,47	0,42
Stiren	0,84	0,77	0,67	0,85	0,59	0,63	0,86	1,17	0,46
o-ksilen	0,60	0,49	0,46	0,97	1,16	0,56	0,64	0,72	0,27
Nonan	1,05	1,38	0,65	1,42	0,93	1,11	0,85	0,80	0,64
Isopropilbenzen	1,10	0,87	0,93	1,90	0,84	1,92	2,45	4,34	1,05
Propibenzen	1,16	0,99	0,93	1,80	1,40	1,27	1,38	1,52	0,83
1,3,5-trimetilbenzen	0,71	0,63	0,44	1,73	2,06	1,16	1,53	2,41	0,45
3-etiltoluen	0,76	0,59	0,66	2,23	3,29	1,23	0,88	0,74	0,73
4-etiltoluen	3,61	6,95	1,53	3,09	3,93	1,68	1,74	1,84	1,02
2-etiltoluen	1,01	0,73	0,91	1,90	0,99	1,76	1,22	0,90	0,87
Dekan	0,84	0,69	0,66	2,17	1,55	2,10	1,66	1,45	1,20
1,2,4-trimetilbenzen	1,63	2,21	0,84	4,82	8,17	0,97	2,39	3,17	0,73
1,2,3-trimetilbenzen	1,05	0,86	0,88	2,24	2,11	1,43	1,11	0,94	0,63
1,3-dietilbenzen	3,01	5,00	1,34	9,13	16,56	1,20	4,10	6,32	1,27
1,4-dietilbenzen	1,70	1,37	1,95	1,88	1,58	1,12	1,49	0,86	1,47
Andekan	3,22	5,68	1,02	7,22	12,33	1,72	2,26	1,82	1,88
Dodekan	2,23	3,46	0,85	6,21	8,53	1,38	2,05	1,85	1,69
Ortalama	1,43	1,84	0,87	2,13	2,60	1,08	1,51	1,90	0,81

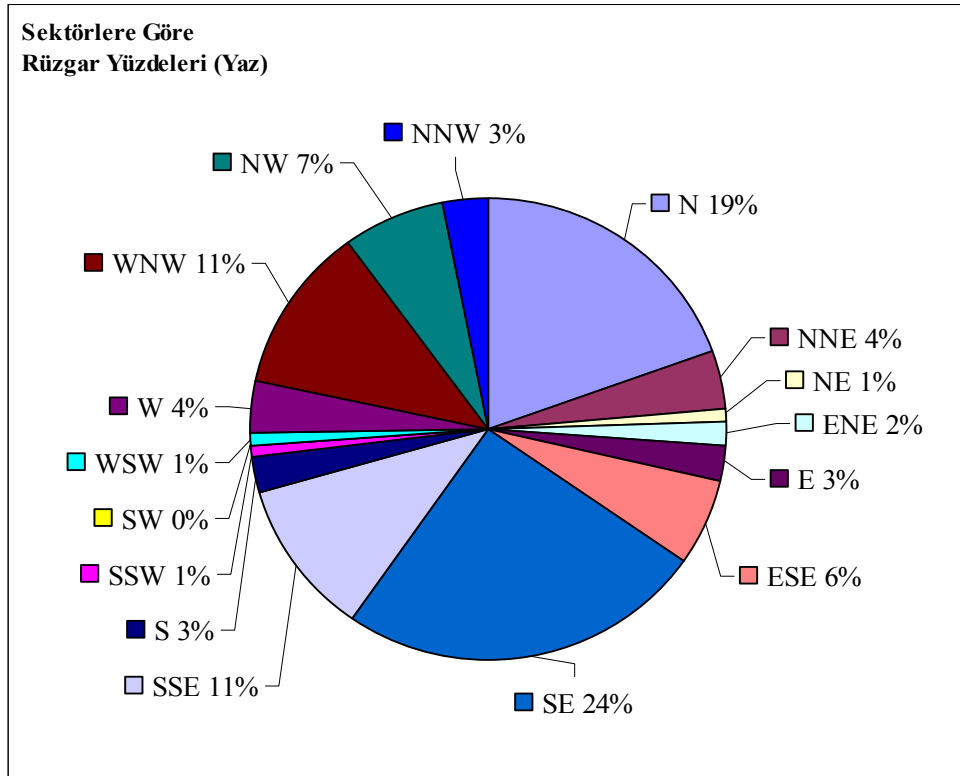
Tablo 7.17. Okullar için UOBlerin İç Ortam, Dış Ortam ve Kişisel Maruziyet Yaz/Kış Konsantrasyon Oranları

Bileşenler	OKULLAR (YAZ/KIŞ ORANLARI)								
	İÇ ORTAM			DIŞ ORTAM			KİŞİ		
	Ort.	STD	Ortanca	Ort.	STD	Ortanca	Ort.	STD	Ortanca
Hegzan	2,16	3,30	0,49	1,00	1,12	0,55	2,09	1,85	2,62
Metilsiklopentan	0,58	0,25	0,55	1,26	1,48	0,55	0,51	0,10	0,53
2,4-dimetilpentan	0,43	0,28	0,27	0,95	1,45	0,14	0,52	0,35	0,58
Benzen	0,95	0,87	0,81	0,70	0,77	0,40	0,83	0,67	1,21
Siklohegzan	0,46	0,18	0,49	0,48	0,40	0,43	0,35	0,18	0,27
2,3-dimetilpentan	1,69	1,33	2,40	2,05	2,59	0,99	3,17	2,72	3,79
2-metilhegzan	0,47	0,35	0,31	0,58	0,48	0,62	1,15	1,09	1,05
3-metilhegzan	0,50	0,19	0,56	0,76	0,72	0,53	0,94	0,85	0,89
2,2,4-trimetilpentan	0,81	0,60	0,71	0,32	0,21	0,39	0,59	0,51	0,51
Heptan	0,85	0,10	0,83	2,47	2,96	1,25	0,60	0,27	0,63
Metilsiklohegzan	0,82	0,50	1,07	0,58	0,63	0,41	0,47	0,35	0,67
2,3,4-trimetilpentan	0,76	0,21	0,88	2,30	2,57	1,64	1,09	0,77	1,45
2-metilheptan	0,57	0,44	0,56	0,34	0,43	0,12	0,35	0,33	0,32
Toluen	0,79	0,45	0,73	0,83	0,73	0,49	0,58	0,11	0,62
3-metilheptan	0,99	0,98	0,44	1,06	1,39	0,45	0,25	0,08	0,26
Oktan	1,17	0,93	0,96	1,25	0,44	1,37	0,64	0,35	0,69
Etilbenzen	0,90	0,54	0,66	0,77	0,16	0,73	0,98	0,89	0,51
m,p-ksilen	0,43	0,09	0,42	0,65	0,63	0,29	0,50	0,25	0,42
Stiren	0,88	0,51	0,81	2,04	1,75	1,79	1,10	0,58	0,96
o-ksilen	0,50	0,29	0,35	0,83	0,53	0,60	0,69	0,17	0,70
Nonan	0,98	0,81	0,73	2,19	2,81	0,94	1,98	2,87	0,46
Isopropilbenzen	1,26	0,42	1,41	2,10	0,40	2,22	2,66	1,31	3,03
Propilbenzen	1,52	1,41	1,02	1,94	1,15	1,60	1,66	1,27	1,80
1,3,5-trimetilbenzen	1,12	0,95	0,74	1,66	1,13	1,22	1,88	1,63	1,18
3-etiltoluen	0,93	0,67	0,72	1,65	0,73	1,25	0,89	0,44	1,08
4-etiltoluen	4,14	3,22	5,17	3,61	1,97	4,18	4,71	0,69	5,10
2-etiltoluen	1,82	0,86	2,23	2,63	2,66	1,34	2,84	1,89	3,42
Dekan	3,41	3,24	1,99	13,11	7,25	9,43	2,96	2,61	2,73
1,2,4-trimetilbenzen	3,51	2,51	3,28	35,20	37,78	19,20	5,71	4,15	3,97
1,2,3-trimetilbenzen	1,71	0,04	1,69	8,49	3,33	7,80	1,97	2,49	0,93
1,3-dietilbenzen	5,92	8,63	1,73	17,76	25,99	3,31	20,91	33,85	1,66
1,4-dietilbenzen	1,75	0,89	1,68	3,74	2,47	2,39	2,85	1,31	2,65
Andekan	1,32	0,29	1,26	10,14	7,19	10,38	2,92	3,74	1,00
Dodekan	1,38	1,43	0,64	19,85	14,47	17,69	5,45	8,35	0,93
Ortalama	1,40	1,11	1,14	4,27	3,85	2,84	2,26	2,33	1,43

7.5. Uçucu Organik Bileşik Kirlilik Düzeylerinin Meteorolojik Verilerle İlişkilendirilmesi

7.5.1. Yaz Örneklemesi

Yaz Örneklemesi 31 Mayıs 2006 – 29 Haziran 2006 tarihleri arasında yapılmıştır. Çalışma alanındaki hakim rüzgar yönünü belirlemek amacıyla, bu tarihlere ait Kocaeli meteoroloji istasyonundan elde edilen 16 sektöre göre rüzgar esme sayıları kullanılarak Şekil 7.15’de verilen pay grafiği hazırlanmıştır.



Şekil 7.15. Yaz Örnekleme Süresi Boyunca Her Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri

Meteoroloji istasyonu verilerinden yararlanılarak hazırlanan pay grafiğine göre yaz örneklemesi 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 ve % 0-4 arasında değişen yüzdelerde diğer sektörlerdir.

Çalışma kapsamında incelenen UOBlerin yerel kaynaklarını tahmin edebilmek amacıyla örneklem günlerine ait saatlik rüzgar yönü verileri toplanarak günlük verilere dönüştürülmüş ve rüzgar gülleri çizilmiştir. Her bir örneklem noktasındaki UOB konsantrasyonlarının yüzde değerleri ve rüzgar gülleri de Şekil 7.16’de görülmektedir.

UOB'lerin katkı yüzdeleri ve rüzgarın estiği sektörler karşılaştırılarak olası UOB kaynakları hakkında ön bir bilgi elde edilmeye çalışılmıştır.

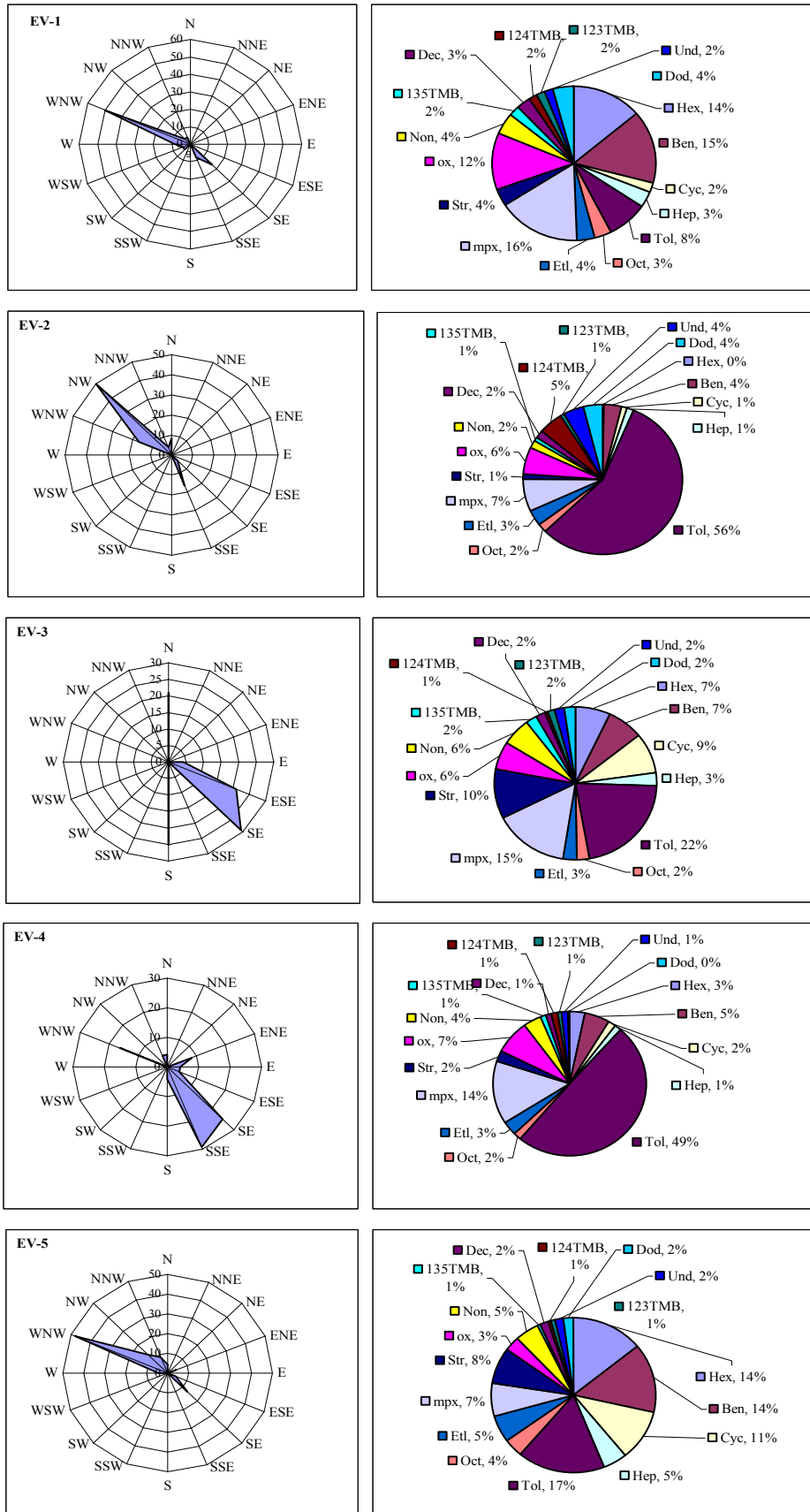
Her bir örneğe karşılık gelen en yüksek rüzgar yönü sektörleri ve rüzgarların bu sektörlerden esmesi durumunda en yüksek UOB konsantrasyonları (yüzde olarak) gruplandırılarak olası kaynaklar için iz bileşik (marker) olabilecek UOBler Tablo 7.18'de verilmiştir.

Şekil 7.15 de yaz örnekleme boyunca günlük rüzgar sektörlerinin toplanmasıyla elde edilen pasta grafiğinde örnekleme periyodunda rüzgarın en fazla Güneydoğu (SE) ve Kuzey (N) yönlerinde estiği saptanmakla birlikte uzun dönemde net bir yön ayrımı yapmak zor olmaktadır. Bununla birlikte günlük verilerde hakim rüzgar yönlerindeki ayrımlar daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Yaz ölçümleri boyunca 28 noktada yapılan ölçümlerde en fazla rastlanılan UOB toluen olmuştur. EPA'nın hazırladığı bir rapora göre (Beauregard, 1994) havada bulunan toluenin %65'i motorlu araç egzostları, benzin istasyonlarındaki aktiviteler sonucu meydana gelen kayıplar, kimyasal saçılmalar ve sigara dumanından gelmektedir. Yine aynı raporda, toluen kullanan proseslerden %33 ve toluen üretimi sırasında ise %2 toluen açığa çıktığı bildirilmektedir. Çevrede yaygın olarak bulunan toluenin bu nedenle rüzgar yönüyle ilişkilendirilmesi zor olmaktadır. Tablo 7.18 incelendiğinde hemen hemen tüm örneklerde ve tüm rüzgar sektörlerinde en yüksek payı toluen oluşturmaktadır. Her bir örnekleme noktasının çevresindeki olası UOB kaynakları ayrı olduğundan değerlendirmenin doğru yapılabilmesi için noktasal çalışmalar yapılmalıdır. OFİS-3 ve OFİS 6 kuzey ve batı-kuzeybatı ağırlıklı rüzgarlara maruz kalmış ve toluen'in yüzdesel olarak en yüksek değerleri bu noktalarda saptanmıştır. Bu iki nokta trafik yükü en fazla olan noktalardır. Bu nedenle bu noktalarda yüksek oranlarda rastlanılan toluenin yanı sıra m,p-ksilen, o-ksilen, ve benzen bileşiklerinde yüksek miktarlarda görülmeleri nedeniyle bu bileşiklerin trafiğin iz bileşikleri oldukları söylenebilir. Tüm noktalarda BTEX olarak adlandırılan benzen, toluen, etilbenzen ve ksilenler grubunun düzeylerinin yüksek olması göze çarpmakta ve bunların trafik kaynaklı bir kirletici olduğu bu sonuçlarla desteklenmektedir.

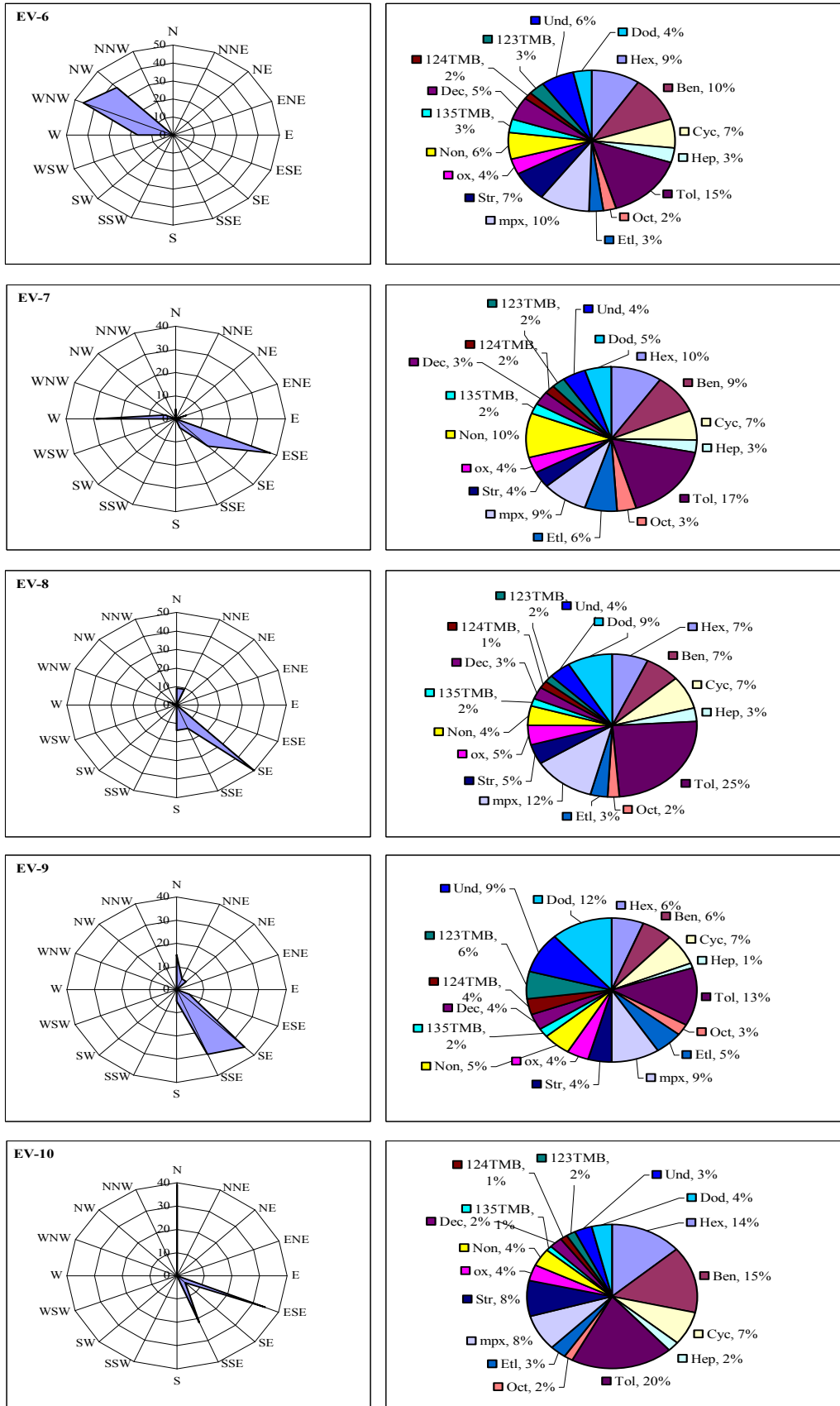
Körfez Bölgesindeki örnekleme noktalarının doğu, güneydoğu yönlerinde bulunan rafineri, karbon siyahı ve LPG dolun tesisleri bu yöndeki en önemli UOB kaynakları olarak düşünülmektedir. Bu bölgedeki bir diğer hakim rüzgar yönü olan batı-kuzeybatı yönünde ise trafik dışındaki en önemli kaynak örnekleme noktalarına yaklaşık 2 km uzaklıkta bulunan motor ve sanayi yağları harmanlama ve depolama tesisidir. Körfez bölgesinde BTEX'ler dışında ağırlıklı olarak tespit edilen UOB'ler ise stiren, hegzan, siklohegzan ve nonandır.

İzmit şehir merkezinde yine yoğun trafiğin etkisine bağlı olarak tüm yönlerdeki baskın UOB'ler BTEX bileşikleri olarak görülmektedir. Bunların dışında özellikle hakim rüzgar yönü kuzey ve doğulu sektörler olduğunda BTEX dışında hegzan, nonan, dodekan ve siklohegzan en fazla görülen bileşiklerdir. Bu bileşiklerin kaynakları olarak bölgede yer alan üç büyük otomobil lastiği üretim tesisleri ve yan sanayileri, otomotiv sanayi, kimya sanayi ve katı atık yakma ve depolama tesislerinin proses kaçaklarından oluşan emisyonlar olduğu düşünülmektedir.

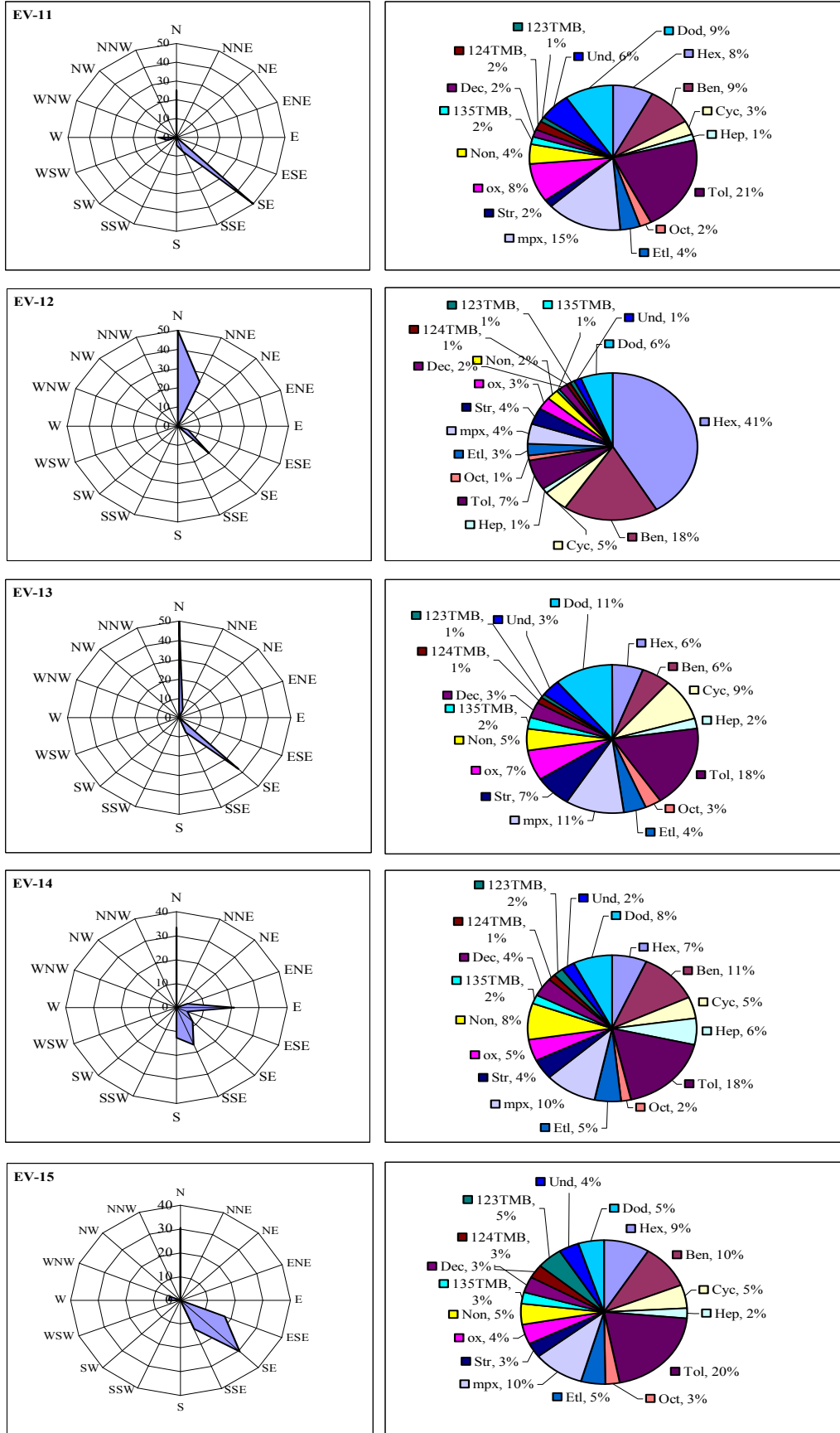
Şehir merkezi dışında seçilen örnekleme noktalarından birinde (EV-6) hakim rüzgar yönü batı-kuzeybatı, kuzeybatı ve batıdır ve bu yöndeki en yakın kaynak TEM otoyoludur. Uçucu organik bileşik kompozisyonuna bakıldığında trafiğin iz bileşikleri olan BTEX ve hegzan bileşiklerinin baskın olarak yer aldığı görülmektedir. Yine şehir merkezi dışında seçilen ancak güneydoğu yönünde TEM otoyolu, lastik üretimi ve kimya endüstrilerinin, doğu ve kuzeydoğusunda ise otomotiv endüstrisi ve katı atık yakma ve depolama tesisinin yer aldığı örnekleme noktalarında da (EV-14 ve OFİS-9) BTEX bileşiklerine ek olarak hegzan, nonan, dodekan ve 123-trimetilbenzen bileşikleri de dikkat çekmektedir.



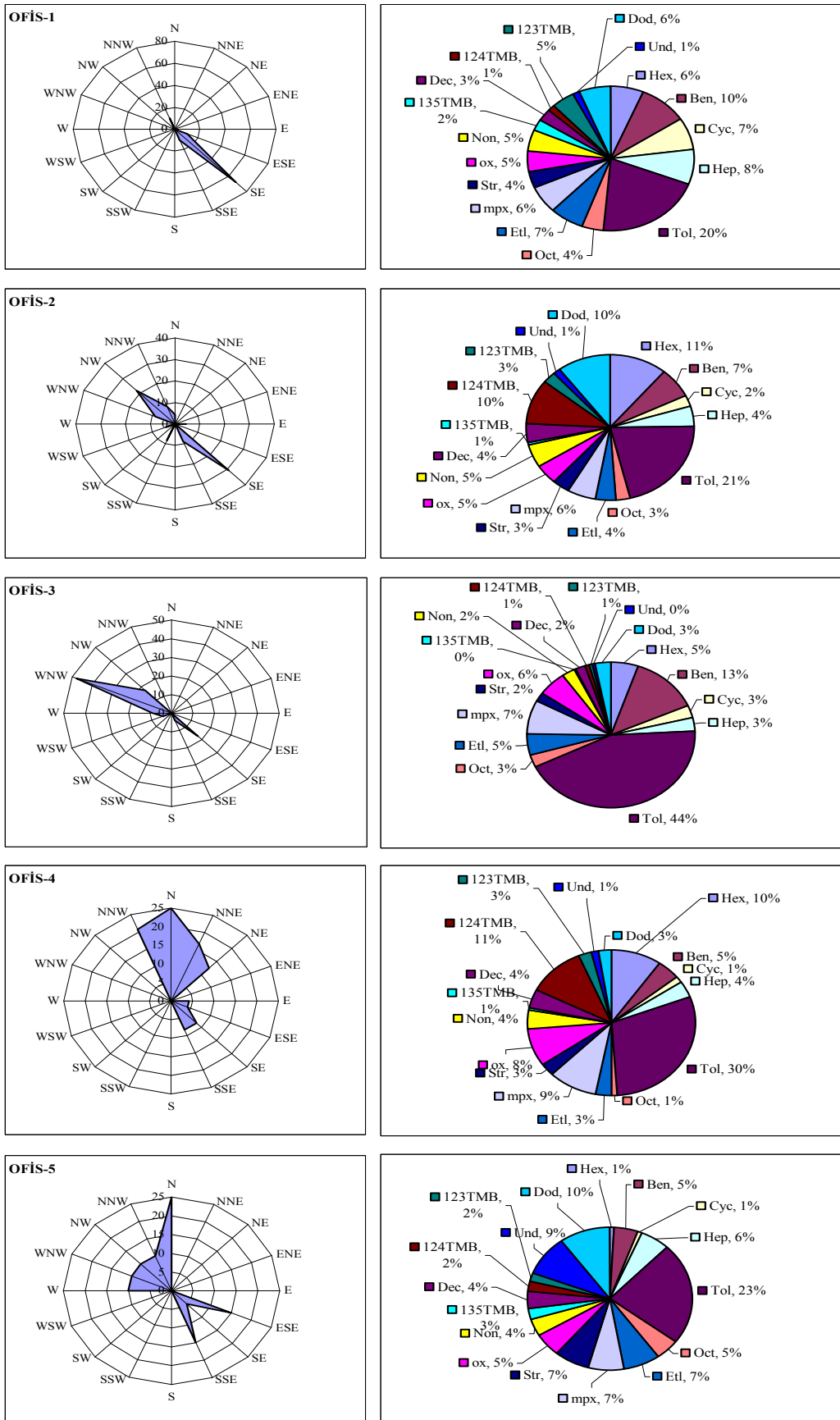
Şekil 7.16. Yaz Mevsiminde Örneklem Noktalarında Belirlenen UOB'lere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



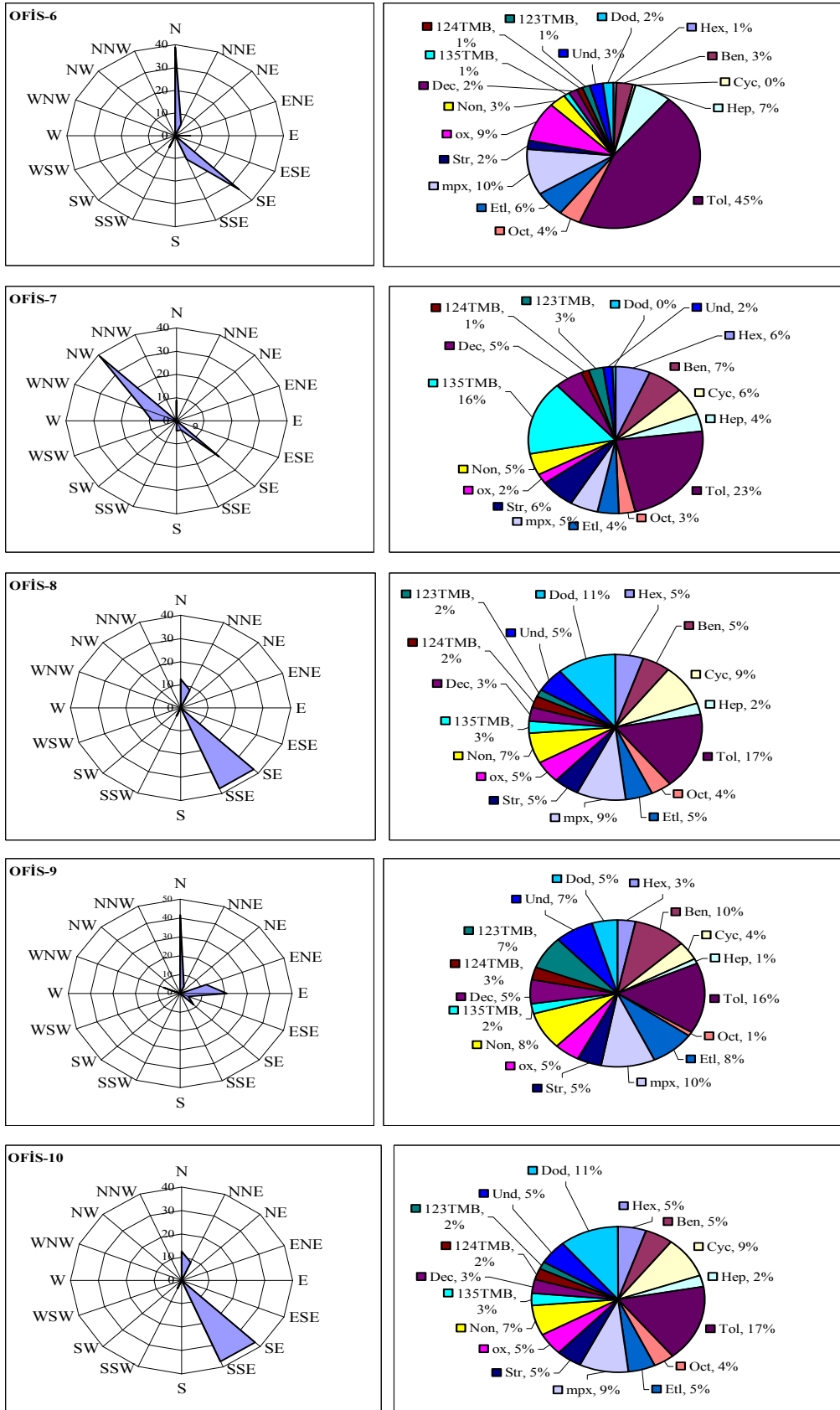
Şekil 7.16. (Devamı)



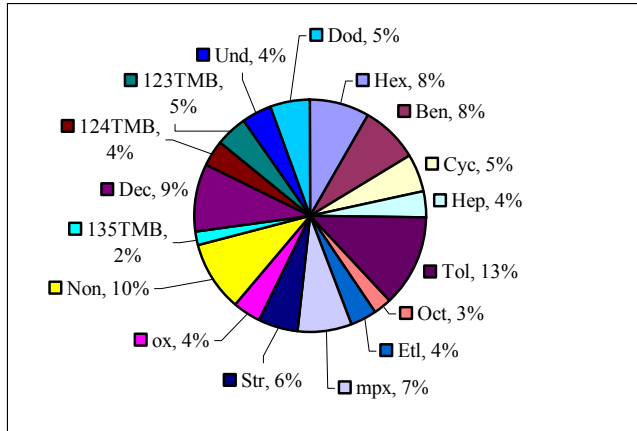
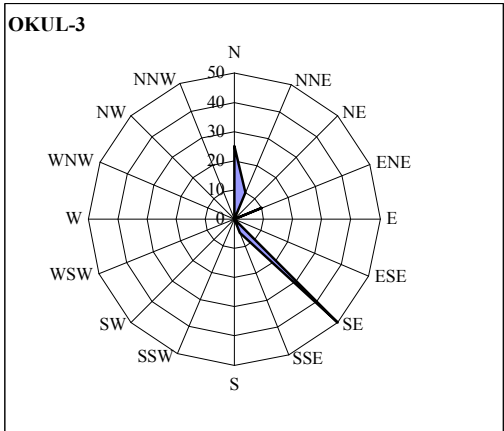
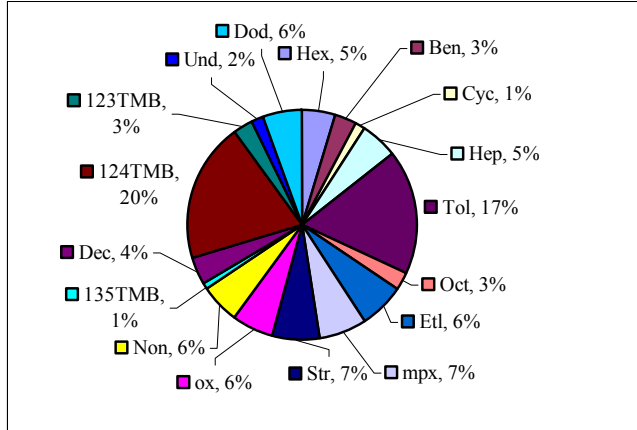
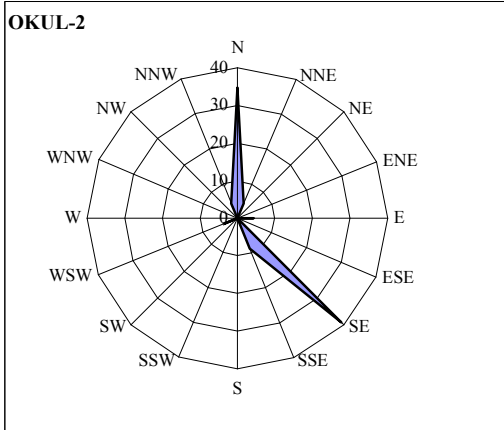
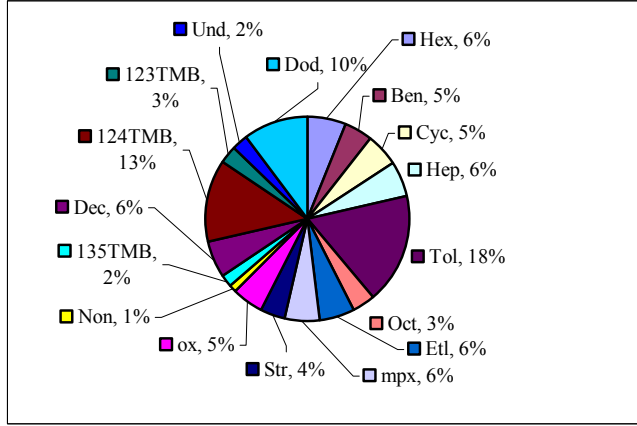
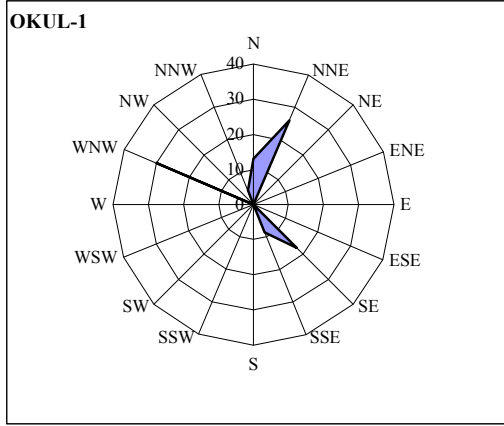
Şekil 7.16 (Devamı)



Şekil 7.16. (Devamı)



Şekil 7.16. (Devami)



Şekil 7.16. (Devamı)

Tablo 7.18. Yaz Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda Ölçülen UOBlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri

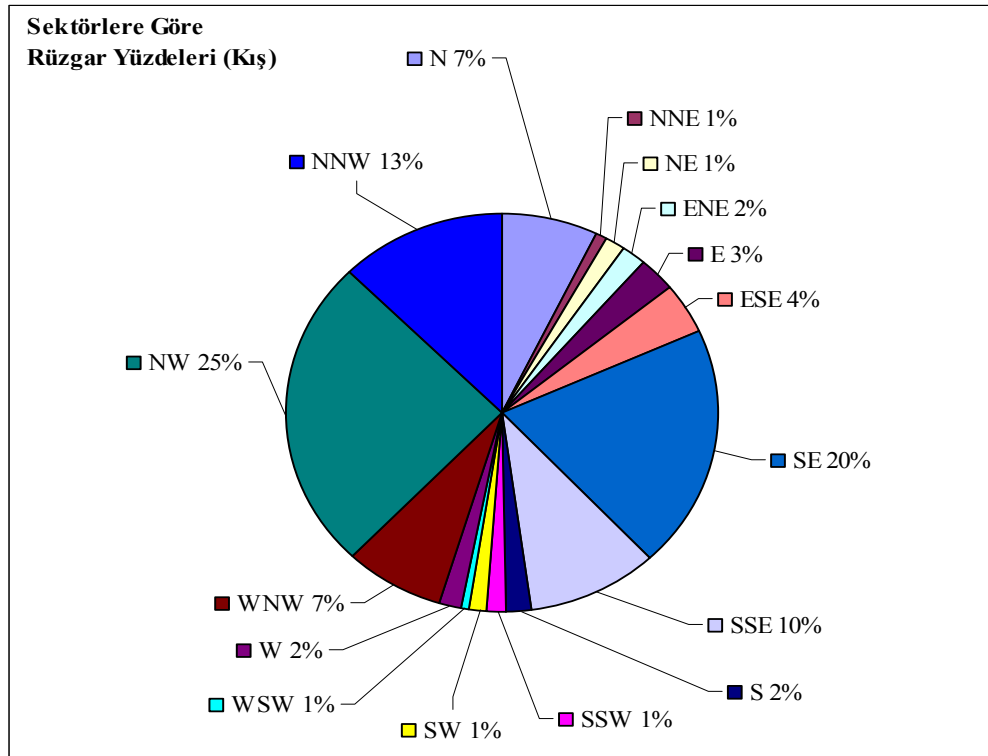
Örnek Adı	Örnekteki Bileşik yüzdesi (%) [UOB/Σ(UOB)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
EV-1	mpx (16), Ben (15), Hex (14), ox (12), Tol (8), Etl (4), , Str, Non ve Dec (4),	WNW (50), SE (17), SSE ve W (8), SW, WSW, NW ve NNW (4)
EV-2	Tol (56), mpx (7), ox (6), 124 TMB (5), Ben, Und ve Dod (4),	NW (50), SSE ve WNW (17), N (8), SE ve NNW (4)
EV-3	Tol (22), mpx (15), Str (10), Skl (9), Hex ve Ben (7), ox ve Non (6)	SE (29), S (25), N ve ESE (21), E (4)
EV-4	Tol (49), mpx (14), ox (7), Ben (5), Non (4)	SSE (29), SE (25), WNW (17), ENE (8), N, E, ESE, S ve NNW (4)
EV-5	Tol (17), Hex ve Ben (14), Skl (11), Str (8), mpx (7), Hep, Etl ve Non (5), Oct (4)	WNW (48), SE ve NW (13), NNW (9), N, ENE, ESE ve W (4)
EV-6	Tol (15), Ben ve mpx (10), Hex (9), Skl ve Str (7), Non ve Und (6), Dec (5), ox ve Dod (4)	WNW (46), NW (38), W (17)
EV-7	Tol (17), Hex ve Non (10), Ben ve mpx (9), Skl (7), Etl (6), Dod (5), Str, ox ve Und (4)	ESE (38), W (29), SE (17), N, ENE, SSE ve WNW (4)
EV-8	Tol (25), mpx (12), Und (9), Hex, Ben ve Skl (7), Str ve ox (5), Non ve Und (4)	SE (50), SSE ve S (14), N ve NNE (9), WNW (5)
EV-9	Tol (13), Dod (12), mpx ve Und (9), Skl (7), Hex, Ben ve 123TMB (6), Etl ve Non (5), Str, ox, Dec ve 124TMB (4)	SE (35), SSE (30), N (15), NNE, NE ESE ve S (5)
EV-10	Tol (20), Ben (15), Hex (14), mpx ve Str (8), Skl (7), ox, Non ve Dod (4)	N (39), ESE (35), SSE (22), SE (4)
EV-11	Tol (21), mpx (15), Ben ve Dod (9), Hex ve ox (8), Und (6), Etl ve Non (4)	SE (50), N (25), SSE ve W (8), S ve WSW (4)
EV-12	Hex (41), Ben (18), Tol (7), Dod (6), Skl (5), mpx ve Str (4)	N (50), NNE (25), SE (20), ESE (5)
EV-13	Tol (18), mpx ve Dod (11), Skl (9), Str ve ox (7), Hex ve Ben (6), Non (5), Etl (4)	N (50), SE (38), SSE (8), NNE (4)
EV-14	Tol (18), Ben (11), mpx (10), Non ve Dod (8), Hex (7), Hep (6), Skl, Etl, ve ox (5), Str ve Dec (4)	N (33), E (21), SSE (17), S (13), SE (8), ENE ve ESE (4)
EV-15	Tol (20), Ben ve mpx (10), Hex (9), Skl, Etl, Non, 123TMB ve Dod (4), ox ve Und (4)	N ve SE (30), ESE (17), SSE (13), W ve WNW (4)
OFİS-1	Tol (20), Ben (10), Hep (8), Skl ve Etl (7), Hep, mpx ve Dod (6), ox, Non ve 123TMB (5), Str (4)	SE (68), ESE, SSE ve NNW (11)
OFİS-2	Tol (21), Hex (11), 124TMB ve Dod (10), Ben (7), mpx (6), Non ve 135TMB (5), Hep, Etl, Dec (4)	SE (30), NW (22), SSE, SSW, WNW ve NNW (9), N, E ve WSW (4)
OFİS-3	Tol (44), Ben (13), mpx (7), ox (6), Hex ve Etl (5),	WNW (48), SE ve NW (17), W (9), SSE ve WSW (4)
OFİS-4	Tol (30), 124TMB (11), Hex (10), mpx (9), ox (8), Nen (5), Hep, Non ve Dec (4).	N (25), NNW (21), NNE (17), NE (13), SE ve SSE (8), E ve ESE (4)
OFİS-5	Tol (23), Dod (10), Und (9), Etl, mpx ve Str (7), Hep (6), Ben, Oct, ox (5), Non, Dec (4)	N (25), ESE ve SSE (15), WSW, WNW, NW ve NNW (10), SE (5)

Tablo 7.18. (Devamı)

Örnek Adı	Örnekteki Bileşik yüzdesi (%) [UOB/Σ(UOB)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
OFİS-6	Tol (45), mpx (10), ox (9), Hep (7), Etl (6), Oct (4)	N (39), SE (33), SSE (11), NNE, E ve SSW (6)
OFİS-7	Tol (20), 135TMB (14), Hex ve Ben (6), Skl, mpx ve Etl (5), Non ve Dec (4)	NW (39), SE (22), WNW (13), N ve W (9), SSE ve S (4)
OFİS-8	Tol (17), Dod (11), Skl ve mpx (9), Non (7), Hex, Ben, Etl, Str, ox ve Und (5), Oct (4)	SE ve SSE (38), N (13), NNE (8), SSW (4)
OFİS-9	Tol (16), Ben ve mpx (10), Etl, ve Non (8), 123TMB ve Und (7), Str ox Dec ve Dod (5), Skl (4)	N (42), E (21), ENE (13), SE ve WNW (8), NNE ve ESE
OFİS-10	Tol (17), Dod (11), Skl ve mpx (9), Non (7), Hex, Ben, Etl, Str, ox ve Und (5), Oct (4)	SE ve SSE (38), N (13), NNE (8), SSW (4)
OKUL-1	Tol (18), 124TMB (13), Dod (10), Hex, Hep, Etl, mpx ve Dec (6), Ben, Skl, ox (5), Str (4)	WNW (30), NNE (26), SE (17), N (13), SSE (9), NNW (4)
OKUL-2	124TMB (20), Tol (17), mpx ve Str (7), Etl, ox, Non ve Dod (6), Hep (5), Dec (4)	SE (39), N (35), SSE (9), NNE, E, WSW ve NNW (4)
OKUL-3	Tol (13), Non (10), Dec (9), Hex ve Ben (8), mpx (7), Str (6), Skl, 123TMB ve Dod (5), Hep, ox, Etl, 124TMB ve Und (4),	SE (50), N (25), NNE ve ENE (10), SSE (5)

7.5.2. Kış Örneklemesi

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 rüzgar yönleri pay grafiği Şekil 7.17’de verilmiştir.



Şekil 7.17. Kış Örnekleme Süresi Boyunca Her Sektörden Esen Rüzgar Yüzdeleri

Kış örnekleme boyunca görülen hakim rüzgar yönleri; %25 kuzeybatı (NW), %20 güneydoğu (SE), %13 kuzey-kuzeybatı, %7 kuzey ve batı-kuzeybatı (N ve WNW) ve %1-4 arasında değişen yüzdelerde diğer sektörlerdir.

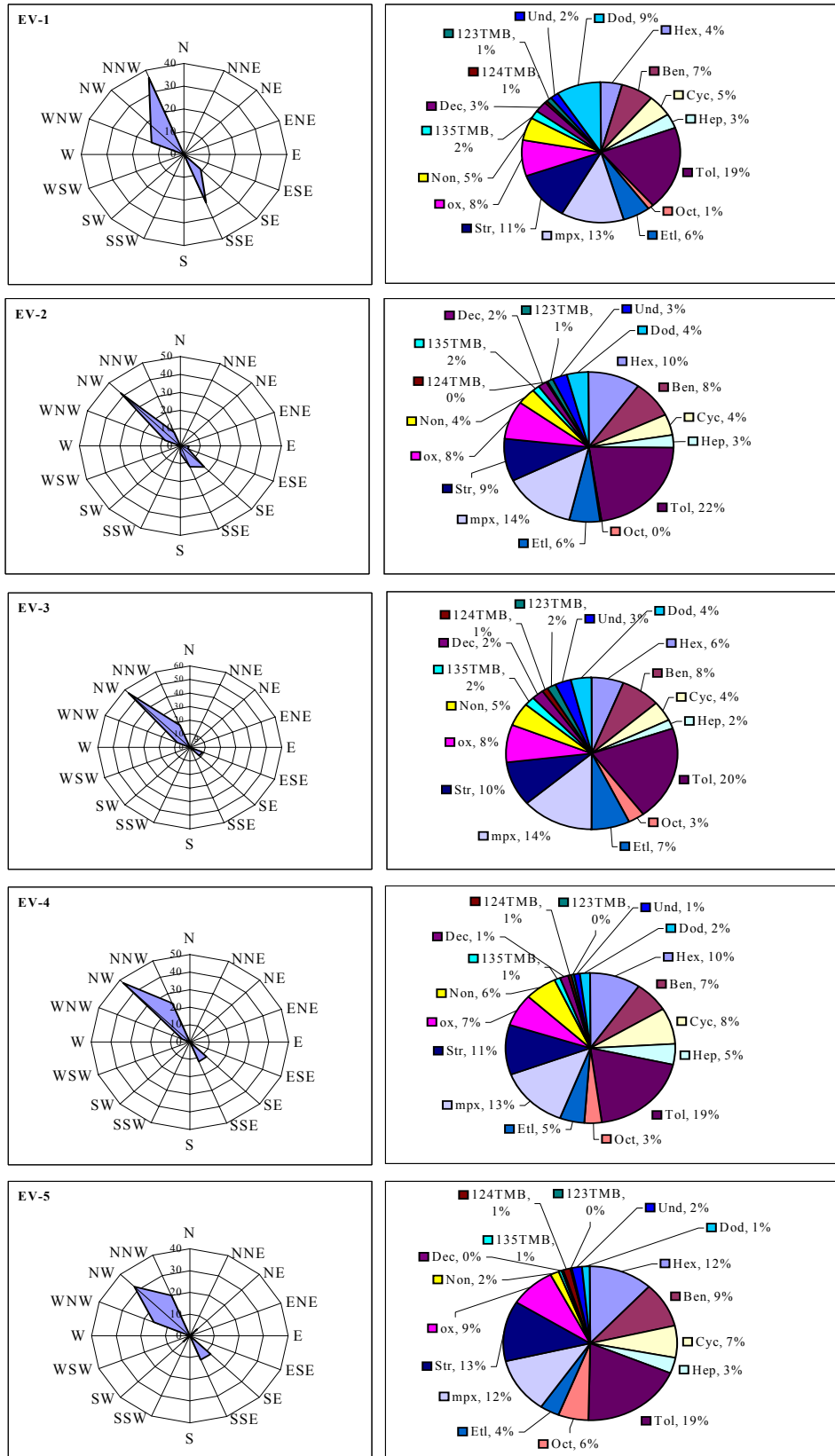
Yaz örneklemesinde olduğu gibi kış mevsiminde de her bir örnekleme noktasında toplanan UOB örneğine katkıda bulunan bireysel UOB yüzdeleri ve herbir örneğin toplandığı örnekleme gününe ait rüzgar gülleri Şekil 7.18’de sunulmuştur. Tablo 7.19’da Kış örneklemesinde örneklenen her bir noktadaki rüzgar gülleri ve bu noktalarda elde edilen en yüksek UOB konsantrasyonlarının yüzde payları görülmektedir. Tablo 7.19 ve

Şekil 7.18'dan yararlanılarak kış örnekleme için olası UOB kaynakları hakkında ön bir bilgi elde edilmeye çalışılmıştır.

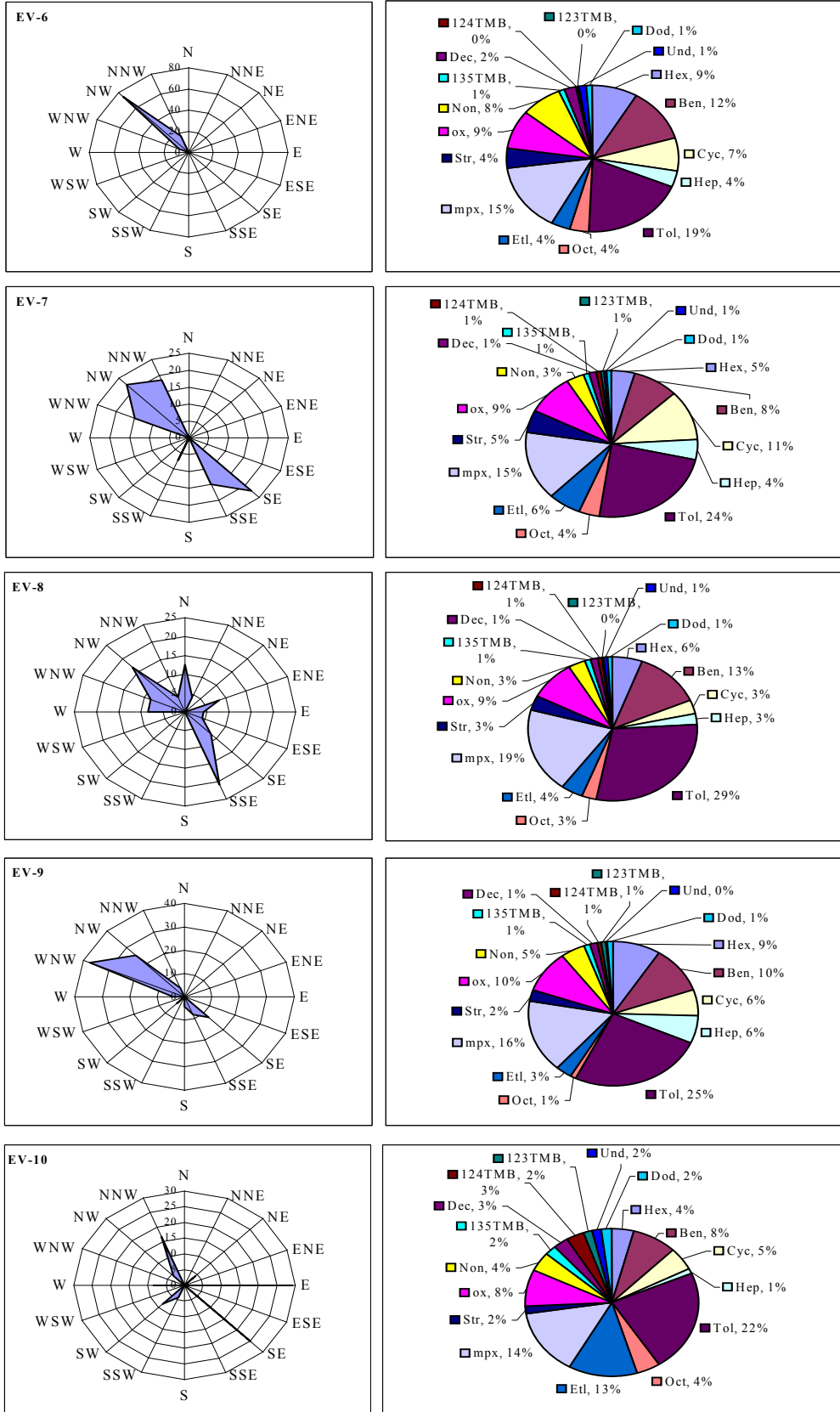
Şekil 7.18'da kış örnekleme boyunca esen rüzgarların yüzde paylarından da görüldüğü gibi hakim rüzgar sektörleri Güneydoğu (SE) ve Kuzeybatı (NW)'dir. Ancak günlük örnekleme ele alındığı farklı sektörlerden esen rüzgarlara da rastlanmaktadır.

Örneklenen noktalarda en fazla rastlanan UOB yaz ölçümlerinde olduğu gibi yine toluen olmuştur. Körfez bölgesinde kış mevsimi örnekleme döneminde hakim rüzgar yönünün güneydoğu ağırlıklı olduğu görülmektedir. Yaz örneklerinden farklı olarak Körfez bölgesindeki örneklerin çoğunda toluen ve m,p-ksilen bileşiklerinden sonra en yüksek orana sahip bileşik stirendir ve bu yöndeki en önemli UOB kaynakları rafineri, karbon siyahı ve LPG dolum tesisleridir.

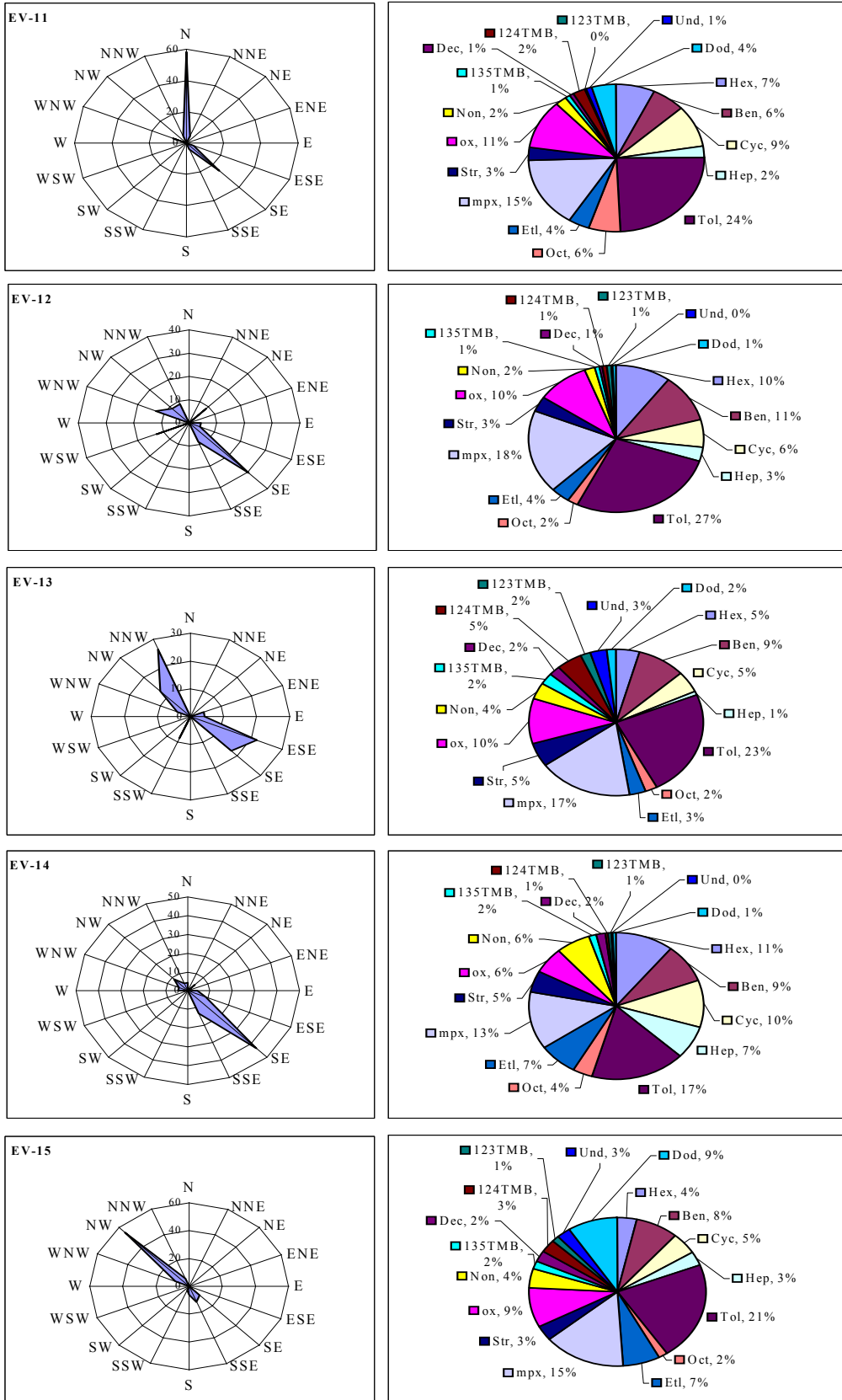
İzmit şehir merkezinde yapılan örnekleme günlerine karşılık gelen rüzgar yönleri incelendiğinde kuzeyli sektörlerin baskın olduğu görülmektedir. Bu örnekleme noktalarında baskın UOB'ler ise trafiğin iz bileşikleri olan BTEX'ler olarak göze çarpmaktadır. İzmit şehir merkezinde tespit edilen bu durum şehir merkezi dışında seçilen noktalarda da aynı karakteristiği göstermektedir. Yaz örneklerinden farklı olarak kış mevsiminde EV-14 ve OFİS-9 örnekleme noktalarındaki hakim rüzgar yönü endüstri bölgesi yönünden gelmemektedir. Dolayısı ile kış mevsimindeki örnekleme periyodunda bu ölçüm noktalarını etkileyen başlıca kaynağın trafik olduğu söylenebilir.



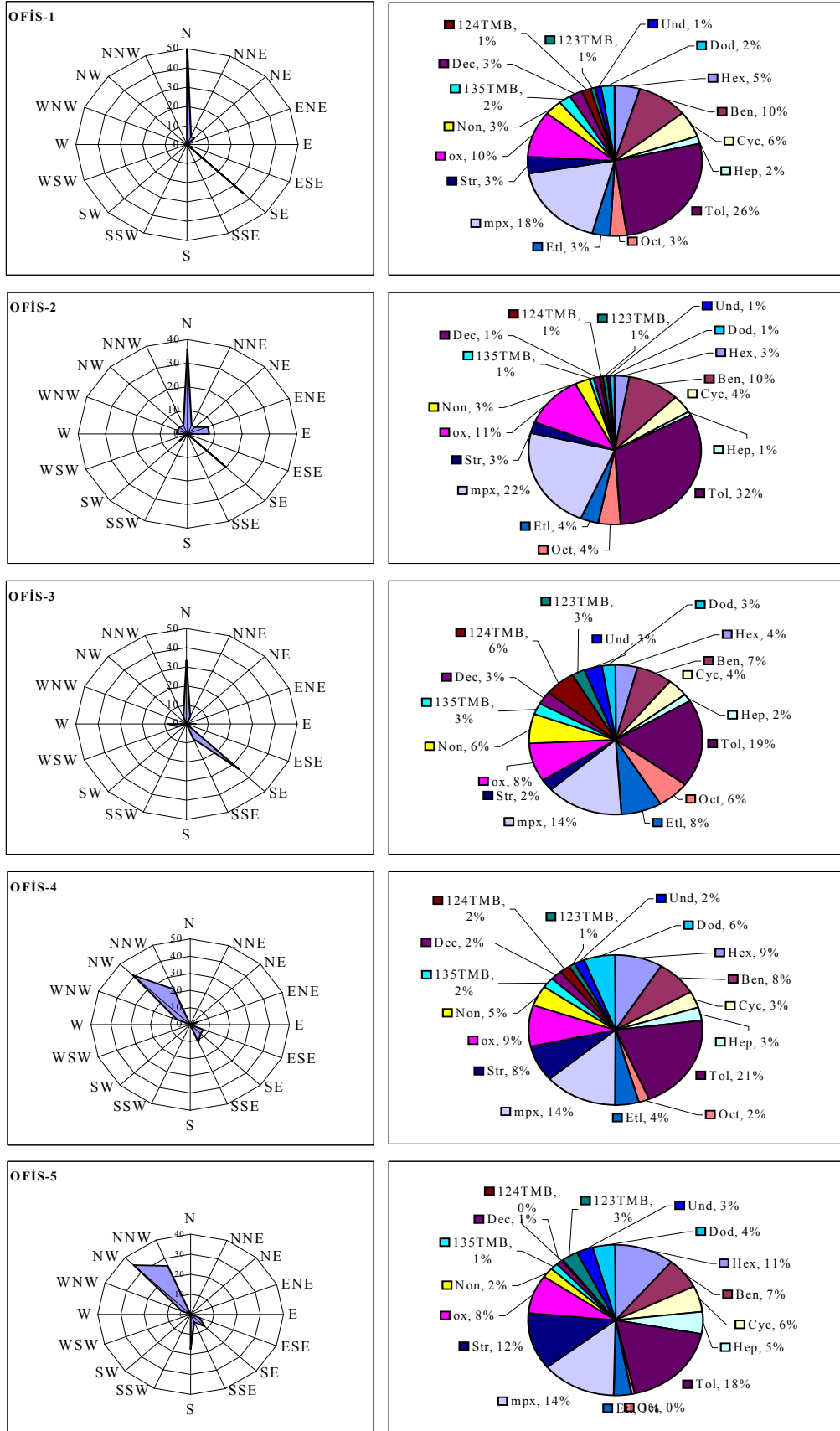
Şekil 7.18. Kış Mevsiminde Örnekleme Noktalarında Belirlenen UOBlere Ait Yüzde Payları ve Karşılık Gelen Rüzgar Gülleri



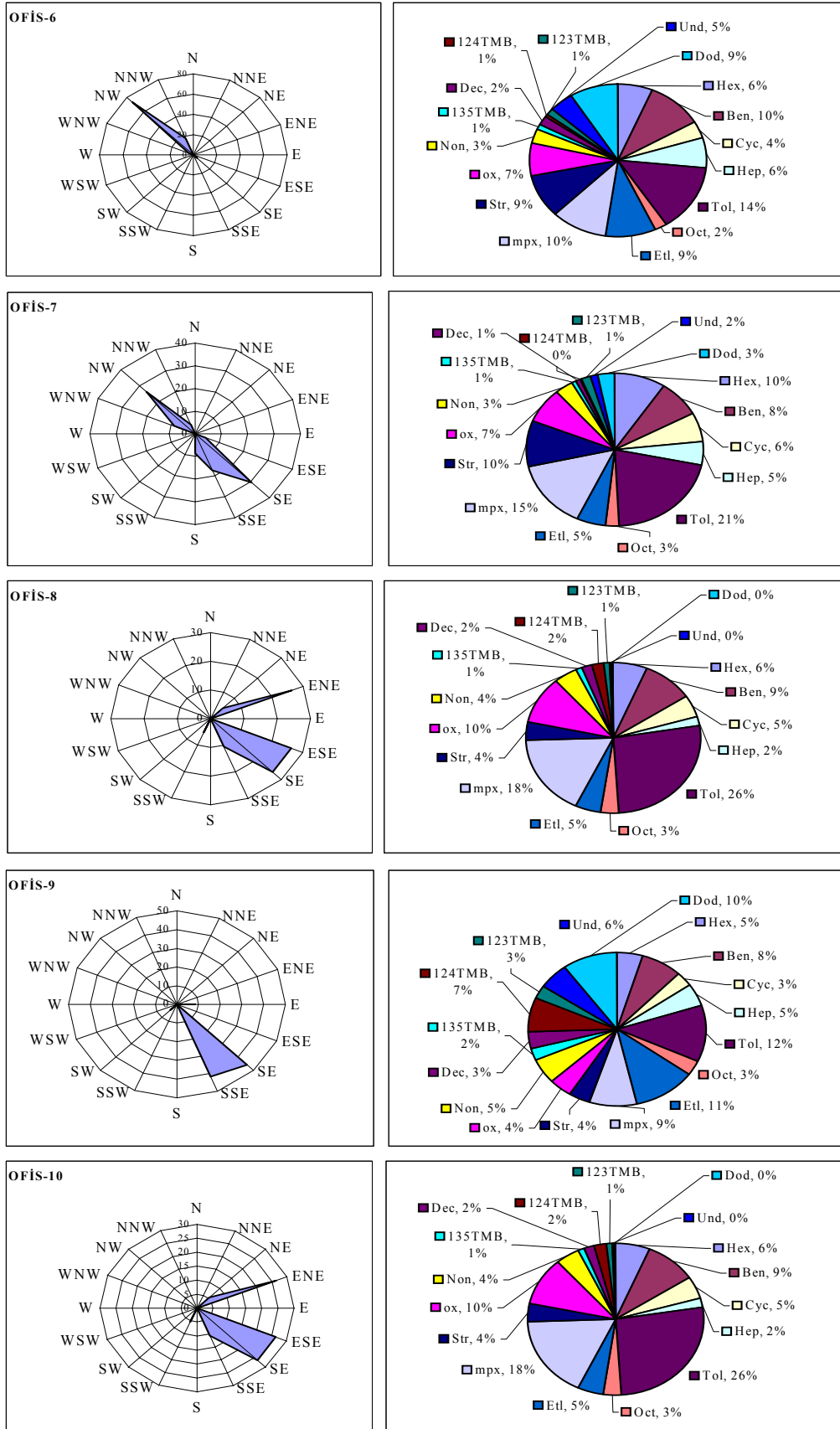
Şekil 7.18. (Devamı)



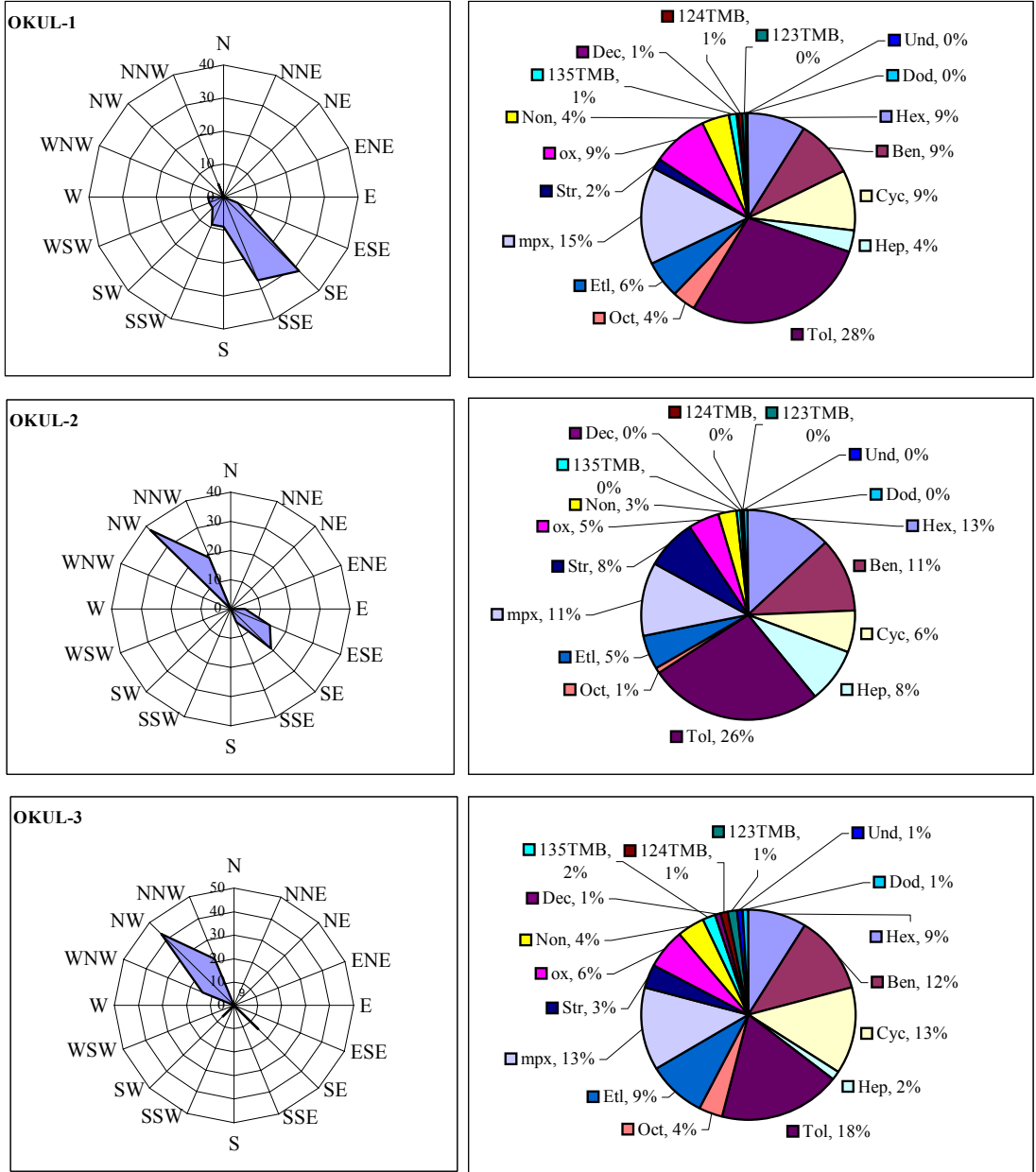
Şekil 7.18. (Devamı)



Şekil 7.18. (Devamı)



Şekil 7.18.(Devamı)



Şekil 7.18. (Devamı)

Tablo 7.19. Kış Mevsiminde Ev, Ofis ve Okullarda Ölçülen UOBlere Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri ve Örnekteki Bileşik Yüzdeleri

Örnek Adı	Örnekteki Bileşik yüzdesi (%) [UOB/Σ(UOB)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
EV-1	Tol (19), mpx (13), Str (11), Dod (9), ox (8), Ben (7), Etl (6), Skl ve Non (5), Hex (4)	E (29), SE (25), NNW (17), SW ve W (8), NE, SSW ve NW (4)
EV-2	Tol (22), mpx (14), Hex (10), Str (9), Ben ve ox (8), Etl (6), Skl ve Dod (4),	SSE (21), NW (17), N (13), ENE, SE, W ve WNW (8), NNE, E, ESE ve NNW (4)
EV-3	Tol (20), mpx (14), Str (10), Ben ve ox (8), Etl (7), Hex (6), Non (5), Skl ve Dod (4)	SE (43), SSE (13), ESE ve NW (9), N, NE, E, W, WNW ve NNW (4)
EV-4	Tol (19), mpx (13), Str (11), Hex (10), Skl (8), Ben ve ox (7), Non (6), Hep ve Etl (5)	SE (30), WSW ve WNW (13), NE, SSE, NW ve NNW (9), E ve ESE (4)
EV-5	Tol (19), Str (13), Hex (12), mpx (11), Ben ve ox (9), Skl (7), Oct (6), Etl (4)	WNW (38), NW (25), SE (13), SSE (8), S, SW, W ve NNW (4)
EV-6	Tol (19), mpx (15), Ben (12), Hex ve ox (9), Non (8), Skl (7), Hep, Oct, Etl ve Str (4),	N (58), SE (25), WNW (8), NNE ve NNW (5), ESE ve SSE (4)
EV-7	Tol (24), mpx (15), Skl (11), ox (9), Ben (8), Etl (6), Hex ve Str (5), Hep ve Oct (4)	NNW (26), ESE (22), SE (17), NW (13), SSW (9), ENE, E ve WNW (4)
EV-8	Tol (29), mpx (19), Ben (13), ox (9), Hex (6), Etl (4)	NW (55), SSE (12), SE ve WNW (9), s ve NNW (6), SSW (3)
EV-9	Tol (25), mpx (16), Ben ve ox (10), Hex (9) Skl ve Hep (6), Non (5)	SE ve NW (22), NNW (19), SSE ve WNW (15), SSW (7)
EV-10	Tol (22), mpx (14), Etl (13), Ben ve ox (8), Skl (5), Hex, Oct ve Non (4)	NW (75), NNW (17), WNW (8)
EV-11	Tol (24), mpx (15), ox (11), Skl (9), Hex (7), Ben ve Oct (6), Etl ve Dod (4)	NNW (36), SSE (23), NW (18), WNW (14), SE (9)
EV-12	Tol (27), mpx (18), Ben (11), Hex ve ox (10), Skl (6), Etl (4)	NW (42), SE (17), SSE (13), WNW ve NNW (8), E, ESE ve S (4)
EV-13	Tol (23), mpx (17), ox (10), Ben (9), Hex, Skl, Str ve 124TMB (5), Non (4)	NW (32), NNW (20), WNW (16), SE ve SSE (12), NE ve SW (4)
EV-14	Tol (17), mpx (13), Hex (11), Skl (10), Ben (9), Hep ve Etl (7), ox ve Non (6) Str (5), Oct (4)	NW (48), NNW (24), SE ve SSE (12), WNW (4)
EV-15	Tol (21), mpx (15), ox (9), Ben (8), Etl (7), Skl (5), Hex ve Non (4)	NW (57), NNW (17), ESE, SE ve WNW (9)
OFİS-1	Tol (26), mpx (18), Ben ve ox (10), Skl (6), Hex (5)	SE (46), SSE (42), E (8), SW (4)
OFİS-2	Tol (32), mpx (22), ox (11), Ben (10), Skl, Oct ve Etl (4),	N (55), SE (36), NNE ve NE (5)
OFİS-3	Tol (19), mpx (14), Etl ve ox (8), Ben (7), Oct, Non ve 124TMB (6), Hex ve Skl (4)	N ve SE (33), SSE ve W (8), NNE, E, WSW, NNW (4)
OFİS-4	Tol (21), mpx (14), Hex ve ox (9), Ben ve Str (8), Dod (6), Non (5), Etl (4)	N (36), SE (20), ENE ve E (8), NNE, NE, SW, W, WNW, NW ve NNW (4)

Tablo 7.19. (Devamı)

Örnek Adı	Örnekteki Bileşik yüzdesi (%) [UOB/Σ(UOB)]*100	Örneğe Karşılık Gelen Rüzgar Yönleri
OFİS-5	Tol (18), mpx (14), Str (12), Hex (11), ox (8), Ben (7), Skl (6), Hep (5), Dod (4)	ENE, ESE ve SE (26), SSE (11), NE ve SSW (5)
OFİS-6	Tol (14), Ben ve mpx (10), Etl, Str ve Dod (9), ox (7), Hex ve Hep (6), Und (5), Skl (4)	SE (30), NW (26), SSE (17), S ve WNW (9), ESE ve NNW (4)
OFİS-7	Tol (21), mpx (15), Hex ve Str (10), Ben (8), ox (7), Skl (6), Hep ve Etl (5)	NW (41), NNW (22), SSE (11), ESE, SE ve WNW (7), ENE (4)
OFİS-8	Tol (26), mpx (18), ox (10), Ben (9), Hex (6), Skl ve Etl (5), Str ve Non (4)	NW (35), NNW (26), S (17), SE (9), ESE, SSE ve WNW (4)
OFİS-9	Tol (12), Etl (11), Dod (10), mpx (9), Ben (8), 124TMB (7), Und (6), Hex, Hep ve Non (5), Str ve ox (4)	NW (74), NNW (17), SE ve WNW (4)
OFİS-10	Tol (27), mpx (18), Ben ve ox (10), Hex (6), Skl ve Etl (5), Str ve Non (4)	NW (35), NNW (26), S (17), SE (9), ESE, SSE ve WNW (4)
OKUL-1	Tol (28), mpx (15), Hex, Ben, Skl ve ox (9), Etl (6), Hep, Oct ve Non (4)	SE (32), SSE (27), S ve SSW (9), ESE, SW, WSW, W ve NNW (5)
OKUL-2	Tol (26), Hex (13), Ben ve mpx (11), Hep ve Str (8), Skl (6), Etl ve ox (5)	NW (43), NNW (21), SE ve WNW (14), SW (7)
OKUL-3	Tol (18), mpx ve Skl (13), Ben (12), Hex ve Etl (9), ox (6), Oct ve Non (4)	NW (38), SE ve NNW (19), ESE (14), E ve SSE (5)

7.6. İç Ortam / Dış Ortam Oranları ve Korelasyonlar

Çalışılan ev, ofis ve okullarda incelenen UOBler için İç Ortam/Dış Ortam oranları ve korelasyon sabitleri (r) hesaplanarak iç ortam ve dış ortam arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır.

İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranının 1'den büyük bulunması incelenen bileşik için baskın bir iç ortam kaynağının varlığına işaret etmektedir. İncelenen UOBler için İç Ortam/Dış Ortam oranları yaz mevsiminde 0,83-4,86 , kış mevsiminde 0,52-9,29 aralığında bulunmuştur (Tablo 7.20). İncelenen bileşiklerin neredeyse tamamı için İç Ortam/Dış Ortam oranları 1'den büyük bulunmuştur. Bazı mevsimsel farklılıklar olmasına rağmen İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1,5-3,0 aralığında değişmesi, incelenen organik kirleticilere kişilerin maruziyeti bakımından iç ortam kirleticilerinin dış ortam kirleticilerinden daha büyük bir rol oynadığını göstermektedir.

Ev, okul ve ofislerin yaz ve kış mevsimi veri setleri için iç ve dış ortam hava kalitesi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Pearson korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır (Tablo 7.20). Hem yaz hem de kış mevsiminde evlerin hava kalitelerinde ofisler ve okullara nazaran daha güçlü korelasyonlar görülmüştür. İncelenen çok sayıda bileşik için her 2 mevsimde de okul ve ofislerin korelasyonlarında büyük bir değişkenlik görülmüştür. Genel olarak, iç ortam konsantrasyonları kış mevsimine nazaran yaz mevsiminde dış ortam konsantrasyonları ile daha güçlü korelasyonlara sahiptir. Nonan, Isopropilbenzen, Propilbenzen, 1,3,5-trimetilbenzen, 2-etiltoluen, 4-etiltoluen, Dekan ve 1,3-dietilbenzen bileşikler her 2 mevsimde de iç ve dış ortam konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli korelasyonlar ($P < 0.05$, %95 güven aralığında) bulunmuştur. Ayrıca yaz mevsiminde evlerde düşük molekül ağırlıklı UOBlerin iç ve dış ortam konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli korelasyonlar görülürken aynı bileşikler için kış mevsiminde istatistiksel olarak zayıf korelasyonlar elde edilmiştir. Bu da yaz mevsiminde hava sıcaklıklarının kış mevsimine nazaran yüksek olması nedeniyle düşük molekül ağırlıklı UOBlerin daha kolay buharlaşması ile açığa çıkmasına ve pencerelerin açık olması nedeniyle dış ortamlardan iç ortamlara taşınımı ile iç ve dış ortamlar arasında güçlü korelasyonlara neden olmuştur.

Evlerde metilsiklopentan, 2,4-dimetilpentan, 2-metilheptan, 3-metilheptan, stiren ve dodekan bileşiklerinin İç Ortam/Dış Ortam değerleri arasında hem yaz hem de kış mevsiminde istatistiksel olarak önemli bir korelasyona rastlanmamıştır (Tablo 7.20). Bu durum sözü geçen bileşiklerin iç ortam konsantrasyonları üzerinde yaygın olarak rastlanan iç ortam kaynaklarından daha güçlü etkilere sahip baskın iç ortam kaynaklarının varlığına işaret etmektedir. Özellikle metilsiklopentan ve stiren bileşikleri için her 2 mevsim içinde İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 2-4 aralığında olması bunu açıklamaktadır. Ayrıca iç ortamlarda kişiler tarafından doldurulan

zaman-aktivite çizelgelerine göre sigara kullanımının iç ortamlarda gözlenen stiren ve metilsiklopentan konsantrasyonları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranları sigara kullanılmayan sınıflardan alınan örneklerde stiren ve metilsiklopentan için sırasıyla (1,26-1,44 ve 1,59-1,72) iken sigara kullanılan evlerde (2,24-2,43 ve 2,26-4,14) aralığında bulunmuştur. Bu durum sigara kullanılan mikroçevreler ile elde edilen stiren ve metilsiklopentan konsantrasyonları arasındaki ilişkiye işaret etmektedir.

Tablo 7.20. UOBlerin İç Ortam ve Dış Ortam Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler

Bileşikler	Yaz Örnekleme						Kış Örnekleme					
	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
Hegzan	0,91*	-0,16	-0,09	0,96	2,92	0,78	0,06	0,18	0,99	2,11	2,18	0,93
Metilsiklopentan	0,35	0,49	-0,72	2,26	3,08	1,59	0,00	0,09	0,96	4,14	3,36	1,72
2,4-dimetilpentan	0,19	0,32	-0,60	1,41	3,23	2,10	0,43	0,58	0,69	1,63	1,93	1,60
Benzen	0,75*	0,34	0,97	0,89	1,53	1,57	0,24	0,31	0,94	1,67	1,63	1,20
Siklohegzan	0,54*	0,84*	0,89	1,31	1,59	1,20	0,37	0,11	0,99*	1,74	1,72	0,94
2,3-dimetilpentan	0,74*	-0,38	0,99	1,07	2,77	1,19	0,20	-0,15	0,99	1,94	4,24	1,03
2-metilhegzan	0,56*	-0,27	0,91	1,57	3,97	1,70	0,16	0,08	0,99	2,33	3,13	1,12
3-metilhegzan	0,57*	0,51	0,98	1,77	2,65	1,45	0,30	0,97*	0,99*	2,26	2,51	1,11
2,2,4-trimetilpentan	0,59*	0,52	0,84	1,87	3,48	2,69	0,24	0,61	0,98	2,15	4,75	1,00
Heptan	0,65*	0,55	0,63	2,27	1,91	2,05	-0,24	0,73*	0,99	3,27	5,85	1,45
Metilsiklohegzan	0,71*	0,20	0,43	1,53	2,30	3,22	0,36	0,84*	1,00	2,04	3,68	1,05
2,3,4-trimetilpentan	0,50	-0,28	0,78	2,35	4,86	3,05	0,53*	0,13	0,99	2,09	9,04	1,33
2-metilheptan	0,37	0,41	0,99	2,48	4,04	2,76	0,14	0,08	0,41	4,07	5,01	0,52
Toluen	0,74*	0,57	0,45	1,44	1,60	3,03	-0,01	0,74*	-0,96	3,63	4,16	1,85
3-metilheptan	0,46	0,55	0,80	2,50	1,86	2,14	0,19	-0,27	0,96	2,13	2,38	1,03
Oktan	0,45	0,91*	0,99*	1,56	1,90	1,34	0,72*	0,40	0,83	2,57	2,89	1,34
Etilbenzen	0,37	0,56	0,70	2,91	2,00	1,82	0,91*	-0,37	0,98	3,18	3,47	1,41
m,p-ksilen	0,61*	0,61	1,00*	0,96	1,55	1,40	0,12	-0,02	0,97	2,04	1,99	1,06
Stiren	0,22	0,49	0,99	2,24	2,31	1,26	0,20	-0,08	0,99*	2,43	2,89	1,44
o-ksilen	0,56*	0,83*	0,78*	0,83	1,57	1,05	0,23	0,22	0,99*	2,13	2,12	1,12
Nonan	0,76*	-0,8*	-0,25	1,71	1,87	2,07	0,61*	-0,10	-0,54	3,79	4,97	2,24
Isopropilbenzen	0,68*	0,46	0,95	1,91	1,54	1,43	0,60*	0,05	1,00	3,14	4,51	2,13
Propilbenzen	0,63*	0,46	0,80	1,79	2,06	1,71	0,65*	0,01	-0,78	3,31	3,65	1,69
1,3,5-trimetilbenzen	0,57*	-0,13	-0,48	1,78	1,36	2,18	0,71*	-0,18	-0,47	3,37	3,14	2,23
3-etiltoluen	0,54*	0,14	0,82	2,40	1,49	1,89	0,30	-0,11	0,73	3,59	4,09	3,26
4-etiltoluen	0,81*	0,15	-0,42	0,98	1,51	2,43	0,92*	0,05	0,99	2,49	2,09	2,82
2-etiltoluen	0,72*	-0,02	0,83	1,65	1,16	2,62	0,75*	0,50	0,97	2,68	2,89	2,08
Dekan	0,64*	-0,25	0,93	1,75	1,02	0,89	0,81*	0,15	-0,58	3,24	3,48	3,35
1,2,4-trimetilbenzen	0,45	-0,14	0,24	0,95	0,42	0,51	0,88*	0,09	0,73	2,90	2,54	3,85
1,2,3-trimetilbenzen	0,63*	0,28	0,50	1,94	1,68	1,04	0,29	-0,58	0,98	9,29	3,51	4,59
1,3-dietilbenzen	0,8*	0,34	0,97	0,83	1,14	0,74	0,99*	0,70*	0,99	3,43	5,59	7,11
1,4-dietilbenzen	0,17	0,34	0,47	1,49	1,55	1,42	0,79*	0,24	0,90	3,02	4,09	2,78
Andekan	0,06	0,25	-0,06	0,99	1,93	1,21	0,68*	0,23	0,39	4,09	3,96	6,12
Dodekan	-0,15	-0,09	0,97	0,77	1,00	0,56	0,32	0,58	0,94	3,14	3,47	7,61

* P < 0.05

7.7. Sigara Kullanımı ile UOB Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler

Tablo 7.21’de incelenen UOBler 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 (S/N) verilmektedir. Örnekleme süresi boyunca sigara kullanan katılımcılarda daha yüksek UOB kişisel maruziyet düzeyleri tespit edilmiştir. Sigara kullanan/kullanmayan konsantrasyon oranları kirleticilerin tümünde 1’in üzerinde (1,4-2,7 aralığında) bulunmuştur. Belirlenen 35 UOB’in ortalama konsantrasyonları göz önüne alındığında, sigara kullanan kişilerin maruziyet düzeyleri $12,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken sigara kullanmayan kişilerin maruziyet düzeylerinin $5,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olması sigara kullanımının incelenen UOB’lerin gözlenen düzeylerinde ne kadar önemli bir değişime neden olduğu anlaşılmaktadır.

Raporunun ilerleyen bölümlerinde, çalışmada incelenen organik ve inorganik kirleticiler birlikte ele alınarak elde edilen iç ortam ve kişisel maruziyet örneklemelerine ait veri setlerine uygulanacak çok değişkenli istatistik metotlar ile öncelikle gözlenen kirliliğe neden olan olası kirletici kaynakları belirlenecektir. Uygulanan modeller 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 7.21. Sigara Kullanımı ile UOB Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Arasındaki İlişkiler

Bileşikler	Sigara Kullananlar (N=18)			Sigara Kullanmayanlar (N=10)			S/N
	Ort	Std.Sap.	Ortanca	Ort	Std.Sap.	Ortanca	
Hegzan	15,98	13,70	12,27	5,91	4,55	4,41	2,7
Metilsiklopentan	17,02	13,19	12,82	6,68	4,09	5,35	2,5
2,4-dimetilpentan	7,37	5,35	5,65	4,30	4,00	3,67	1,7
Benzen	15,30	13,48	11,26	5,66	2,43	5,17	2,7
Siklohegzan	10,21	5,78	9,31	5,37	1,92	5,56	1,9
2,3-dimetilpentan	12,79	10,66	10,86	6,34	3,92	6,10	2,0
2-metilhegzan	12,32	8,16	8,93	5,26	3,89	3,88	2,3
3-metilhegzan	5,37	7,55	3,75	1,98	1,56	1,33	2,7
2,2,4-trimetilpentan	10,50	7,49	7,73	5,25	4,26	4,14	2,0
Heptan	11,26	7,47	9,35	8,17	9,30	5,37	1,4
Metilsiklohegzan	9,45	8,34	8,01	4,40	3,20	3,80	2,1
2,3,4-trimetilpentan	7,63	11,10	4,37	3,35	2,85	2,25	2,3
2-metilheptan	3,85	7,07	1,82	1,73	2,74	0,96	2,2
Toluen	92,26	91,63	50,71	41,91	34,21	31,84	2,2
3-metilheptan	5,67	4,37	4,19	3,24	3,36	2,24	1,7
Oktan	7,45	4,25	6,88	4,25	4,45	2,73	1,8
Etilbenzen	18,82	12,31	15,48	9,13	6,16	7,51	2,1
m,p-ksilen	28,10	17,98	25,06	13,11	7,47	11,92	2,1
Stiren	13,31	8,78	11,61	6,12	4,08	5,52	2,2
o-ksilen	16,22	10,48	14,74	8,28	6,11	6,39	2,0
Nonan	15,85	12,15	13,48	7,89	5,75	5,40	2,0
Isopropilbenzen	7,67	4,80	6,12	4,28	2,64	4,13	1,8
Propilbenzen	7,50	5,03	5,99	4,46	3,53	3,52	1,7
1,3,5-trimetilbenzen	4,92	2,95	4,63	3,04	2,14	2,43	1,6
3-etiltoluen	4,14	2,95	2,96	2,09	1,40	1,98	2,0
4-etiltoluen	3,51	4,55	1,85	1,98	2,38	1,38	1,8
2-etiltoluen	4,73	2,95	4,15	2,93	1,95	2,35	1,6
Dekan	6,60	3,91	5,23	3,58	2,05	2,86	1,8
1,2,4-trimetilbenzen	6,13	7,83	3,17	2,58	2,62	1,74	2,4
1,2,3-trimetilbenzen	7,38	6,06	5,88	5,07	5,19	2,98	1,5
1,3-dietilbenzen	4,75	9,99	1,37	2,10	2,62	0,90	2,3
1,4-dietilbenzen	3,20	3,85	1,58	1,36	0,89	1,24	2,4
Andekan	6,05	5,00	4,55	4,07	3,28	2,89	1,5
Dodekan	9,57	9,01	7,03	5,56	3,05	5,21	1,7
Ortalama	12,14	10,30	8,91	5,92	4,53	4,68	2,02

S/N: Sigara Kullananlar ve Kullanmayanların Konsantrasyon Oranı

7.8. Sonuçların Benzer Çalışmalarla Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında incelenen bölgenin iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet düzeyleri dünyanın diğer bölgelerinde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Tablo 7.22’de literatürde yaygın olarak çalışılan UOB’ler (benzen, toluen, etilbenzen, ksilenler ve stiren) için çalışmamız ve diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlar bir arada verilmektedir. Tablo 7.22 incelendiğinde çalışmamızda elde edilen benzene, toluen, etilbenzen, ksilenler ve stiren (BTEXS) düzeylerinin diğer çalışmalarda raporlanan düzeylerden genel olarak yüksek olduğu bulunmuştur. Kişisel Maruziyet, iç ortam ve dış ortam BTEXS düzeyleri Amerika’nın Minnesota eyaletinde (Adgate ve ark., 2004) ve Avrupa’da (Ilgen ve ark., 2001; Schneider ve ark., 2001) kentsel alanlarda yapılan benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlardan yüksek bulunmuştur. Sonuçların Meksika’da (Tovalin-Ahumada ve Whitehead, 2007), Avrupa’da (Zuraimi ve ark., 2006) ve Kore’de (Son ve ark., 2003) yapılan çalışmalarla karşılaştırılabilir olduğu, sadece trafiğin yoğun olduğu metropol bir şehir olan Singapur’da (Zuraimi ve ark., 2006) ofis iç ortamlarında yapılan çalışmada elde edilen sonuçlardan düşük olduğu görülmektedir.

UOBlere ilişkin ulusal ve uluslararası sınır değerler geliştirilmediğinden bu bölümde sadece dünyanın diğer bölgelerinde yapılan benzer çalışmalarda elde edilen kirlilik düzeyleri ile karşılaştırma yapılmıştır.

Tablo 7.22. UOB Konsantrasyonlarının Literatür Çalışmaları ile Karşılaştırılması

Şehir, Ülke	Mevsim	Örneklenen Çevre	N	Ortam	Konsantrasyon ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)						Değer	Referans
					Benzen	Toluen	m,p-ksilen	o-ksilen	Etilbenzen	Stiren		
Kocaeli, Türkiye	Yaz	Ev	15	İç Ortam	6.87	23.67	9.46	4.76	6.16	6.54	Ortanca	Bu çalışma
		Ofis	10	İç Ortam	9.82	50.79	15.05	12.33	9.16	7.38		
		Okul	3	İç Ortam	6.67	44.78	11.93	4.87	9.03	7.81		
			28	Dışortam	6.58	14.73	7.58	3.77	4.44	3.91		
			28	Kişi	8.26	35.19	11.52	6.17	9.15	6.65		
	Kış	Ev	15	İç Ortam	9.28	41.39	25.56	14.05	14.59	8.92		
		Ofis	10	İç Ortam	10.63	66.26	35.21	22.52	16.71	17.81		
		Okul	3	İç Ortam	13.67	62.72	25.05	13.09	13.25	5.48		
			28	Dışortam	8.18	21.37	15.06	8.29	5.16	4.46		
			28	Kişi	9.28	51.51	25.56	16.78	15.31	13.22		
Hamburg, Almanya	Haziran 95- Kasım 96	Ev	201	İç Ortam	1.48	20.46	2.92	0.79	0.7	n.m.	Ortanca	Schneider ve ark., 2001
			Dışortam	1.13	4.46	1.2	n.d.	n.d.	n.m.			
Erfurt, Almanya	Ev	204	İç Ortam	2.17	37.29	4.17	1.2	1.67	n.m.			
		Outdoor		1.62	4.98	1.76	n.d.	n.d.	n.m.			
Asan, Kore	Yaz	Ev	30	İç Ortam	23.83	13.9	8.48 ^a	8.28	0.83	n.m.	Ortanca	Son ve ark., 2003
				Dışortam	24.51	11.16	6.66 ^a	6.66	0.89	n.m.		
				Kişi	24.98	16.84	7.98 ^a	8.98	0.99	n.m.		
Seoul, Kore	Yaz	Ev	30	İç Ortam	36.9	54.44	8.69 ^a	9.29	1.22	n.m.		
				Dışortam	34.58	46.41	8.7 ^a	9.29	1.43	n.m.		
				Kişi	38.3	48.63	7.78 ^a	8.08	1.22	n.m.		
Singapur 8 Avrupa Ülkesi	Kış	Ofis	8	İç Ortam	87.1	287.3	143	43.4	n.m.	n.m.	Ortalama	Zuraimi ve ark., 2006
		Ofis	18	İç Ortam	14.6	35.1	22.2	10.2	n.m.	n.m.		
Mexico, Meksika Puebla, Meksika	Bahar	Ofis	21	Kişi	10	88	27	10	11	2	Ortanca	Tovalin-Ahumada ve Whitehead, 2007
		Ofis	12	Kişi	3	65	19	7	7	1		
Hannover, Almanya		Ev-Kırsal	59	İç Ortam	1.84	19.72	4.47	1.37	2.04	n.m.	Geo. Ort.	Ilgem ve ark., 2001
		Ev-Kentsel	56	İç Ortam	3.07	21.75	5.99	1.97	2.35	n.m.		
Minnesota, USA	Kış	Okul	39	İç Ortam	0.60	2.90	2.30	0.80	0.60	0.10	Ortanca	Adgate ve ark., 2004
				Dışortam	1.3	2.6	2.3	0.80	0.60	0.10		
		Ev	93	İç Ortam	2.2	8.2	3.7	1.2	1	0.7		
				Kişi	2.1	7.7	3.5	1.1	1	0.5		
	Bahar	Okul	47	İç Ortam	0.6	1.6	1.2	0.4	0.3	0.1		
				Dışortam	1.1	2.7	2	0.7	0.5	0.1		
		Ev	88	İç Ortam	2.1	8.9	3.3	1.1	1	0.8		
				Kişi	1.5	7.7	2.9	1	0.9	0.5		

^a: p-ksilen, n.d.: bulunamadı, n.m.:ölçülemedi

BÖLÜM 8. RESEPTÖR (ALICI ORTAM) MODELLEME TEKNİĞİ KULLANILARAK KİRLETİCİ KAYNAKLARIN BELİRLENMESİ

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. Çalışma kapsamında incelenen inorganik ve organik kirleticiler birlikte ele alınmıştır. Partikül madde örnekleri iç ve dış ortam örneklemelelerinde her iki partikül fraksiyonu için (PM2.5 ve PM10) belirlendiğinden PMF modeli bu 2 partikül fraksiyonu için ayrı ayrı uygulanarak kaynak profilleri arasında farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Kişisel maruziyet örneklemelelerinde sadece PM2.5 partikül fraksiyonunda örnekleme yapılmıştır.

Farklı mikroçevrelerde (ev, okul ve ofis) kaynak profillerini belirlemek için ilk olarak proje 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 39 değişkenin kullanılmasına karar verilmiştir. Modelde kullanılan 39 değişken (Arsenik, Vanadyum, Alüminyum, Silisyum, Kükürt, Potasyum, Kalsiyum, Titanyum, Krom, Mangan, Demir, Nikel, Bakır, Çinko, Kurşun, Azotdioksit, Kükürtdioksit, Azot, Karbonmonoksit, Karbondioksit, Sıcaklık, Nem, Hegzan, Benzen, Siklohegzan, Heptan, Toluen, Oktan, Etilbenzen, m,p-ksilen, Stiren, o-ksilen, Nonan, 1,3,5-Trimetilbenzen, Dekan, 1,2,4-Trimetilbenzen, 1,2,3-Trimetilbenzen, Andekan, Dodekan) kirleticiler hakkında bilgi sahibi olmak için çok elverişli bir imkan tanımıştır. Kişisel maruziyet örneklemelelerinde ise CO, CO₂, Sıcaklık ve Nem ölçümleri yapılmadığından PMF modeli 35 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 modelleye dahil etmesi gibi bir avantajı bulunmaktadır. Dolayısıyla 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 ark. (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 ölçülemediği 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 değerlerin 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’ün 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 4 katına kadar arttırılmıştır. Eğer hala uygun bir dağılım elde edilemiyorsa o bileşik modelden çıkarılmıştır.

8.1. 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 8.1’de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi dış ortam (PM10) kirlilik düzeylerine 6 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 8.2’de verilmektedir. Ayrıca modelin başarısını ortaya koyabilmek amacıyla modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki korelasyon Şekil 8.3’de verilmektedir. Şekil 8.3’den görüleceği gibi model sonucunda elde edilen yüksek korelasyon ($R^2=0.9349$) modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir.

PM2.5 veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” ise Şekil 8.4’de verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi dış ortam (PM2.5) kirlilik düzeylerine 7 kaynak etki etmektedir. Elde edilen kaynak profillerinin katkı oranları yüzdesel olarak Şekil 8.5’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki yüksek korelasyon ($R^2=0.8992$) PMF modelinin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir.

Dış ortam için PM10 partikül fraksiyonunda elde edilen 6 kaynak profilinin, dış ortam PM2.5 partikül fraksiyonu için elde edilen 7 kaynak profili içerisinde yer alması nedeniyle dış ortama ilişkin PMF modeli sonuçları ayrı ayrı açıklanmak yerine PM2.5 partikül fraksiyonunda elde edilen 7 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.

Dış Ortam Kirletici Kaynakları Açıklamaları

Faktör 1: Dış ortam kirlilik kaynakları PM2.5 veri seti ile birlikte ele alındığında Şekil 8.4’de görüldüğü gibi Faktör 1 As, V, Al, Ti, Cr, Ni, Cu, Pb, NO₂, SO₂, CO ve CO₂ için yüksek kütle profillerine sahiptir. Bu faktörde gözlenen kirleticiler yanma kaynaklı kirleticilerden oluşmaktadır. Özellikle Arsenik ve Vanadyum elementleri sırasıyla kömür ve Fuel-Oil yanması sonucu açığa çıkan elementlerdir. Bu 2 elementin yanısıra Cr, Ni, Cu ve Pb elementleri ve NO₂, SO₂, CO ve CO₂ gibi inorganik gaz kirleticilerin de aynı kaynak altında

bulunması bu faktörü “Fosil Yakıtların Yanması” kaynağı olarak ön plana çıkarmaktadır. İnorganik kirlilik düzeylerinin meteorolojik verilerle ilişkilendirildiği bölümde belirtildiği gibi 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. 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 %16 olduğu Şekil 8.5’de görülmektedir.

PM10 veri seti kullanılarak uygulanan PMF sonuçlarına (Şekil 8.1) bakıldığında Faktör 3’ün benzer özelliklere sahip kirleticilerden oluştuğu görülmektedir. PM2.5 ve PM10 veri seti arasındaki en önemli farklılık PM10 veri setinde S elementinin yüksek kütle profili sergilemesidir. Bu da yanmanın önemli bir sonucu olarak açığa çıkan S elementinin daha kaba partikül boyutunda bulunma eğilimi nedeniyle PM2.5 yerine PM10 sonuçlarında ön plana çıkması ile açıklanabilir. Şekil 8.2’e bakıldığında Yanma kaynaklı kirliliğin toplam kirlilikteki payının %19 olduğu görülmektedir.

Faktör 2: Şekil 8.4 incelendiğinde Faktör 2’de organik kirleticilerin ön planda olduğu görülmektedir. Faktör 2 için Benzen, Toluen, Oktan, Etilbenzen, Ksilenler, Nonan ve 1,3,5-Trimetilbenzen’in kütle profilleri yüksek bulunmuştur. Özellikle Benzen, Toluen, Etilbenzen ve Ksilenlerin bu faktör altında yüksek kütle profillerinde bulunması USEPA SPECIATE veri tabanındaki “Benzinli Araç Emisyonları” için verilen kaynak profilleri ile çok uyumlu bulunmuştur. Bu faktörde benzinli araç emisyonlarının en önemli göstergesi olarak Ksilenlerin diğer UOBlere oranla yüksek kütle konsantrasyonlarına sahip olması kaynağın tanımlanmasında kolaylık sağlamaktadır. Ksilenlerin yaklaşık %50’si sadece bu faktör ile açıklanabilmektedir. Açıklamalar ışığında Faktör 2 “Benzinli Araç Emisyonları” olarak adlandırılmıştır. Şekil 8.5’e bakıldığında Benzinli Araçlardan kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %17 olduğu görülmektedir.

Faktör 3: Şekil 8.4 incelendiğinde Faktör 3’de As, V, S, Cr, Mn, Zn ve Pb elementlerinin yüksek kütle profili sergiledikleri görülmektedir. Şekil 8.1’de ise bu elementlere ilave olarak PM10 partikül boyutunda Faktör 4 altında Fe, Cu, NO₂, SO₂ ve CO’in bir arada bulunduğu görülmektedir. PMF sonuçları ile inorganik kirlilik düzeylerinin meteorolojik parametrelerle ilişkilendirilmesi bölümünde kirletici kaynak bölgelerine ilişkin olarak yapılan değerlendirmeler birleştirildiğinde Boya, Demir-Çelik ve Çimento fabrikalarının yer aldığı

Dilovası ve Gebze bölgesinin bu faktörde etkili olduğu görülmektedir. As, V, Cr, Mn, Zn, Pb, Fe, Cu elementleri Türkiye'nin neredeyse tüm boya ihtiyacını karşılayan Dilovası bölgesinde kurulu boya fabrikalarını, yüksek As içeren kömür yakmaları ve prosesten açığa çıkan Cr, Mn, Fe elementleri ile yine aynı bölgede kurulu Demir-Çelik Endüstrilerini, proseste yüksek As içeren kömür yakmalarının yanısıra partikül maddede Pb, Fe, Cr ve Mn elementlerinin yüksek miktarda açığa çıktığı Çimento Fabrikasının kirlilikte etkili rol oynadığını söyleyebiliriz. Sözü geçen Boya, Demir-Çelik ve Çimento endüstrilerinin yanısıra Dilovası ve Gebze bölgesinde kurulu çok sayıda endüstri kuruluşunda ısıtma ve proseste yakma amacıyla kullanılan fosil yakıtların neden olduğu NO₂, SO₂ ve CO kirliliği de bu faktörde kendini göstermektedir. Sadece kimyasal ölçümlerin bölgelerin kirliliğini açıklamada yeterli olmadığı, bu nedenle bu çalışmada olduğu gibi meydana gelen kirliliğin meteorolojik parametrelerle de ilişkilendirilmesi sayesinde kirleticilerin kaynak bölgeleri hakkında bilgi sahibi olunabileceğini göstermektedir. Bütün bu değerlendirmelerin ardından Faktör 3 "Demir-Çelik, Boya ve Çimento Endüstrileri" olarak adlandırılmıştır. Her iki partikül boyutunda da Dilovası ve Gebze kaynak bölgelerinin toplam kirlilikteki payının %11 olduğu Şekil 8.2 ve Şekil 8.5'den görülmektedir.

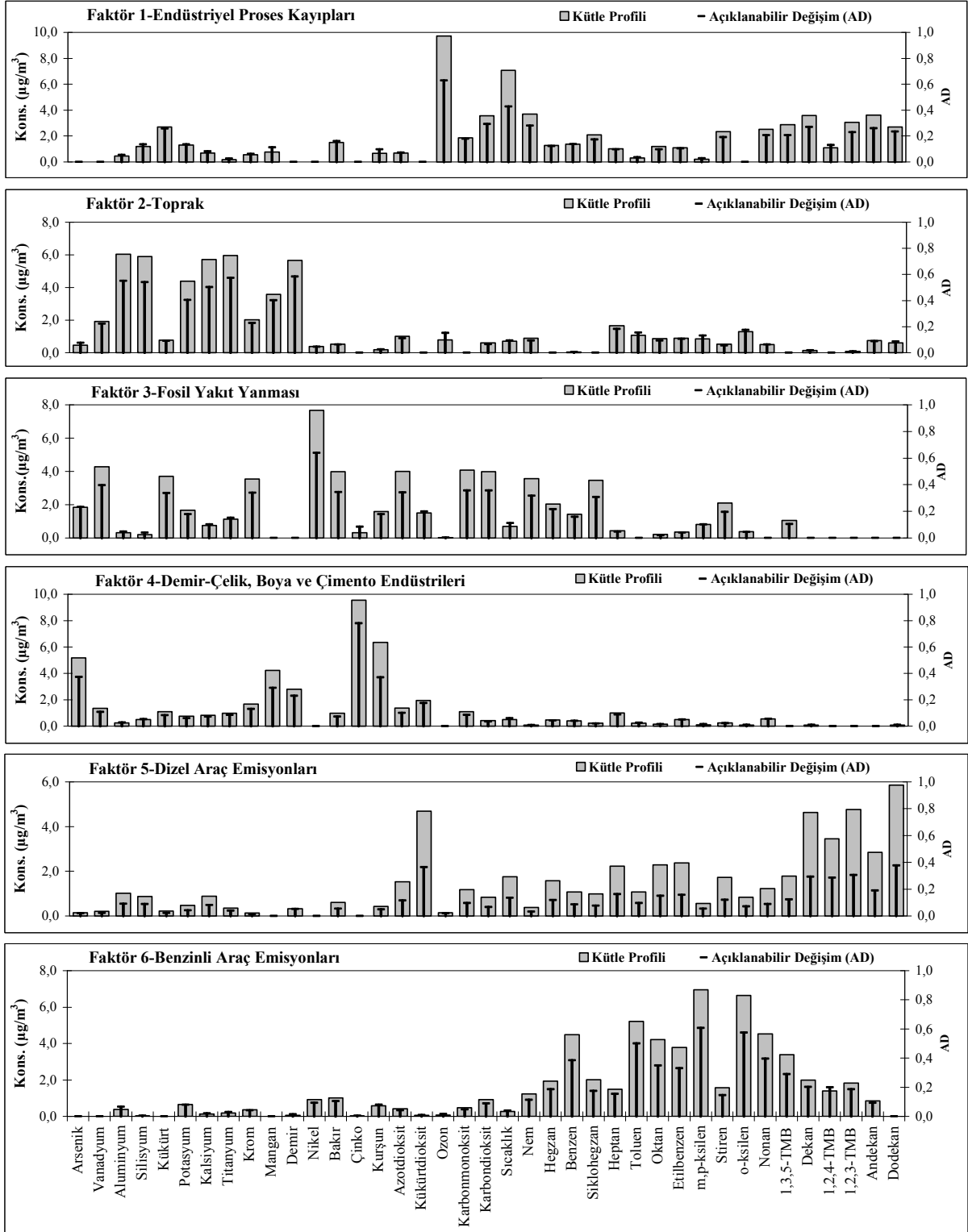
Faktör 4: Hem inorganik hem de organik kirleticilerin birlikte yer aldığı Faktör 4'de S, NO₂, ve CO gibi inorganik kirleticilerin yanısıra Hegzan, Benzen, Siklohegzan, Heptan, Toluen, Oktan, Etilbenzen, Ksilenler, Stiren ve Nonan gibi organik kirleticilerin de yüksek kütle profillerine sahip olduğu gözlenmiştir. Faktör 4'de özellikle hafif molekül ağırlığa sahip UOBlerin yer alması, bölgede kurulu ve Türkiye'nin %30'dan fazla ihtiyacını karşılayan Petrol Rafinerisi ve çok sayıda LPG Dolum Tesisine dikkat çekmektedir. Aynı bölgede bulunan Rafineri ve LPG Dolum Tesislerinin evaporatif emisyonlarından kaynaklanan yüksek uçuculuğa sahip düşük molekül ağırlıklı UOBler kaynağın belirlenmesinde kolaylık sağlamaktadır. Bunun yanısıra Rafineri tesisinde yakıtın içeriğinde bulunan S miktarının azaltılması amacıyla kurulan desülfirizasyon tesisi nedeniyle S elementi Faktör 4'de yüksek kütle profili göstermiştir. S elementinin yaklaşık %60'ı bu faktör altında açıklanmaktadır. Değerlendirmeler ışığında Faktör 4 "Rafineri ve LPG Dolum Tesisleri Evaporatif Emisyonları" olarak adlandırılmıştır. Faktör 4'ün toplam kirlilikteki payının %16 olduğu Şekil 8.5'den görülmektedir.

Faktör 5: Şekil 8.4 incelendiğinde Faktör 5'de ağır molekül ağırlıklı organik kirleticilerin ön planda olduğu görülmektedir. Faktör 5'de BTEX'lerin yanısıra özellikle Dekan, 1,2,4-

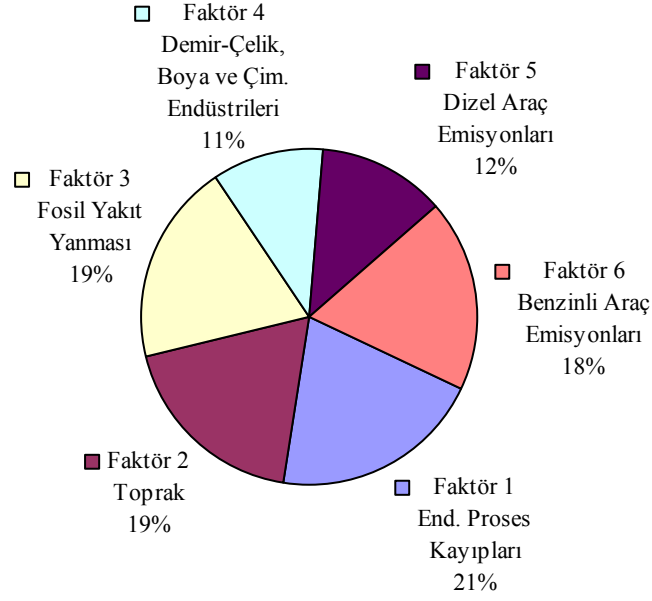
Trimetilbenzen, 1,2,3-Trimetilbenzen, Andekan ve Dodekan gibi yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerin kütle profilleri yüksek bulunmuştur. Özellikle yüksek molekül ağırlıklı UOBlerin bu faktör altında yüksek kütle profillerinde bulunması USEPA SPECIATE veri tabanındaki “Dizel Araç Emisyonları” için verilen kaynak profilleri ile çok uyumlu bulunmuştur. Ayrıca dizel araçların en önemli iz bileşiklerinden olan SO₂, NO₂, CO ve CO₂’nin aynı faktör altında yer alması faktörün tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle Faktör 5 “Dizel Araç Emisyonları” olarak tanımlanmıştır. Şekil 8.5’e bakıldığında dizel araçlardan kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %11 olduğu görülmektedir.

Faktör 6: Şekil 8.4 incelendiğinde dizel araç emisyonlarındaki gibi yüksek kütle profillerine sahip olmasada yüksek molekül ağırlığına sahip UOBlerin Faktör 6’da bulunduğu görülmektedir. Faktör 6 ikincil kirletici olan Ozon’un yanısıra CO₂, Sıcaklık ve Nem değişkenlerini de içermektedir. Bölge 300 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 3 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 Faktör 6’da olduğu gibi ağır UOBler açığa çıkmaktadır. Atmosferde çeşitli mekanizmalar sonucunda bu UOBler daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi ortamdaki NO’leri tüketerek Ozon oluşumuna sebep olmaktadır. Dolayısıyla Faktör 6’da gözlenen UOBlerin beraberinde Ozon ile görülmesi nedeniyle Faktör 6 “Endüstriyel Proses Kayıpları” olarak tanımlanmıştır. Şekil 8.5’e bakıldığında Endüstriyel Proses Kayıplarından kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %17 olduğu görülmektedir. Aynı faktör PM10 veri setinde (Şekil 8.1) Faktör 1 altında görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %21 gibi yüksek bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır.

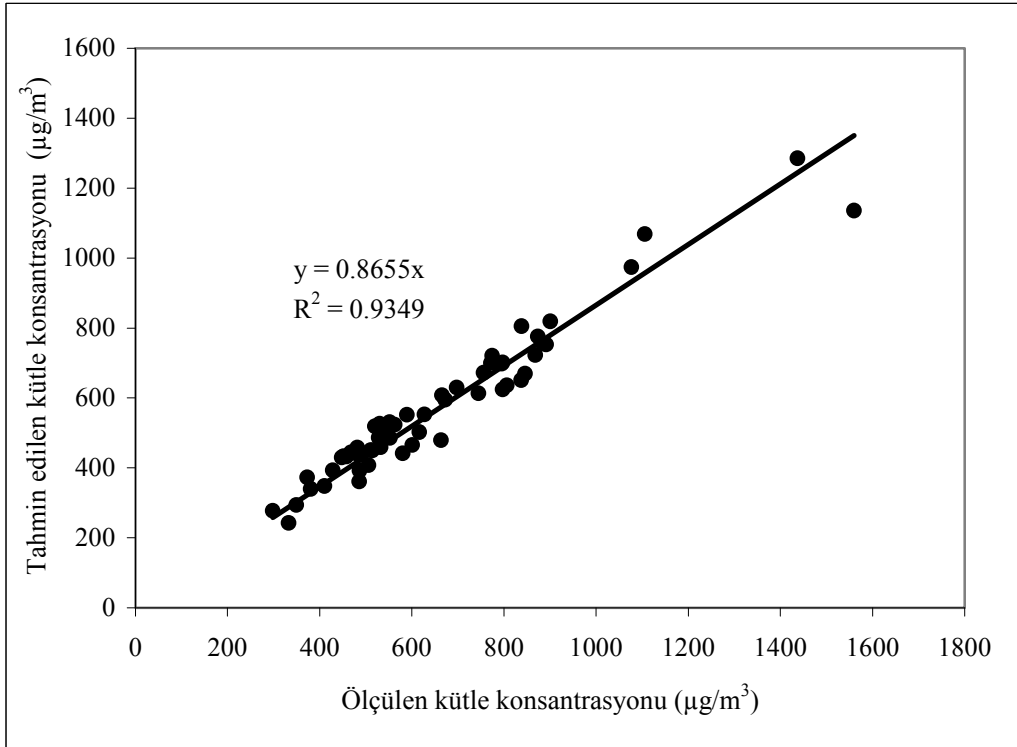
Faktör 7: Bu faktör altında V, Al, Si, K, Ca, Ti, Cr, Mn ve Fe gibi toprak elementleri yüksek Kütle Profiline sahiptir. Bu elementler yer kabuğu elementleri olup aynı faktör altında bulunmaları nedeniyle Faktör 7 “Toprak” faktörü olarak tanımlanmıştır. Faktör 7’nin PM2.5 veri setinde toplam kirlilikteki payı %12 iken PM10 veri setinde %19 olması bu faktör altında gözlenen yer kabuğu elementlerinin daha çok kaba partikül boyutunda bulunma eğiliminden kaynaklanmaktadır.



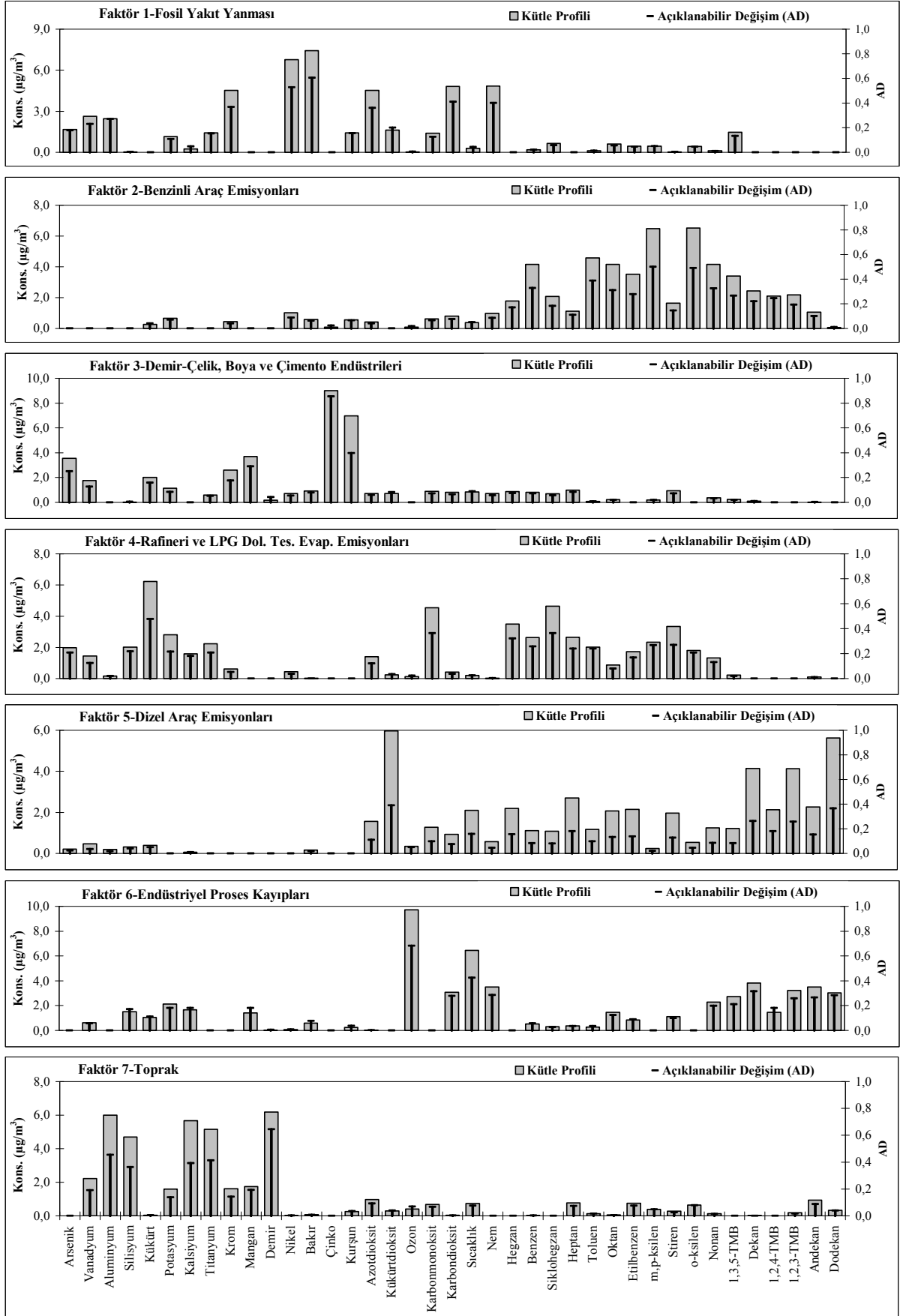
Şekil 8.1. Dış Ortam PMF Sonuçları - (PM10 Partikül Fraksiyonu)



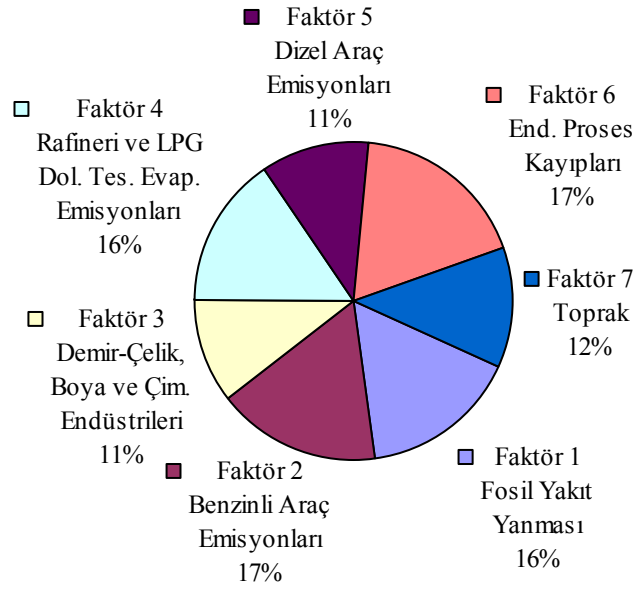
Şekil 8.2. Dış Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



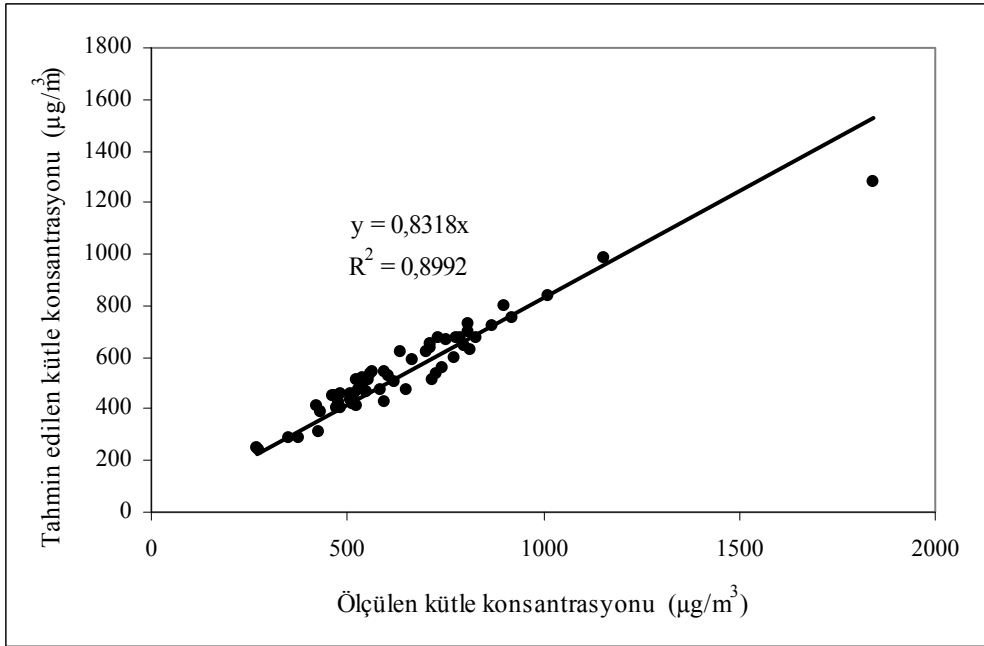
Şekil 8.3. Dış Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 8.4. Dış Ortam PMF Sonuçları - (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 8.5. Dış Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 8.6. Dış Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)

8.2. 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.

8.2.1. Evlerde İç Ortam Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi

Evlerin iç ortamları için PM10 veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” Şekil 8.7’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 8.8’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasında görülen yüksek korelasyon ($R^2=0.9565$) modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir (Şekil 8.9).

Evlerin iç ortamları için PM2.5 veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” Şekil 8.10’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 8.11’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki yüksek korelasyon ($R^2=0.9136$) modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir (Şekil 8.12).

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.

Evlerin İç Ortam Kirletici Kaynakları Açıklamaları

Faktör 1: Evlerde iç ortam kirlilik kaynakları PM2.5 veri seti ile birlikte ele alındığında Şekil 8.10'da görüldüğü gibi Faktör 1'de Al, Si, S, K, Ca, Ti, gibi toprak elementleri yüksek kütle profiline sahiptir. Toprak elementlerinin kaba partiküller üzerinde tutunma eğilimi nedeniyle değerlendirmeyi PM10 veri seti için yapmamız daha doğru olacaktır. Evlerde iç ortam PMF sonuçları (PM10) için Şekil 8.7 incelenecek olursa Faktör 6 altında Al, Si, K, Ca ve Ti elementlerinin yanı sıra yer kabuğunda fazla miktarda bulunan Mn ve Fe elementlerini de görebilmekteyiz. 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 %11 (Şekil 8.11) iken PM10 veri setinde %12 (Şekil 8.8) bulunmuştur.

Faktör 2: Şekil 8.10 incelendiğinde Faktör 2'de V, S, CO, CO₂ gibi inorganik kirleticilerin yanı sıra incelenen tüm UOBler için yüksek kütle profilleri elde edilmiştir. PM10 veri seti için Faktör 1 incelendiğinde (Şekil 8.7) ise PM2.5 veri setinde gözlenen inorganik kirleticilere ilave olarak As, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb, NO₂ ve SO₂ kirleticileri de yüksek kütle profilleri ile dikkat çekmektedir. Her iki partikül fraksiyonunda gözlenen kirleticiler yanma kaynaklı kirleticilerden oluşmaktadır. Özellikle Arsenik ve Vanadyum elementleri sırasıyla kömür ve Fuel-Oil yanması sonucu açığa çıkan elementlerdir. Bu iki elementin yanısıra Cr, Ni, Cu ve Pb elementleri ve NO₂, SO₂, CO ve CO₂ gibi inorganik gaz kirleticiler ve UOBlerin de aynı kaynak altında bulunması bu faktörü "Fosil Yakıtların Yanması" kaynağı olarak ön plana çıkarmaktadır. 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 8.11'de bakıldığında Yanma kaynaklı kirliliğin evlerin iç ortamlarında toplam kirlilikteki payının %14 olduğu görülmektedir.

Faktör 3: PM2.5 (Şekil 8.10) ve PM10 (Şekil 8.7) partikül fraksiyonlarında Faktör 3'de organik ve inorganik bileşenler yer almaktadır. Cr, Mn, Ni, Cu, Pb, NO₂, SO₂, CO, CO₂, Siklohegzan, Heptan, Toluen, Oktan, Etilbenzen, Ksilenler, Stiren, Nonan, 1,3,5-

Trimetilbenzen, Dekan, 1,2,3-Trimetilbenzen ve Dodekan için kütle profilleri yüksek bulunmuştur. Bu faktör altında yüksek kütle profillerine sahip bileşenler EPA SPECIATE veri tabanındaki “Motorlu Araç Emisyonları” için verilen kaynak profilleri ile uyumlu bulunmuştur. Ayrıca bu faktör altında yüksek kütle profillerine sahip UOBler yapılan benzer çalışmalarda (Scheff ve ark., 1989; Barrefors ve Petersson, 1993; Watson ve ark., 2001) motorlu araç emisyonları ile ilişkilendirilmiştir. Dış ortam PMF sonuçlarında benzinli ve dizel araç emisyonları şeklinde ayrılan faktörlerin kompozisyonları iç ortam için uygulanan PMF sonuçlarında tek bir faktör altında birleşmişlerdir. Benzinli ve dizel araçların tümünü ifade etmesi nedeniyle Faktör 3 “Motorlu Araç Emisyonları” olarak adlandırılmıştır. Böylece Faktör 3, dış ortamdaki iç ortama taşınan ve iç ortam kirlilik düzeylerine etki eden diğer bir kaynağı göstermektedir. Şekil 8.11’e bakıldığında Motorlu Araçlardan kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %17 olduğu görülmektedir.

Faktör 4: PM2.5 partikül fraksiyonunda Faktör 4 (Şekil 8.10) ve PM10 partikül fraksiyonunda Faktör 7 (Şekil 8.7) yüksek kütle profillerine sahip NO₂, SO₂, CO, CO₂, Siklohegzan, Heptan, Stiren, Dekan, Andekan ve Dodekan bileşiklerini içermektedir. Faktör aynı zamanda ikincil kirleticisi olan Ozon ile Sıcaklık ve Nem değişkenlerini de içermektedir. Bölgede kurulu çok sayıda endüstri kuruluşu arasında özellikle Türkiye’nin 3 büyük Lastik Endüstrisi ve Türkiye’nin tek Tehlikeli ve Klinik Atıkları Yakma ve Depolama Tesisi’de aynı bölgede bulunmaktadır. USEPA’nın veri tabanından (USEPA SPECIATE versiyon 4.0) elde edilen bilgiler ışığında sözü geçen tesisler öncelikli olmak üzere bölgedeki çok sayıda tesisin farklı bölümlerinden kaynaklanan proses kayıpları sonucunda UOBler açığa çıkmaktadır. Atmosferde çeşitli mekanizmalar sonucunda açığa çıkan UOBler daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi ortamdaki NO’leri tüketerek Ozon oluşumuna sebep olmaktadır. Dolayısıyla Faktör 4’de gözlenen UOBlerin beraberinde Ozon ile görülmesi nedeniyle Faktör 4 “Endüstriyel Proses Kayıpları” olarak tanımlanmıştır. Böylece Faktör 4’de bir dış ortam kirleticisi olarak iç ortamlara etki eden faktör olarak bulunmuştur. Şekil 8.11’e bakıldığında Endüstriyel Proses Kayıplarından kaynaklanan kirliliğin ev iç ortamlarında toplam kirlilikteki payının %16 olduğu görülmektedir. Aynı faktör evlere ilişkin PM10 veri setinde (Şekil 8.8) Faktör 7 altında görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %18 bulunmuştur.

Faktör 5: Faktör 5 içerisinde hem inorganik hem de organik kirleticiler birlikte yer almaktadır. Bu faktör altında tesbit edilen bileşiklerin en büyük özelliği yanma kaynaklı bileşikler olmalarıdır. Faktör 5’de As, V, S, Pb, Hexane, Benzen, Siklohegzan, Toluen ve

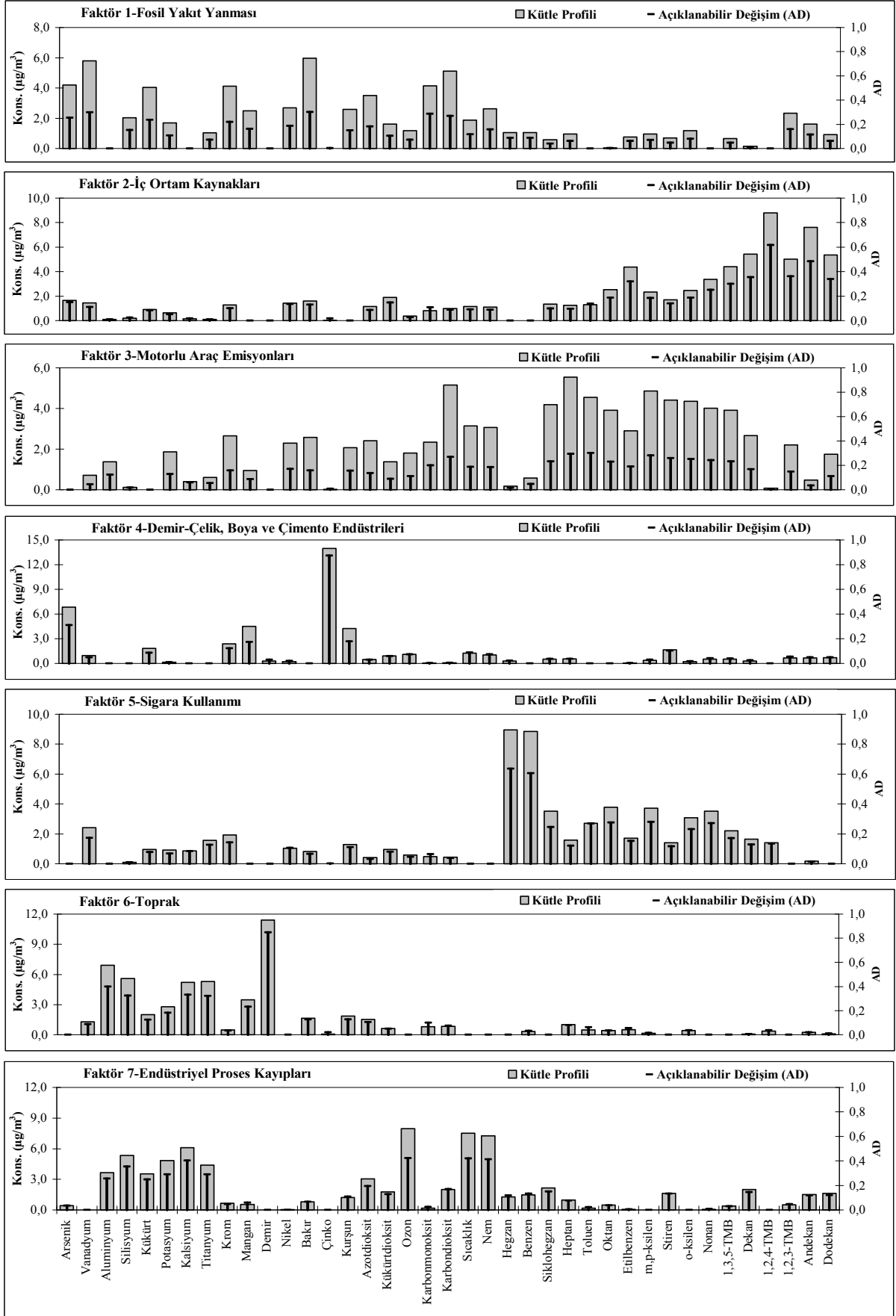
Oktan yüksek kütle profillerine sahip olduğu gözlenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen inorganik ve organik kirleticiler ile ilgili olarak daha önceki bölümlerde yapılan değerlendirmelerde sigara kullanımı ile inorganik ve organik kirletici konsantrasyonları arasındaki ilişkiler kapsamında sigara kullananlar ve kullanmayanların konsantrasyon oranlarının (Tablo 5.24 ve Tablo 7.24) 1'in üzerinde (As (1,66), V (1,81), S (1,32), Hexane (2,7), Benzen (2,7), Siklohegzan (1,9), Toluen (2,2) ve Oktan (1,8) olduğu bulunmuştur. Elde edilen oranlar bu bölümde organik ve inorganik kirleticilerin birlikte yer aldığı veri setine uygulanan PMF modeli ile birlikte ele alındığında iç ortamlarda gözlenen kirlilik düzeylerinde sigara kullanımının önemli bir katkı sağlayan kaynak olarak ön plana çıktığını göstermektedir. Değerlendirmeler ışığında Faktör 5 "Sigara Kullanımı" faktörü olarak adlandırılırken kullanılan sigaraların iz bileşikleri olarak As, V, S, Pb, Hegzan, Benzen, Siklohegzan, Toluen ve Oktan belirlenmiştir. Faktör 5'in toplam kirlilikteki payının %13 olduğu Şekil 8.11'den görülmektedir. Aynı faktör evlere ilişkin PM10 veri setinde (Şekil 8.8) Faktör 5 altında görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %14 bulunmuştur.

Faktör 6: Şekil 8.10 incelendiğinde Faktör 6'da As, V, Cr, Mn, Fe, Zn 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, inorganik 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 %11 (Şekil 8.11) , PM10 partikül boyutunda ise %8 (Şekil 8.8) olduğu görülmektedir.

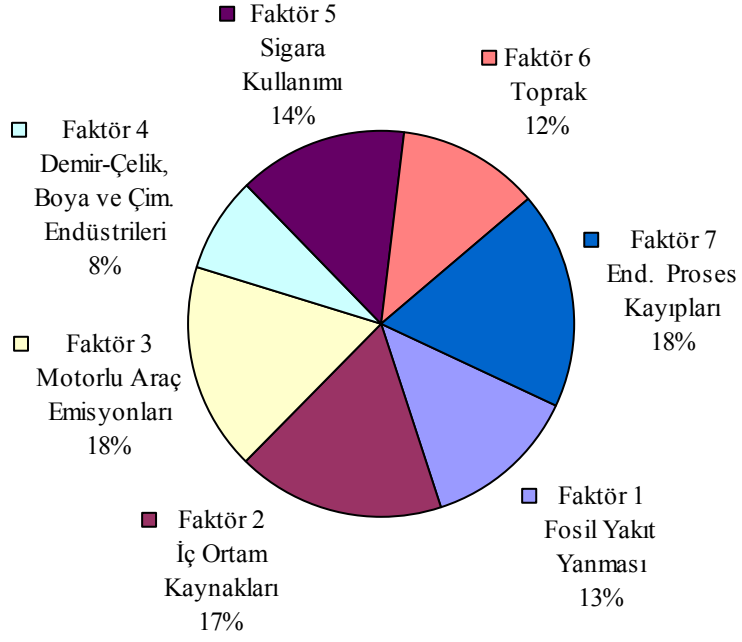
Faktör 7: Faktör 7 UOBlerden oluşmaktadır. Şekil 8.10'dan görüldüğü gibi incelenen tüm UOBler bu faktör altında yüksek kütle profillerine sahip bulunmuştur. EPA SPECIATE veri tabanında iç ortama ilişkin verilen çok sayıda kaynak profili incelendiğinde bu faktör altında çıkan bileşenlerin iç ortam kaynaklarının neden olduğu kirliliğe işaret etmektedir. Bu faktörde görülen UOBler için özellikle evlerde kullanılan temizlik maddeleri ve çok sayıdaki ticari ürününü gösterebiliriz. Bolum 7'de yapılan değerlendirmede Etilbenzen, Heptan, Nonan ve

stiren bileşikleri için, evlerde iç ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyonlarının birbiri ile uyumlu iken dış ortam konsantrasyonlarından 2-3 kat dolaylarında fazla olduğu, bu nedenle evlerde bu bileşikler için dış ortamdaki ziyade iç ortamlarda daha baskın kaynakların olduğuna işaret edilmişti. 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 7 “İç Ortam Kirletici Kaynakları” olarak adlandırılmıştır. Faktör 7'nin toplam kirlilikteki payının %18 olduğu Şekil 8.11'den görülmektedir. Aynı faktör evlere ilişkin PM10 veri setinde (Şekil 8.8) Faktör 2 altında görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %17 bulunmuştur.

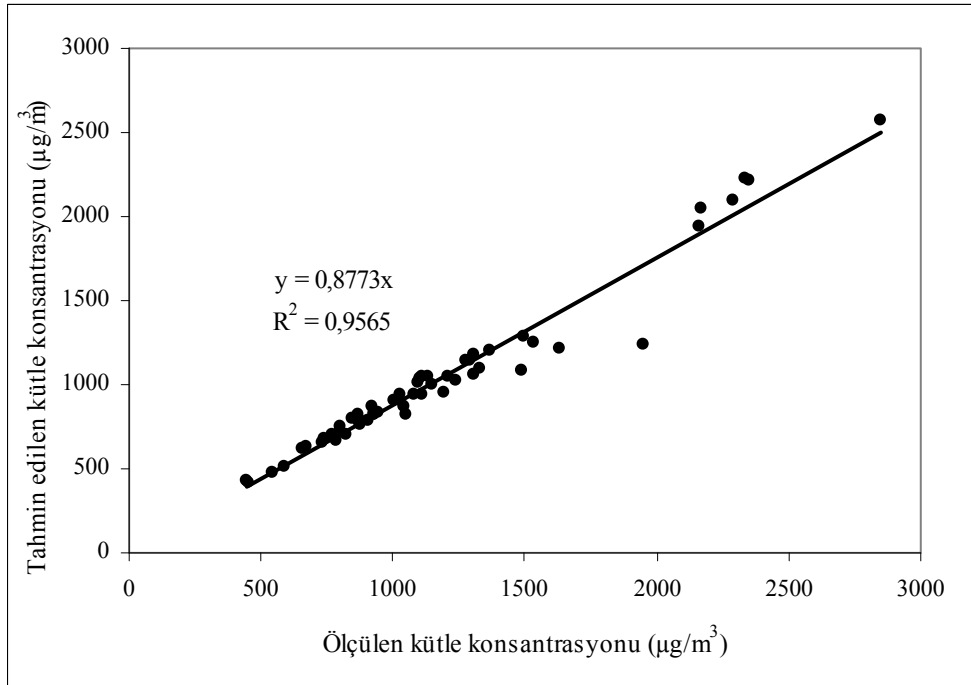
Pay grafiklerinden (Şekil 8.8 ve Şekil 8.11) elde edilen sonuçlar dikkate alındığında evlerin iç ortamlarında elde edilen kirliliğin yaklaşık %30'u iç ortam kaynaklı iken %70'lik dilimin dış ortamlardan kaynaklandığı görülmektedir.



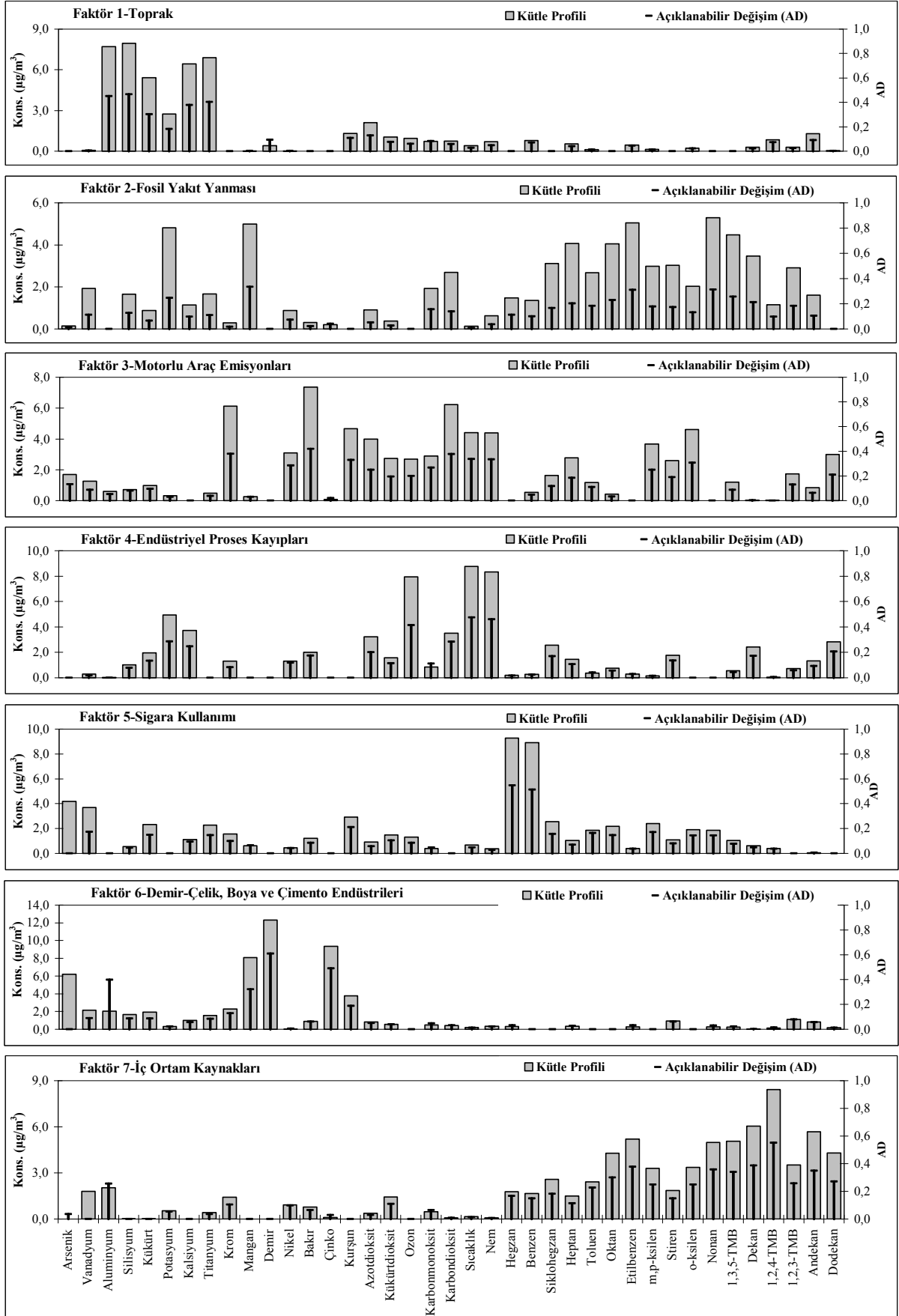
Şekil 8.7. Evler için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM10 Partikül Fraksiyonu)



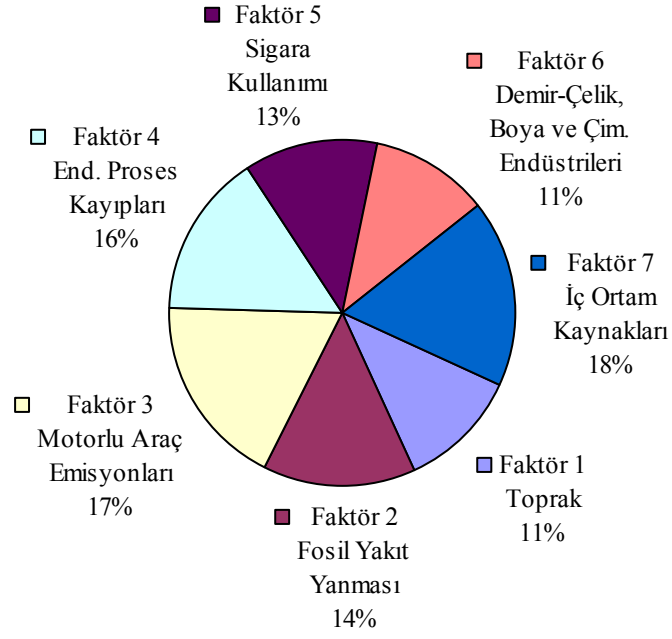
Şekil 8.8. Evler için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



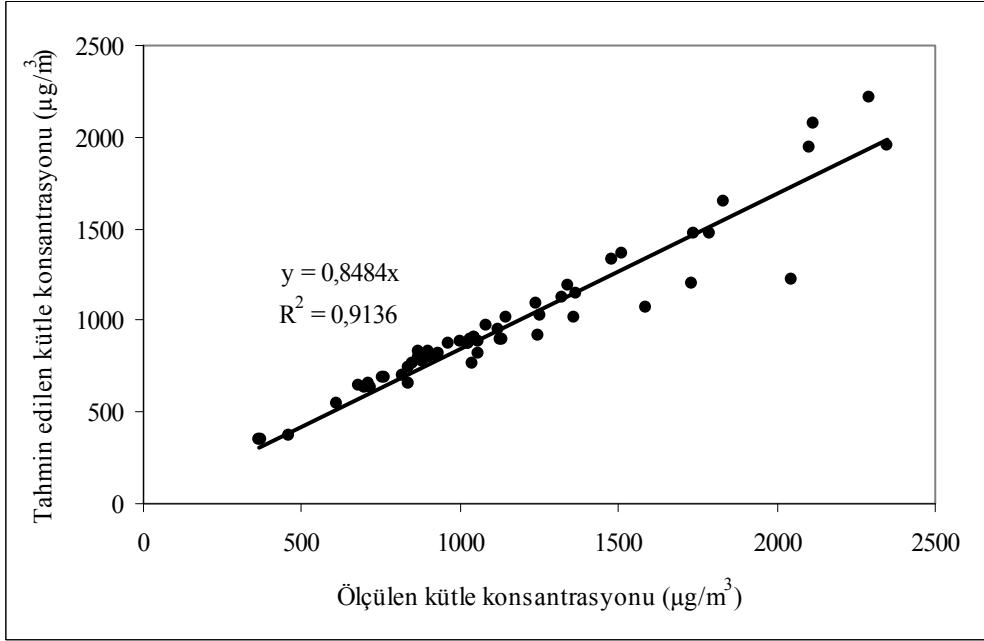
Şekil 8.9. Evlerde İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 8.10. Evler için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 8.11. Evler için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 8.12. Evlerde İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)

8.2.2. Ofis ve Okullarda İç 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 8.13’de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi ofis ve okulların iç ortam (PM10) kirlilik düzeylerine 7 kaynak etki etmektedir. Elde edilen kaynak profillerinin yüzdesel olarak katkı oranları Şekil 8.14’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki korelasyonun yüksek ($R^2=0.9544$) 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 8.16’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 8.17’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki korelasyonun ($R^2=0.8949$) yüksek olması modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir.

Ofis ve okulların iç ortam PM10 partikül fraksiyonunda elde edilen 7 kaynak profili ile PM2.5 partikül fraksiyonunda elde edilen 7 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.

Ofis ve Okulların İç Ortam Kirletici Kaynakları Açıklamaları

Faktör 1: Kükürt, Pb, S, NO₂, SO₂, CO, CO₂, Hegzan, Benzen, Siklohegzan, Heptan, Toluene, Etilbenzen, Ksilen, Stiren, Nonan ve 1,3,5-Trimetilbenzen bileşikleri Faktör 1’de yüksek kütle profiline (Şekil 8.16) sahiptir. Bu nedenle ofisler ve okulların iç ortamları için Faktör 1 “Sigara Kullanımı” olarak adlandırılmıştır. Faktör 1’in toplam kirlilikteki payının %16 olduğu Şekil 8.17’den görülmektedir. Aynı faktör ofis ve okullara ilişkin PM10 veri

setinde (Şekil 8.14) Faktör 5 altında görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %18 bulunmuştur.

Faktör 2: Ofis ve okullarda iç ortam kirlilik kaynakları PM2.5 veri seti ile birlikte ele alındığında Şekil 8.16'da görüldüğü gibi Faktör 2'de V, Al, Si, K, Ca, Ti, Cr, Mn ve Fe gibi toprak elementleri yüksek kütle profillerine sahiptir. Bu elementler yer kabuğu elementleri olup aynı faktör altında bulunmaları nedeniyle PM2.5 veri setinde Faktör 2 “Toprak” faktörü olarak tanımlanmıştır. Toprak kaynağının PM2.5 veri setinde toplam kirlilikteki payı %15 (Şekil 8.17) iken PM10 veri setinde %18 (Şekil 8.14) bulunmuştur.

Faktör 3: Faktör 3 ağırlıklı olarak UOBlerden oluşmaktadır. Şekil 8.16'dan görüldüğü gibi incelenen tüm UOBler bu faktör altında yüksek kütle profillerine sahip bulunmuştur. Bu faktör altında bulunan bileşenler EPA SPECIATE veri tabanında iç ortama ilişkin verilen çok sayıda kaynak profili incelendiğinde ofis ekipmanlarından kaynaklanan ürün emisyonları olarak tanımlanmaktadır. Bu faktörde görülen UOBlerin kaynakları olarak çalışma ortamlarında kullanılan yazıcılar ve çeşitli ekipmanlar ile büro mobilyalarını örnek olarak verebiliriz. Bolum 7'de yapılan değerlendirmede 1,2,4-trimetilbenzen, 1,3,5-trimetilbenzen, dekan, andekan ve dodekan bileşikleri için, ofislerde iç ortam ve kişisel maruziyet konsantrasyonlarının birbiri ile uyumlu iken dış ortam konsantrasyonlarından 2-3 kat dolaylarında fazla olduğu, bu nedenle bu bileşikler için dış ortamdan ziyade ofis iç ortamlarında daha baskın kaynakların olduğuna işaret edilmişti. PMF tekniği uygulaması sonucunda da bu bileşiklerin aynı faktörde yüksek kütle profillerine sahip olması çalışma iç ortamlarında kirliliğe neden olan bileşiklerin belirlenmesinde kolaylık sağlamıştır. Bu nedenle Faktör 3 “İç Ortam Kirletici Kaynakları” olarak adlandırılmıştır. Faktör 3'ün toplam kirlilikteki payının %20 olduğu Şekil 8.17'den görülmektedir. Aynı faktör ofis ve okullara ilişkin PM10 veri setinde (Şekil 8.14) Faktör 3 altında görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %20 olarak bulunmuştur.

Faktör 4: Şekil 8.16 incelendiğinde Faktör 4'de As, V, S, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb, NO₂, SO₂, CO, CO₂ gibi inorganik kirleticilerin yanı sıra Dekan, 1,2,4-Trimetilbenzen, 1,2,3-Trimetilbenzen, Andekan ve Dodekan gibi UOBler için yüksek kütle profilleri elde edilmiştir. Her iki partikül fraksiyonunda gözlenen 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 4 “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 4’ün toplam kirlilikteki payının %13 olduğu Şekil 8.17’den görülmektedir. Aynı faktör ofis ve okullara ilişkin PM10 veri setinde (Şekil 8.14) Faktör 1 altında görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %19 olarak bulunmuştur.

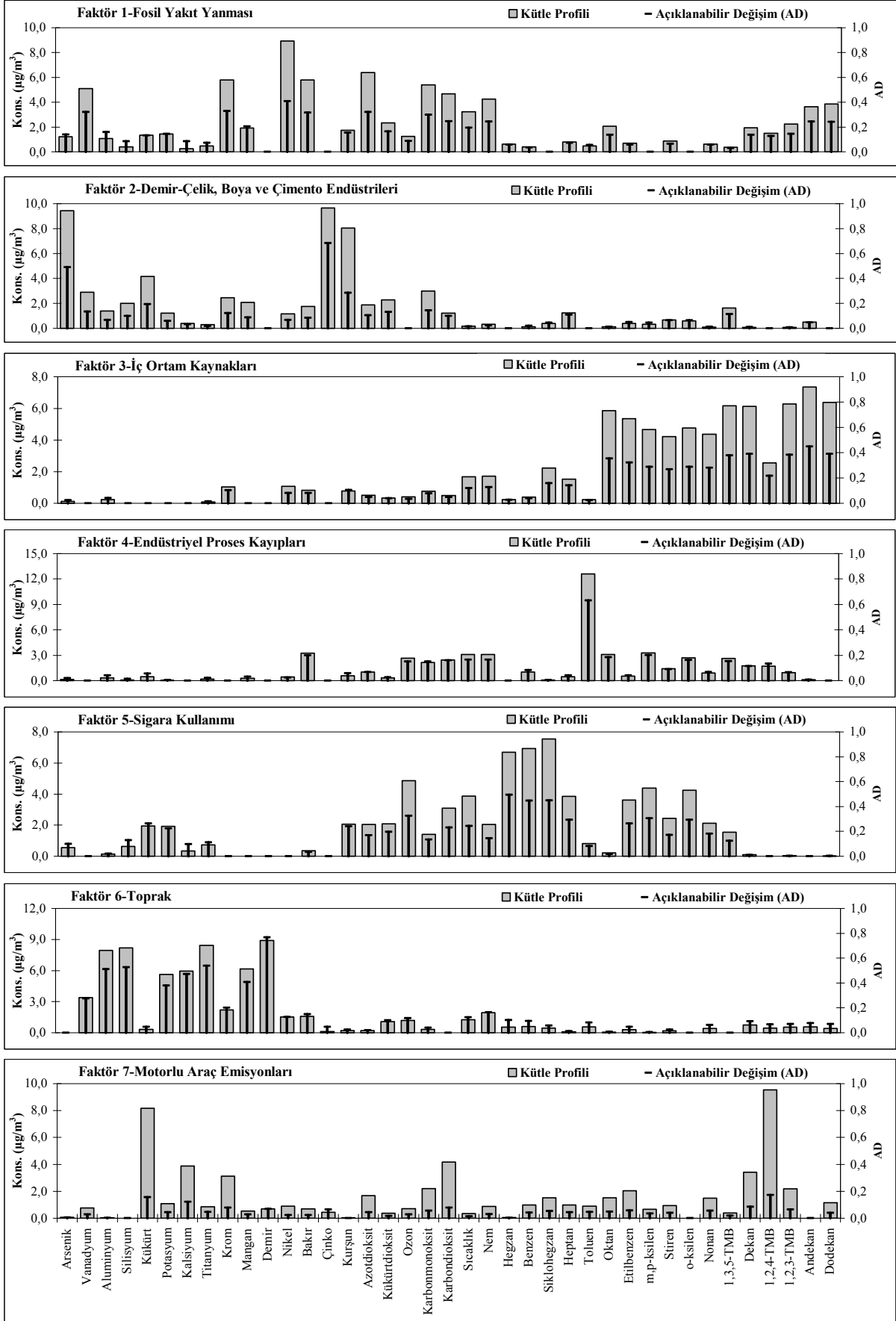
Faktör 5: Şekil 8.16 incelendiğinde Faktör 5’de As, V, S, Cr, Mn, Ni, Cu, Fe, Zn, Pb, CO ve CO₂’in yüksek kütle profili sergiledikleri görülmektedir. Daha önceki bölümlerde yapılan değerlendirmelerde Boya, Demir-Çelik ve Çimento fabrikalarının yer aldığı Dilovası ve Gebze bölgesinin bu faktörde etkili olduğu belirtilmektedir. Faktör 5 iç ortam kirletici düzeylerine etki eden diğer bir dış ortam kirletici kaynağı olup Dilovası ve Gebze kaynak bölgelerini işaret eden “Demir-Çelik, Boya ve Çimento Endüstrileri” olarak adlandırılmıştır. PM2.5 partikül boyutunda Dilovası ve Gebze kaynak bölgelerinin toplam kirlilikteki payının %12 (Şekil 8.17) , PM10 partikül boyutunda ise %9 (Şekil 8.14) olduğu görülmektedir.

Faktör 6: PM2.5 partikül fraksiyonunda Faktör 6 (Şekil 8.16) ve PM10 partikül fraksiyonunda Faktör 7 (Şekil 8.13) organik ve inorganik bileşenlerden oluşmaktadır. Cr, Ni, Cu, NO₂, SO₂, CO, CO₂, Siklohegzan, Toluen, Oktan, Ksilenler, Stiren, Nonan, 1,3,5-Trimetilbenzen, Dekan, 1,2,4-Trimetilbenzen, 1,2,3-Trimetilbenzen ve Dodekan için kütle profilleri yüksek bulunmuştur. Bu faktör altında yüksek kütle profillerine sahip bileşenler EPA SPECIATE veri tabanındaki “Motorlu Araç Emisyonları” için verilen kaynak profilleri ile çok uyumlu bulunmuştur. Bu nedenle Faktör 6 “Motorlu Araç Emisyonları” olarak adlandırılmıştır. Şekil 8.17’ye bakıldığında Motorlu Araçlardan kaynaklanan kirliliğin toplam kirlilikteki payının %13, PM10 partikül boyutunda ise %5 (Şekil 8.14) olduğu görülmektedir.

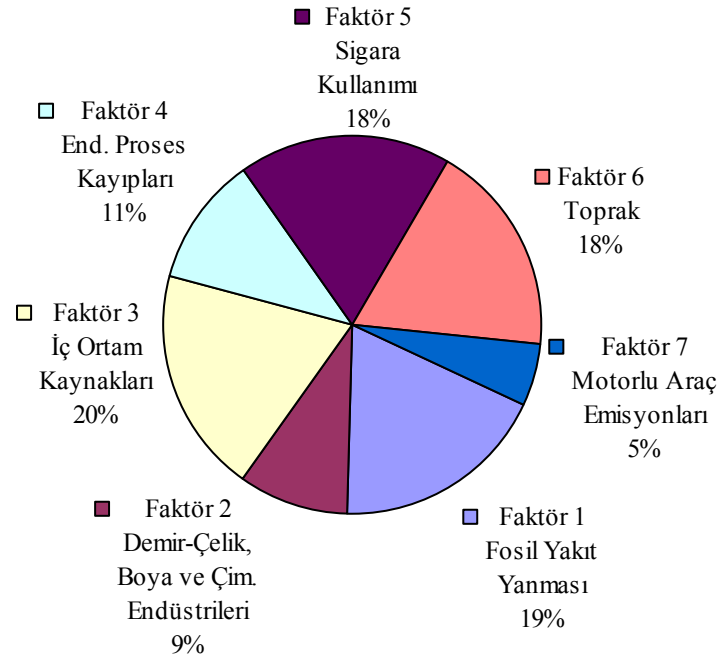
Faktör 7: PM2.5 partikül fraksiyonunda Faktör 4 (Şekil 8.16) ve PM10 partikül fraksiyonunda Faktör 4 (Şekil 8.13) yüksek kütle profillerine sahip Mn, Zn, Cu, CO, CO₂, Siklohegzan, Toluen, Oktan, Ksilenler, Stiren, 1,3,5-Trimetilbenzen, 1,2,4-Trimetilbenzen bileşiklerini içermektedir. Faktör 7 aynı zamanda ikincil kirletici olan Ozon ile Sıcaklık ve Nem değişkenlerini de içermektedir. Bölgede kurulu 1000’e yakın endüstri kuruluşu yanında özellikle Türkiye’nin 3 büyük Lastik endüstrisi ve Türkiye’nin tek Tehlikeli ve Klinik Atıkları Yakma ve Depolama Tesisinin çeşitli bölümlerinden kaynaklanan proses kayıpları sonucu ortaya çıkan UOBler bu faktörde ön plana çıkmaktadır. Faktör 4’de gözlenen UOBlerin

beraberinde Ozon ile görülmesi nedeniyle Faktör 4 “Endüstriyel Proses Kayıpları” olarak tanımlanmıştır. Şekil 8.17’ e bakıldığında Endüstriyel Proses Kayıplarından kaynaklanan kirliliğin ofis ve okulların iç ortamlarında toplam kirlilikteki payının %11 olduğu görülmektedir. Aynı faktör evlere ilişkin PM10 veri setinde (Şekil 8.14) Faktör 4 altında görülmekte olup toplam kirlilikteki payı da %11 olarak bulunmuştur.

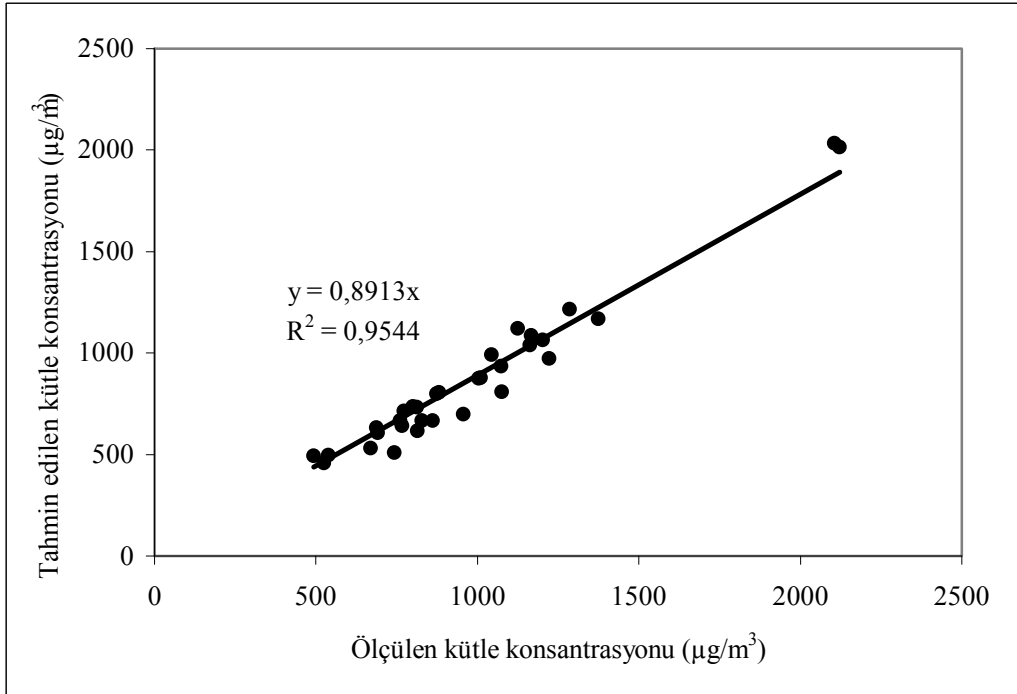
Ev ve ofisler için pay grafiklerinden (Şekil 8.14 ve Şekil 8.17) elde edilen sonuçlar dikkate alındığında evlerde elde edilen sonuçlara benzer şekilde ofis ve okulların iç ortamlarında elde edilen kirliliğin yaklaşık %35’i iç ortam kaynaklı iken geri kalan %65’lik dilimin dış ortamlardan kaynaklandığı görülmektedir.



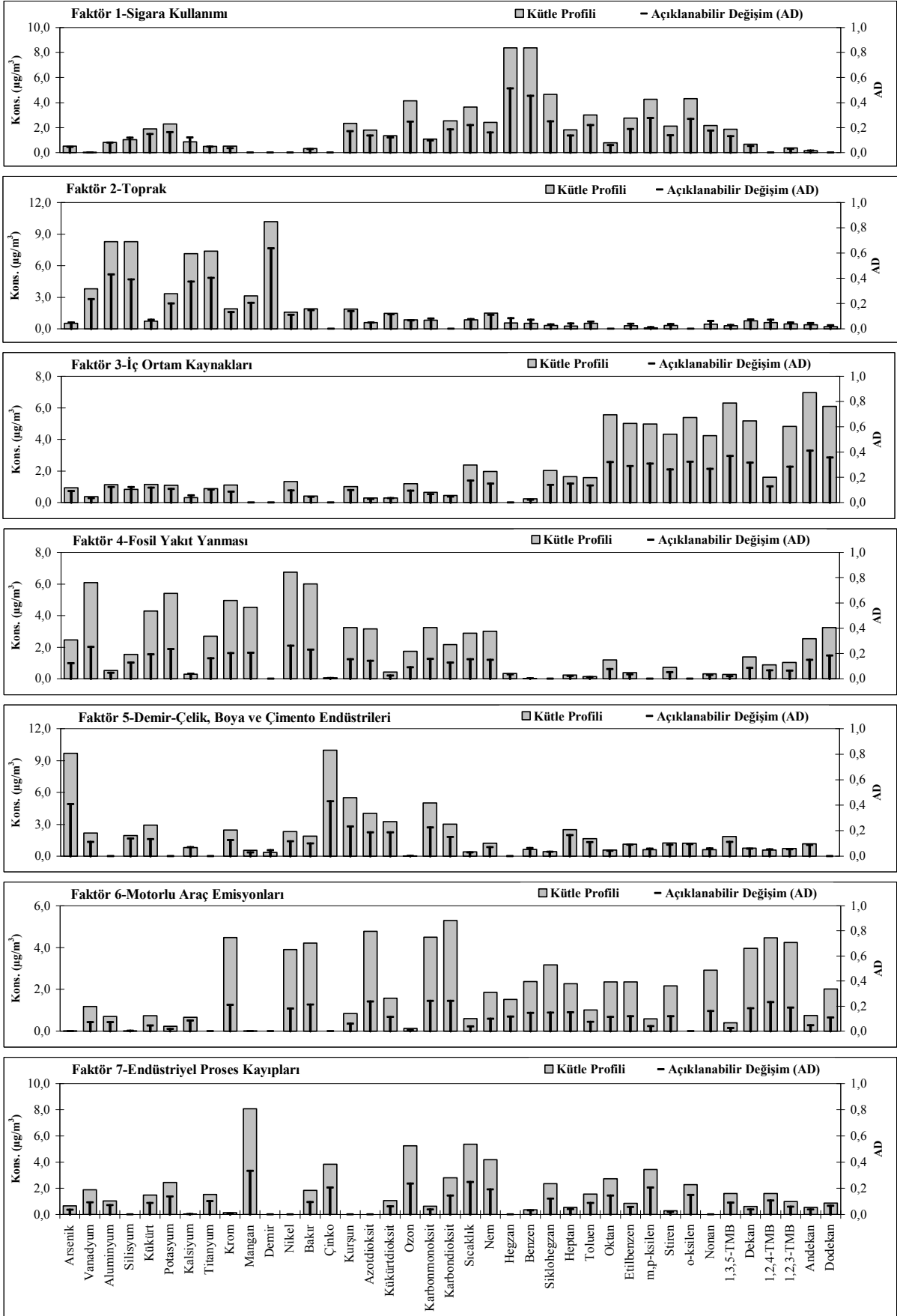
Şekil 8.13. Ofis ve Okullar için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM10 Partikül Fraksiyonu)



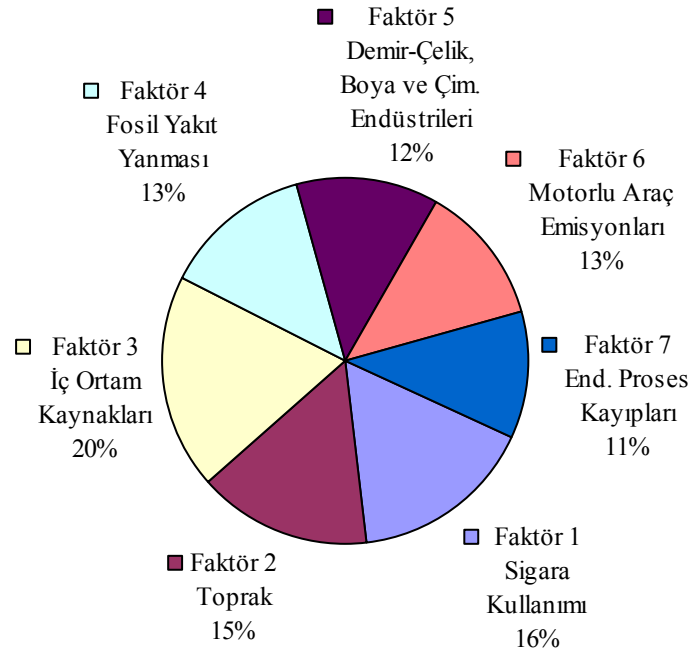
Şekil 8.14. Ofis ve Okullar için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



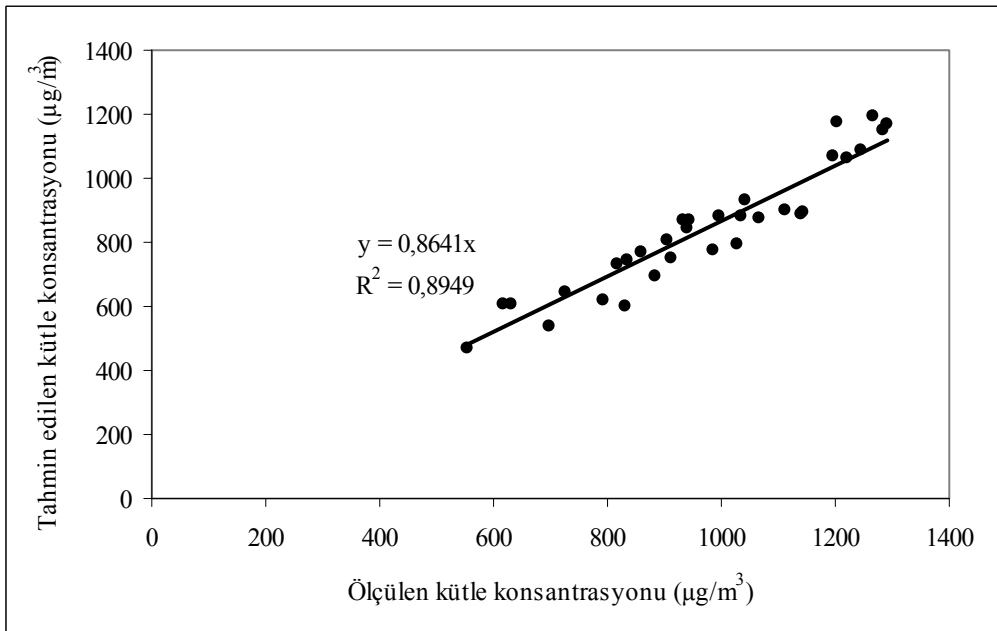
Şekil 8.15. Ofis ve Okullarda İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM10 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 8.16. Ofis ve Okullar için İç Ortam PMF Sonuçları - (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 8.17. Ofis ve Okullar için İç Ortam Kaynak Katkı Oranları (%) – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)



Şekil 8.18. Ofis ve Okullarda İç Ortam için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki – (PM2.5 Partikül Fraksiyonu)

8.3. Kişisel Maruziyet Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi

Kişisel Maruziyet veri setine uygulanan PMF modeli sonucunda elde edilen “Kütle Profilleri” ve “Açıklanabilir Değişimler” Şekil 8.19’da görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi gözlenen kişisel maruziyet kirlilik düzeylerine 6 kaynak etki etmektedir. Burada her bir kaynak kirliliğe neden olan her bir kaynak profilini göstermektedir. Elde edilen kaynak profillerinin yüzdesel olarak katkı oranları Şekil 8.20’de verilmektedir. Modelden elde edilen kütle konsantrasyonları ile analizler sonucunda elde edilen kütle konsantrasyonları arasındaki korelasyonun ($R^2=0.9605$) yüksek bir değere sahip olması modelin belirlediği kaynak profillerinin güvenilirliğini göstermektedir (Şekil 8.21).

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.

Kişisel Maruziyet Kirletici Kaynakları Açıklamaları

Faktör 1: Şekil 8.19 incelendiğinde Faktör 1’de V, Hegzan, Benzen, Siklohegzan, Heptan, Toluen, Nonan, 1,3,5-Trimetilbenzen ve Dekan yüksek kütle profillerine sahip olduğu gözlenmiştir. Hem evler, hem de ofisler ve okullar için uygulanan PMF modelindeki sonuçlara benzer şekilde kişisel maruziyet veri seti PMF uygulamasında da Hexane ve Benzene bileşikleri aynı faktör altında ve yüksek kütle profillerine sahip bulunmuştur. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi sigara kullanımı ile kirletici konsantrasyonları arasındaki ilişkilerin PMF sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Benzen, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından sigara dumanının bir bileşeni olarak tanımlanmıştır (IARC, 1986). Değerlendirmeler ışığında Faktör 1 içerdiği kirleticiler nedeniyle “Sigara Kullanımı” faktörü olarak adlandırılmıştır. Faktör 1’ün kişisel maruziyet düzeyleri üzerindeki toplam payının %9 bulunmuştur (Şekil 8.20).

Faktör 2: Şekil 8.19 incelendiğinde Faktör 2’de As, V, S, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb, NO₂ ve SO₂’nin yüksek kütle profiline sahip olduğu görülmektedir. Bu faktör, iç ortam ve dış ortam veri setine uygulanan PMF model sonucuna benzer özellikler göstermektedir. Faktör 2, 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 2 bir dış ortam kirleticisi olarak “Demir-Çelik, Boya ve Çimento Endüstrileri” olarak adlandırılmıştır. Dilovası ve Gebze kaynak bölgelerinin kişisel maruziyet kirliliğindeki toplam payının %15 olduğu Şekil 8.20’de görülmektedir.

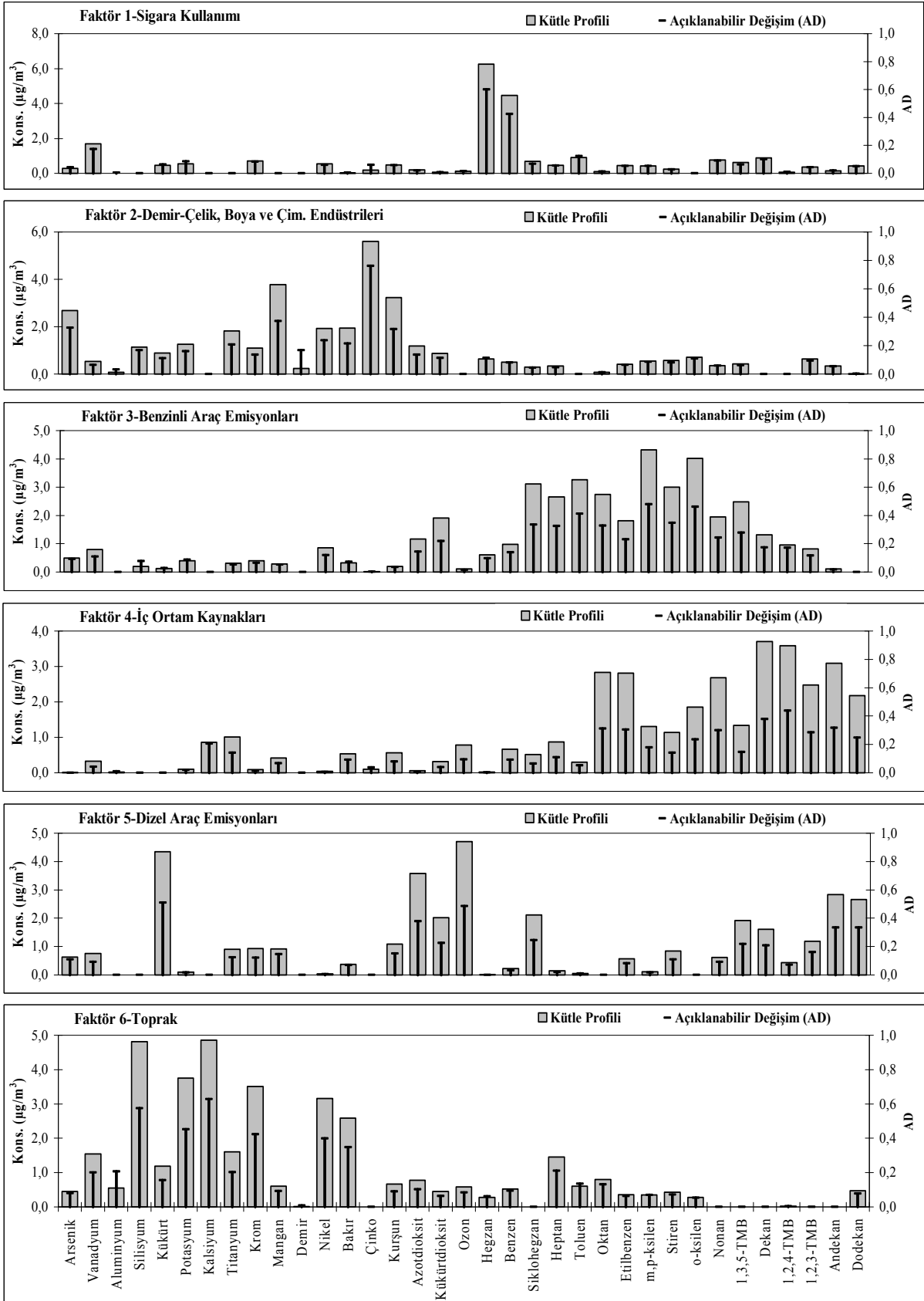
Faktör 3: Bu faktörde NO₂, SO₂, Benzen, Siklohegzan, Heptan, Toluen, Oktan, Etilbenzen, Ksilenler, Stiren, Nonan ve 1,3,5-Trimetilbenzen ve Dekan için kütle profilleri yüksek bulunmuştur. Faktör 3 altında yüksek kütle profillerine sahip kirleticilerin EPA SPECIATE veri tabanındaki “Benzinli Araç Emisyonları” için verilen kaynak profilleri ile çok uyumlu bulunmuştur. Bu faktörde benzinli araç emisyonlarının en önemli göstergesi olarak Ksilenlerin diğer UOBlere oranla yüksek kütle konsantrasyonlarına sahip olması ve toplam kütle konsantrasyonu içerisinde Ksilenlerin yaklaşık %50’si sadece bu faktör ile açıklanması kaynağın tanımlanmasında kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca bu faktörde elde edilen kaynak profili dış ortamda Benzinli Taşıt Emisyonları faktöründe elde edilen kaynak profili ile büyük benzerlik göstermektedir. Bütün bunlardan yola çıkarak Faktör 3 “Benzinli Araç Emisyonları” olarak adlandırılmıştır. Dikkat edilecek olursa iç ortamlarda dizel ve benzinli araçların emisyonları tek faktör altında görülürken dış ortam ve kişisel maruziyet veri setine uygulanan PMF modeli sonuçlarında bu faktörler ayrı ayrı görülebilmektedir. Kişilerin iç ve dış ortamlar arasındaki hareketliliğinin bu sonuca etki ettiği düşünülmektedir. Şekil 8.20’ye bakıldığında Benzinli Araçlardan kaynaklanan kirliliğin kişilerin maruz kaldığı kirlilikteki toplam payının %21 olduğu görülmektedir.

Faktör 4: Faktör 4 ağırlıklı olarak UOBlerden oluşmaktadır. Şekil 8.19’den görüldüğü gibi incelenen tüm UOBler bu faktör altında yüksek kütle profillerine sahip bulunmuştur. EPA SPECIATE veri tabanında iç ortamlara ilişkin verilen çok sayıda kaynak profili incelendiğinde 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 4 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 ürününü, ofislerde ise ofis ekipmanları ve büro mobilyalarını gösterebiliriz. Bu nedenle Faktör 4 “İç Ortam Kirletici Kaynakları” olarak adlandırılmıştır. İç ortam kirlilik kaynaklarının kişilerin maruz kaldığı kirlilikteki toplam payı %17 (Şekil 8.20) olarak belirlenmiştir.

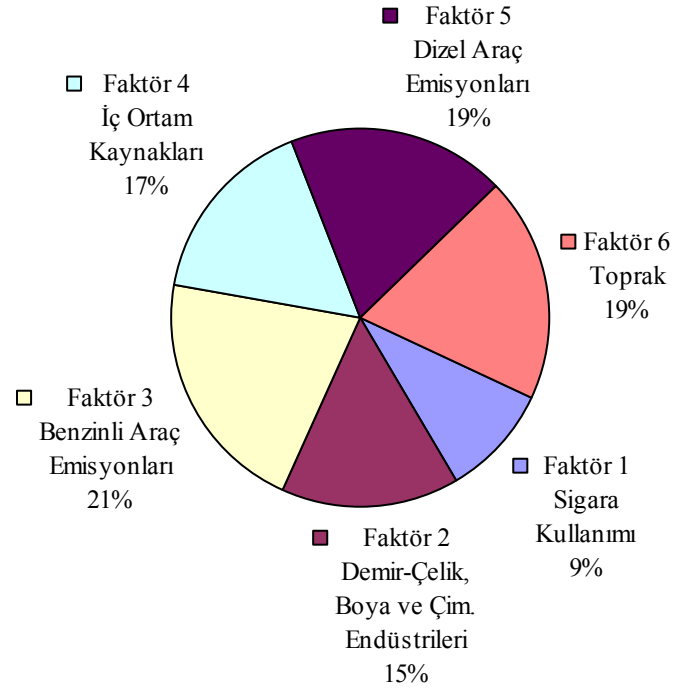
Faktör 5: Bu faktörde yüksek kütle profiline sahip kirleticiler S, Pb, SO₂, NO₂, Siklohegzan, Etilbenzen, Stiren, Nonan, 1,3,5-Trimetilbenzen, Dekan, 1,2,4-Trimetilbenzen, 1,2,3-Trimetilbenzen, Andekan ve Dodekan'dır. Bu faktör altında görülen kirleticiler dış ortam "Dizel Araç Emisyonları" faktöründe görülen kirleticilerle büyük benzerlik göstermektedir. Özellikle ağır molekül ağırlıklı UOBlerin bu faktör altında yüksek kütle profillerinde bulunması USEPA SPECIATE veri tabanındaki "Dizel Araç Emisyonları" için verilen kaynak profilleri ile çok uyumlu bulunmuştur. Dizel araçların en önemli iz bileşiklerinden olan S, SO₂, NO₂ ve ağır molekül ağırlığa sahip UOBlerin aynı faktör altında yer alması faktörün tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle Faktör 5 "Dizel Araç Emisyonları" olarak tanımlanmıştır. Kişilerin maruz kaldığı kirlilikte Dizel araç emisyonlarından kaynaklanan kirliliğin toplam payının %19 olduğu görülmektedir.

Faktör 6: Bu faktör altında V, Al, Si, K, Ca, Ti, Cr, Mn, 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 6 açık bir şekilde "Toprak" faktörü olarak tanımlanmıştır. Faktör 7'nin PM2.5 veri setinde toplam kirlilikteki payı %12 iken PM10 veri setinde %19 olması bu faktör altında gözlenen yer kabuğu elementlerinin daha çok kaba partikül boyutunda bulunma eğiliminden kaynaklanmaktadır.

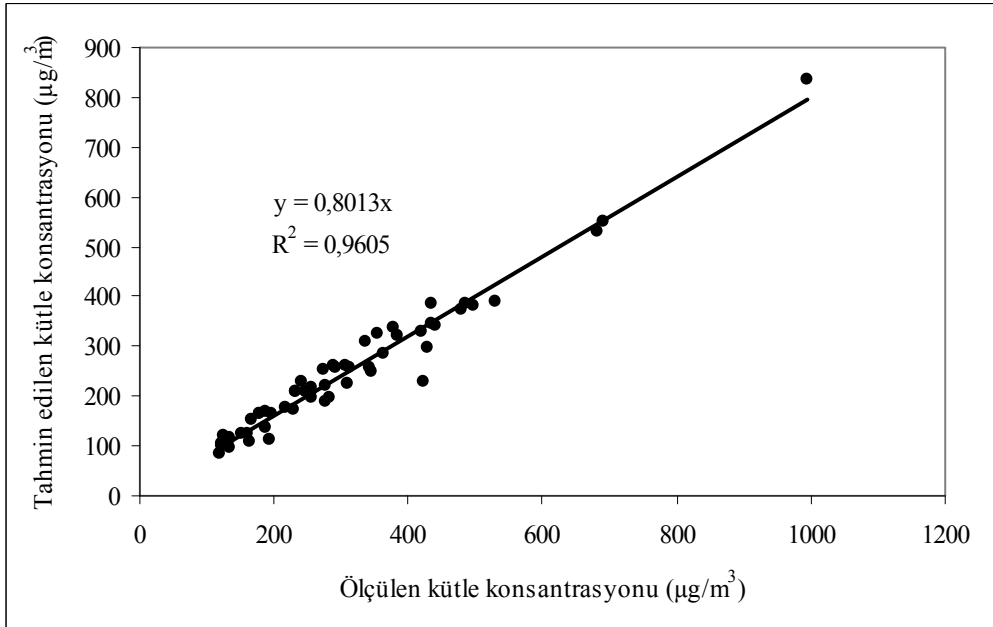
İç ortam PMF sonuçlarında evler, ofisler ve okulların iç ortamlarında elde edilen kirliliğin yaklaşık %35'inin iç ortam, %65'lik diliminin ise dış ortam kaynaklı olduğu ifade edilmişti. Aynı değerlendirmeyi kişisel maruziyet PMF sonuçları için yaptığımızda iç ortam kirlilik kaynaklarının yaklaşık %25, 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 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 8.19. Kişisel Maruziyet PMF Sonuçları



Şekil 8.20. Kişisel Maruziyet için Kaynak Katkı Oranları (%)



Şekil 8.21. Kişisel Maruziyet için Modellenen ve Tahmin Edilen Kütle Konsantrasyonları Arasındaki İlişki

BÖLÜM 9. SAĞLIK RİSK DEĞERLENDİRMESİ

İç ortam hava kalitesi günümüzde; “hasta bina sendromu” ve “bina ile ilgili hastalıklar” gibi sağlık sorunları arttıkça önem kazanmaktadır. Bu semptomlar; yorgunluk, öksürük, üst solunum yolu hastalıkları, baş ağrısı ve baş dönmesidir. (Hoddinott ve Lee, 2000). Bununla birlikte, insanlar zamanlarının büyük bir bölümünü genellikle dış ortamdaki daha yüksek konsantrasyonlara sahip olan iç ortamlarda geçirirler. Bu nedenle; iç ortam havası, hava kirleticilerine maruziyette önemli bir rol oynamaktadır. 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 neden olabilmektedir (Meininghaus ve ark., 2003).

Özellikle sanayi devriminden sonra artış gösteren hava kirliliği problemlerinin çözümü için, bilim adamları geçmişte dış ortam hava kirliliği üzerine çalışmışlardır. Ancak, son zamanlarda iç ortam hava kirliliğine ilgi artmıştır. İnsanların kirleticilere maruziyeti; solunum, deri teması ve besinlerin yenmesi yolu ile gerçekleşir. Hava kirleticilerine solunum yoluyla gerçekleşen maruziyet diğer maruziyet yollarıyla karşılaştırıldığında en önemli maruziyet yoludur. 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 ark., 2004, See ve Balasubramanian, 2006).

Risk değerlendirme metotları kullanılırken amaç belirli kimyasallar için iç ortam havası “ortalama” konsantrasyonlarının önemli bir risk oluşturup oluşturmayacağını belirlemesidir. 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 en önemli iç ortam hava kirleticileridir. Bu kirleticilere akut ve kronik maruziyetin neden olduğu birçok sağlık problemi vardır. Eser elementler ve UOBler ile ilgili iç ortamlarda bir çok farklı kaynak bulunmaktadır. Bununla birlikte bu kirleticiler için önemli bir iç ortam kaynağı da dış ortamdır. Bu nedenle iç ortam sağlık riski ve kaynak belirleme çalışmaları yapılırken iç ortamın bulunduğu dış ortamın konumu ve dış ortamdaki kirletici kaynakları dikkate alınmalıdır.

Risk bir tehlikenin oluşturabileceği muhtemel zarardır. Dolayısıyla risk değerlendirme tehlikeli bir maddeye maruz kalma sonucunda oluşabilecek istenmeyen sağlık etkilerinin belirlenmesidir. Risk değerlendirme çalışması dört aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar;

- 1-) Risk veya tehlikenin belirlenmesi,
- 2-) Toksikite Değerlendirmesi,
- 3-) Maruziyet değerlendirme,
- 4-) Tehlike veya risk karakterizasyonu olup aşağıda maddeler halinde tanımlanmaktadır (Anderson ve Albert, 1999).

1-) Risk veya tehlikenin belirlenmesi

Laboratuvar veya epidemiyoloji çalışmaları kullanılarak ilgili maddelerin tehlikelerinin belirlenmesi aşamasıdır. Daha önce bilim adamları tarafından yapılan çalışmalar neticesinde bazı kirleticiler için kanserojen etki düzeyleri bazı kirleticiler için de hem kanserojen hem de kanserojen olmayan etki düzeyleri belirlenmiştir. Çalışmamızda incelenen kirleticiler arasında hegzan, benzen, stiren, siklohegzan, toluen, etilbenzen, ksilen, metilsiklohegzan, 1,2,4-trimetilbenzen, 1,3,5-trimetilbenzen, mangan, krom, alüminyum ve titanyum bileşiklerinin kanserojen olmayan etki düzeyleri; benzen, stiren, etilbenzen, arsenik, krom, nikel ve kurşun bileşiklerinin de kanserojenik etki düzeyleri literatürlerde verilmektedir. Tablo 9.1’de bu çalışmada incelenen kirleticiler ile ilgili toksisite değerlendirme parametreleri ve kanserojenlik sınıflandırmaları verilmektedir.

2-) Toksikite değerlendirme

Risk değerlendirme çalışmalarının yapılabilmesi için birçok kimyasalın, deney hayvanları veya epidemiyoloji çalışmaları ile olası sağlık etkilerinin belirlenebilmesi için doz-cevap değerlendirme yapılmaktadır. 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 olduğu kabul edilerek risk değerlendirmesi yapılmıştır. Tablo 9.1'de bu çalışmada incelenen kirleticiler ile ilgili toksisite değerlendirme parametreleri verilmektedir.

Kanserojen olmayan bileşiklerin toksisiteleri belirlenirken RfC ve RfD değerleri kullanılır.

- $RfD = RfC \times \text{solunum hızı} / \text{vücut ağırlığı}$ (9.1)

şeklinde hesaplanabilir.

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

- $CPF = UR \times \text{vücut ağırlığı} / \text{solunum hızı}$ (9.2)

Tablo 9.1. Kirleticiler için toksisite değerlendirme parametreleri ve çeşitli kanserojenlik sınıflandırmaları

Bileşikler	^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
Benzen	3,00E-02	8,57E-03	7,80E-06	2,73E-02	^e IRIS	A	1
Stiren	1,00E+00	2,86E-01	-	5,70E-04	^f RAIS (RfC), Guo et al. 2004 (CPF)	B2	2B
Etilbenzen	1,00E+00	2,86E-01	1,10E-03	3,85E-03	IRIS (RfC), RAIS (UR)	D	2B
Hegzan	7,00E-01	2,00E-01	-	-	IRIS	-	-
Siklohegzan	6,00E+00	1,71E+00	-	-	IRIS	-	-
Toluen	5,00E+00	1,42E+00	-	-	IRIS	D	3
Ksilen	1,00E-01	2,85E-02	-	-	IRIS	D	3
Metilsiklohegzan	3,00E+00	8,57E-01	-	-	RAIS	-	-
1,2,4-trimetilbenzen	6,00E-03	1,71E-03	-	-	RAIS	-	-
1,3,5-trimetilbenzen	6,00E-03	1,71E-03	-	-	RAIS	-	-
Arsenik	-	-	4,30E-03	1,51E+01	IRIS	A	1
Krom	1,00E-04	2,86E-05	1,20E-02	4,20E+01	IRIS	A	1
Nikel	-	-	2,40E-04	8,40E-01	IRIS	A	1
Kurşun	-	-	1,20E-05	4,20E-02	^g CalEPA	B2	2B
Mangan	5,00E-05	1,43E-05	-	-	IRIS	D	-
Alüminyum	5,00E-03	1,43E-03	-	-	RAIS	-	-
Titanyum	-	8,60E-03	-	-	RAIS	-	3

^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).

3-) Maruziyet değerlendirmesi

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

$$CDI = (C \times CR \times EF \times ED) / (BW \times AT) \quad (9.3)$$

Formülde;

- $CDI = \text{Kronik Günlük Alım (mg/kg.gün)}$
- $C = \text{Konsantrasyon (mg/l, mg/kg)}$
- $CR = \text{Kontak oranı (m}^3\text{/gün)}$
- $EF = \text{Maruziyet frekansı(gün/yıl)}$
- $ED = \text{Maruziyet süresi(yıl)}$
- $BW = \text{Vücut ağırlığı (kg)}$
- $AT = \text{Ortalama maruziyet zamanı (gün)}$ alınır. Eğer kronik maruziyet söz konusu ise bu süre ortalama insan ömrü kabul edilir.

Kişisel örnekleme yapılmadığı durumlarda, kronik günlük alım değerlerinin belirlenebilmesi için iç ortam ve/veya dış ortam konsantrasyonları ve bazı modeller kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu çalışmada; iç ortam ve dış ortam örnekleme ilaveten kişisel örnekleme de gerçekleştirildiği için alım değerlerinin hesaplanmasında kişisel örnekleme sonucunda elde edilen günlük konsantrasyon değerleri doğrudan kullanılmıştır.

Bu çalışmada kronik günlük alım (CDI) hesaplamaları için Tablo 9.2’de verilen değerler kullanılmıştır.

Tablo 9.2. Çalışmada Kronik Günlük Alım Hesaplamasında Kullanılan Parametreler

Ortam	CR (m ³ /gün)	EF (gün/yıl)	ED (yıl)	BW (kg)	AT (gün)
Evler	19,92	365	70	^a 70- ^b 60	25550
Ofisler	19,92	230	30	70-60	25550
Okullar	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-) Tehlike veya Risk Karakterizasyonu

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

$$HQ = CDI/RfD \quad (9.4)$$

$$\text{Toplam risk} = \sum \text{Kirleticilerin bireysel tehlike indeksleri} \quad (9.5)$$

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

$$ELCR = CDI \times SF \quad (9.6)$$

$$\text{Toplam risk} = \sum \text{Kirleticilerin bireysel kanser riskleri} \quad (9.7)$$

9.1. Ev, Okul ve Ofislerde Kanserojenik ve Kanserojenik Olmayan Risklerin Değerlendirmesi

Çalışma kapsamında örneklenen kişilerin günlük kişisel maruziyet konsantrasyonları kullanılarak belirlenen kanser riski değerlendirmesi sonuçları ortalama değerler ve en kötü senaryo durumu için Tablo 9.3'de verilmektedir. Her 3 mikroçevrede örneklenen kişilerin ortalama konsantrasyonlarının yanı sıra bu ortamlarda elde edilen en yüksek maruziyet düzeyleri kullanılarak en kötü senaryo durumunda kanser riski hesaplamaları Tablo 9.3 ve Şekil 9.1'de verilmektedir.

Kanser Riski değerlendirme çalışmaları sonucunda elde edilen sayıların öneminin ifade edilmesinde literatürde farklı yorumlamalar 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 ark. 2004, Guo ve ark. 2004). Kanser riski olarak 1×10^{-6} değerine karşılık gelen konsantrasyonlara maruziyetin söz konusu olması durumunda 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 et al 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 baz alınarak yapılacaktır.

Evler için “Ortalama Konsantrasyonlar” göz önüne alındığında kanser risk değerlerinin, benzen, stiren, etilbenzen, arsenik ve krom kirleticilerinin her biri için bile 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 değerini aştığı görülmektedir.

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

Okullar için “Ortalama Konsantrasyonlar” göz önüne alındığında kanser risk değerlerinin, benzen, etilbenzen, arsenik ve krom kirleticilerinin her biri için bile 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.

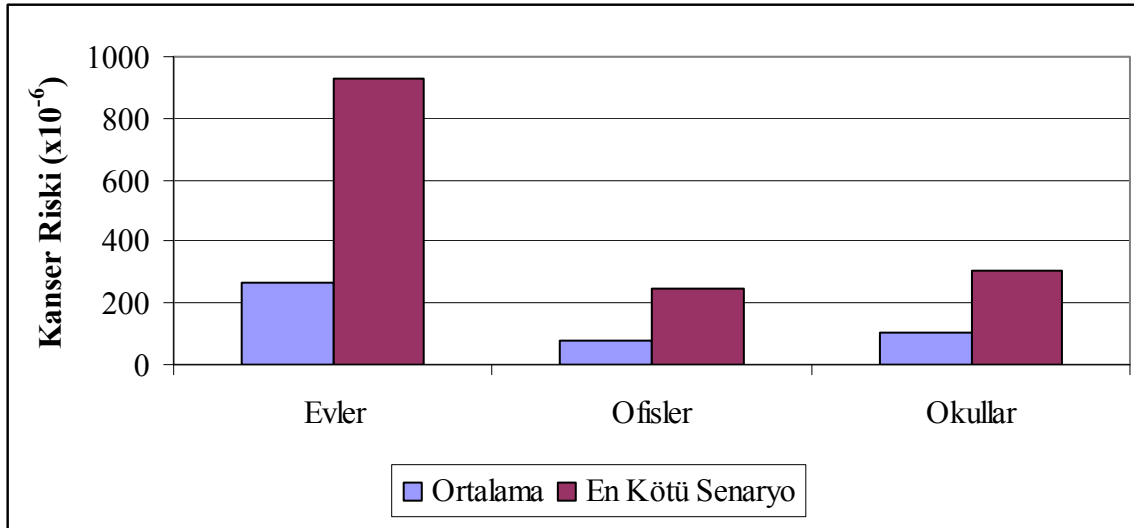
Kirleticilerin her 3 ortamda da her bir kirletici için bile hesaplanan kanser risk değerlerinin sınır değerleri aşıyor olması çalışılan bölge olan Kocaeli’de yaşayan kişilerin maruz kaldıkları kirlilik nedeniyle kanser hastalığına yakalanma risklerinin ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir. Kişilerin vakitlerinin %80’inden fazlasını iç ortamlarda geçirdiği düşünülecek olursa yaşadığımız ve çalıştığımız iç ortamların sağlığımız açısından ne kadar büyük bir risk oluşturduğunu söyleyebiliriz. Ev, ofis ve okullar için “Toplam Kanser Riski” değerleri her bir kirleticinin neden olduğu sağlık riskinin toplamları alınmak suretiyle Tablo 9.3’de verilmektedir. Ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda Toplam Kanser Riskleri evlerde sınır değerinin 268 katı ($2,68 \times 10^{-4}$, 1 milyonda 268 kişinin kanser riski taşıdığı), ofislerde sınır değerinin 77,7 katı ($7,77 \times 10^{-5}$, 1 milyonda 78 kişinin kanser riski taşıdığı), okullarda ise sınır değerinin 105 katı ($1,05 \times 10^{-4}$, 1 milyonda 105 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. Her 3 ortamda en yüksek konsantrasyonlar göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda “En Kötü Senaryo” değerleri ise, evlerde sınır değerinin 928 katı ($9,28 \times 10^{-4}$, 1 milyonda 928 kişinin kanser riski taşıdığı), ofislerde sınır değerinin 249 katı ($2,49 \times 10^{-4}$, 1 milyonda 249 kişinin kanser riski taşıdığı), okullarda ise sınır değerinin 308 katı ($3,08 \times 10^{-4}$, 1 milyonda 308 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 9.3 ve Şekil 9.1’den görülmektedir. Bunları okullardaki öğretmenler ve ofis çalışanlarının takip ettiğini söyleyebiliriz.

Tablo 9.3. Ev, Ofis ve Okullarda Kanser Risk Değerlendirmesi

Bileşikler	EVLER		OFİSLER		OKULLAR	
	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo
Benzen	9,82E-05	2,82E-04	2,58E-05	8,93E-05	3,32E-05	1,46E-04
Stiren	2,09E-06	9,73E-06	5,37E-07	1,12E-06	2,67E-07	6,22E-07
Etilbenzen	2,02E-05	7,29E-05	5,23E-06	1,09E-05	2,65E-06	5,69E-06
Arsenik	2,35E-05	1,74E-04	5,50E-06	2,73E-05	6,66E-06	2,39E-05
Krom	1,22E-04	3,84E-04	4,02E-05	1,19E-04	6,15E-05	1,30E-04
Nikel	7,31E-07	2,65E-06	2,30E-07	7,57E-07	4,01E-07	1,13E-06
Kurşun	9,24E-07	4,00E-06	2,15E-07	4,73E-07	2,46E-07	7,53E-07
ΣKanser Riski	2,68E-04	9,28E-04	7,77E-05	2,49E-04	1,05E-04	3,08E-04

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



Şekil 9.1. Ev, Ofis ve Okullarda Kanser Risk Değerlendirmesi

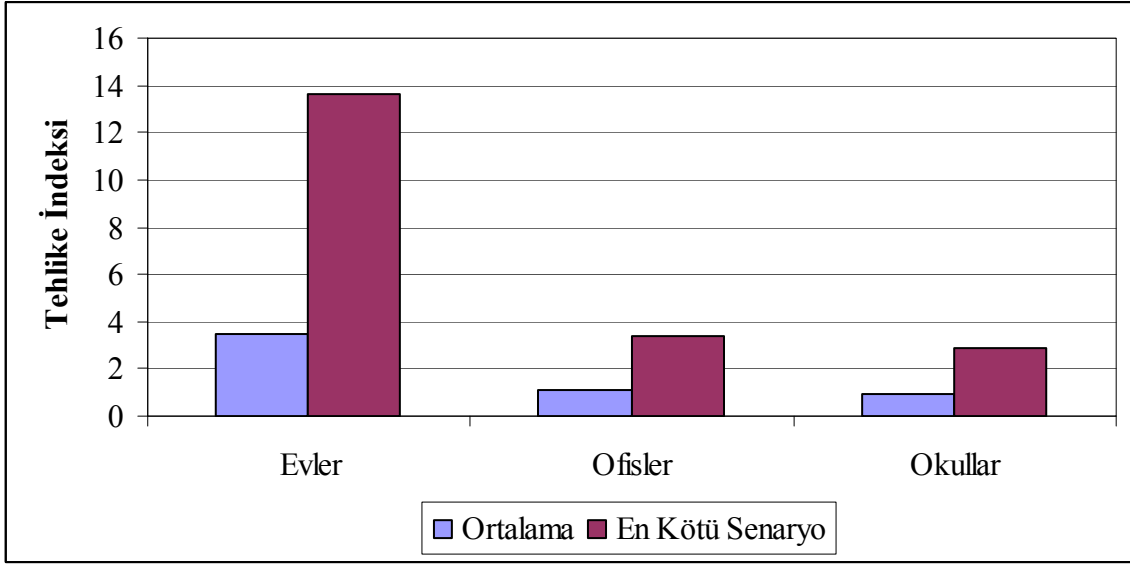
Kimyasalların kanserojenik olmayan etkilerinin belirlenebilmesi için kullanılan “Tehlike İndeksi” değeri bire eşit veya küçük ise risk önemsiz sayılır (USEPA, 2003, Hoddinott ve Lee, 2000). Ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda “Toplam Tehlike İndeksleri” evlerde sınır değer olarak kabul ettiğimiz 1’in

3,5 katı, ofislerde sınır değerin 1,06 katı, okullarda ise 0,92 bulunarak sınır değerin altında olduğu tespit edilmiştir. Her 3 ortamında en yüksek konsantrasyonları göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda “En Kötü Senaryo” değerleri ise, evlerde sınır değerin 13,6 katı, ofislerde sınır değerin 3,37 katı, okullarda ise sınır değerin 2,92 katı olduğu tespit edilmiştir. Kanserojen olmayan kirleticiler için hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo dikkate alındığında yapılan hesaplamalarda “Toplam Tehlike İndeksinin” ev hanımlarında en yüksek olduğu Tablo 9.4 ve Şekil 9.2’den görülmektedir. Bunları ofis çalışanları ve okullardaki öğretmenlerin takip ettiğini söyleyebiliriz.

Tablo 9.4. Evlerde, Ofislerde ve Okullarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

Bileşikler	EVLER		OFİSLER		OKULLAR	
	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo
Hegzan	1,73E-02	5,38E-02	5,18E-03	1,62E-02	5,15E-02	2,59E-01
Benzen	4,20E-01	1,20E+00	1,10E-01	3,82E-01	1,42E-01	6,26E-01
Stiren	1,28E-02	5,97E-02	3,30E-03	6,89E-03	1,64E-03	3,81E-03
Siklohegzan	1,70E-03	5,17E-03	3,87E-04	8,55E-04	3,07E-04	8,83E-04
Toluen	1,58E-02	7,52E-02	5,19E-03	1,75E-02	2,61E-03	5,43E-03
Etilbenzen	1,83E-02	6,62E-02	4,75E-03	9,90E-03	6,38E-03	2,81E-03
Ksilenler	3,89E-01	1,22E+00	1,26E-01	3,14E-01	5,61E-02	1,35E-01
Metilsiklohegzan	2,56E-03	6,31E-03	7,61E-04	1,71E-03	9,10E-04	4,13E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	7,44E-01	4,96E+00	3,17E-01	1,42E+00	1,87E-01	8,06E-01
1,3,5-Trimetilbenzen	8,44E-01	2,49E+00	2,10E-01	5,03E-01	1,72E-01	3,10E-01
Mangan	9,24E-01	3,08E+00	2,32E-01	5,82E-01	2,40E-01	6,37E-01
Krom	1,02E-01	3,20E-01	3,34E-02	9,90E-02	5,12E-02	1,08E-01
Aluminyum	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
∑Tehlike İndeksi	3,50	13,60	1,06	3,37	0,92	2,92

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



Şekil 9.2. Ev, Ofis ve Okullarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

9.2. Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Kanserojenik ve Kanserojenik Olmayan Risklerin Değerlendirmesi

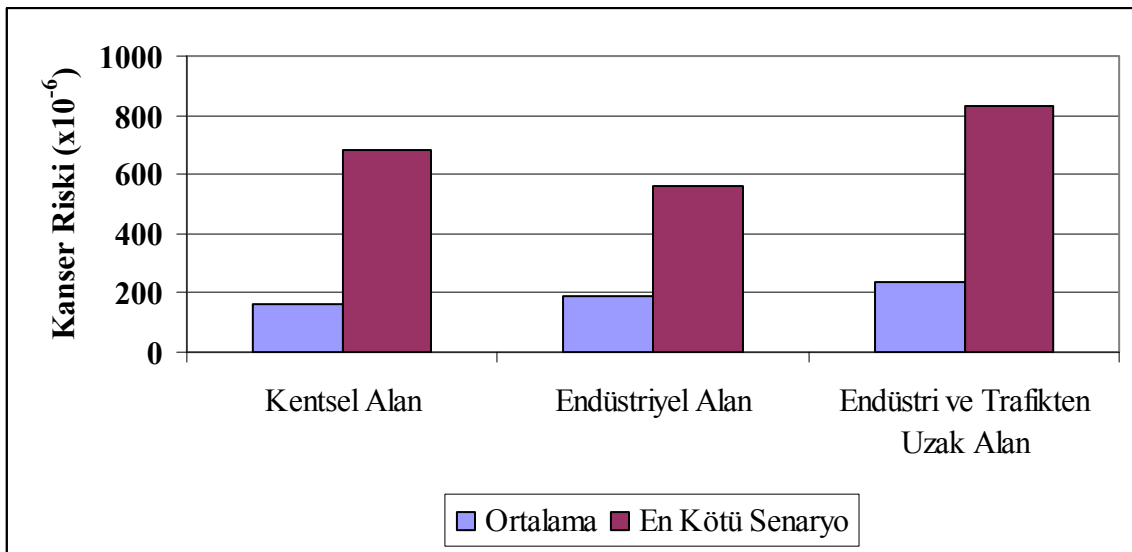
Önceki bölümde ev, ofis ve okullar için yapılan sağlık risk değerlendirmesi bu bölümde kentsel, endüstriyel, endüstri ve trafikten uzak alanlar için yapılmıştır. Kentsel, endüstriyel, endüstri ve trafikten uzak alanlar için “Toplam Kanser Riski” değerleri her bir kirleticinin neden olduğu sağlık riskinin toplamları alınmak suretiyle Tablo 9.5’de verilmektedir. Ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda Toplam Kanser Riskleri kentsel alanlarda sınır değerın 165 katı ($1,65E-04$, 1 milyonda 165 kişinin kanser riski taşıdığı), endüstriyel alanlarda sınır değerın 188 katı ($1,88E-04$, 1 milyonda 188 kişinin kanser riski taşıdığı), endüstri ve trafikten uzak alanlarda ise sınır değerın 234 katı ($2,34E-04$, 1 milyonda 234 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. Her 3 alanında en yüksek konsantrasyonları göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda “En Kötü Senaryo” değerleri ise, kentsel alanlarda sınır değerın 680 katı ($6,80E-04$, 1 milyonda 680 kişinin kanser riski taşıdığı), endüstriyel alanlarda sınır değerın 560 katı ($5,60E-04$, 1 milyonda 560 kişinin kanser riski taşıdığı), endüstri ve trafikten uzak alanlarda ise sınır değerın 832 katı ($8,32E-04$, 1 milyonda 832 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. Hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo dikkate alındığında her 3 alanda da yaşayan kişilerin birbirine yakın ve yüksek kanser riski taşıdıkları Tablo 9.5 ve Şekil 9.3’den görülmektedir. Burada dikkati çeken bir nokta endüstri ve trafikten

uzak alanlardan elde edilen kanser risklerinin diğer alanlardan yüksek olmasıdır. Kocaeli, 300'ü 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 kırsal alan olarak önemli farklılıklar göstermemiştir.

Tablo 9.5. 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
Benzen	6,69E-05	2,82E-04	6,44E-05	2,47E-04	6,23E-05	2,39E-04
Stiren	1,20E-06	5,49E-06	1,23E-06	3,51E-06	2,09E-06	9,73E-06
Etilbenzen	1,47E-05	7,29E-05	1,21E-05	4,70E-05	8,55E-06	1,87E-05
Arsenik	9,63E-06	4,97E-05	1,65E-05	7,36E-05	3,35E-05	1,74E-04
Nikel	7,18E-05	2,66E-04	9,28E-05	1,86E-04	1,26E-04	3,84E-04
Krom	4,06E-07	2,04E-06	6,26E-07	1,47E-06	6,84E-07	2,65E-06
Kurşun	4,71E-07	2,27E-06	6,64E-07	2,51E-06	9,29E-07	4,00E-06
ΣKanser Riski	1,65E-04	6,80E-04	1,88E-04	5,60E-04	2,34E-04	8,32E-04

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



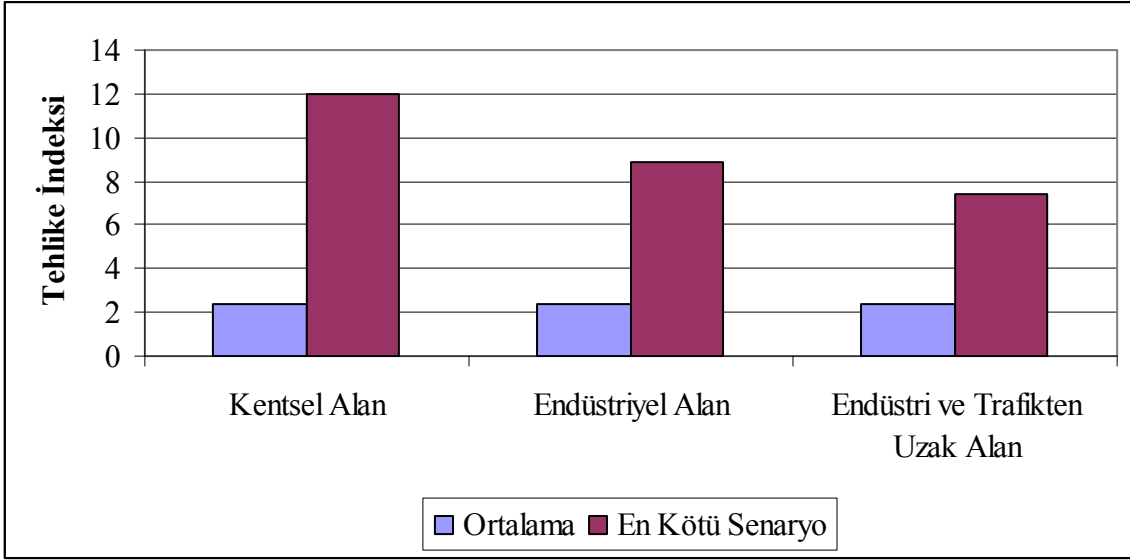
Şekil 9.3. Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Kanser Riski Değerlendirmesi

Kanserojenik olmayan etkilerinin belirlenebilmesi için kullanılan ‘‘Toplam Tehlike İndeksi’’ değerlerine ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak bakıldığında her 3 alanda da birbirine yakın olduğu ve kentsel alanlarda sınır değer olarak kabul ettiğimiz 1’in 2,35 katı, endüstriyel alanlarda sınır değerin 2,34 katı, endüstri ve trafikten uzak alanlarda ise 2,39 katı olduğu tespit edilmiştir. Her 3 alanda da en yüksek konsantrasyonları göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda ‘‘En Kötü Senaryo’’ değerleri ise, kentsel alanlarda sınır değerin 12,0 katı, endüstriyel alanlarda sınır değerin 8,9 katı, endüstri ve trafikten uzak alanlarda ise sınır değerin 7,4 katı olduğu tespit edilmiştir. Kanserojen olmayan kirleticiler için hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo dikkate alındığında yapılan hesaplamalarda ‘‘Toplam Tehlike İndeksi’’ her 3 alanda da birbirine yakın değerlere sahip olduğu Tablo 9.6 ve Şekil 9.4’de görülmektedir.

Tablo 9.6. 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
Hegzan	1,33E-02	5,38E-02	2,34E-02	2,59E-01	1,41E-02	4,25E-02
Benzen	2,86E-01	1,20E+00	2,75E-01	1,05E+00	2,66E-01	1,02E+00
Stiren	7,38E-03	3,37E-02	7,58E-03	2,15E-02	1,28E-02	5,97E-02
Siklohegzan	1,20E-03	5,17E-03	9,84E-04	3,53E-03	8,74E-04	2,70E-03
Toluen	1,08E-02	7,22E-02	1,25E-02	7,52E-02	5,41E-03	1,67E-02
Etilbenzen	1,33E-02	6,62E-02	1,10E-02	4,27E-02	7,77E-03	1,70E-02
Ksilenler	2,76E-01	1,22E+00	2,43E-01	8,67E-01	2,36E-01	7,49E-01
Metilsiklohegzan	1,61E-03	4,08E-03	2,03E-03	6,31E-03	1,58E-03	4,34E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	6,87E-01	4,96E+00	3,35E-01	1,42E+00	3,92E-01	9,83E-01
1,3,5-Trimetilbenzen	6,07E-01	2,49E+00	4,98E-01	1,85E+00	4,24E-01	1,06E+00
Mangan	3,80E-01	1,55E+00	8,42E-01	3,08E+00	9,05E-01	3,04E+00
Krom	5,98E-02	2,22E-01	7,73E-02	1,55E-01	1,05E-01	3,20E-01
Aluminyum	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
Σ Tehlike İndeksi	2,35	12,00	2,34	8,87	2,39	7,40

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



Şekil 9.4 Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlarda Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

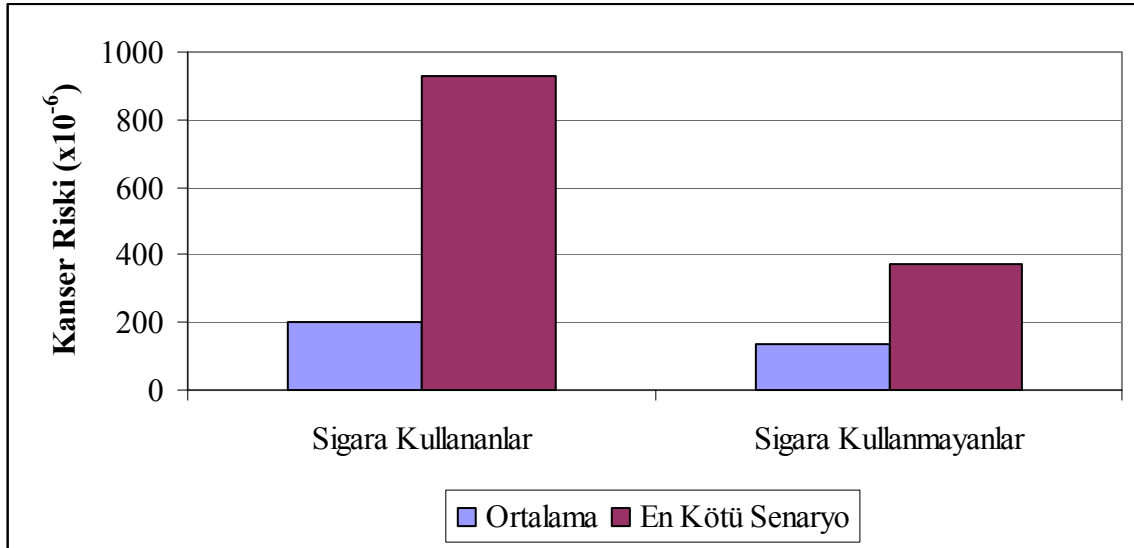
9.3. Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Kanserojenik ve Kanserojenik Olmayan Risklerin Değerlendirmesi

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 toplamı alınarak suretiyle Tablo 9.7’de verilmektedir. Ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda Toplam Kanser Riskleri sigara kullanan kişilerde sınır değerin 203 katı ($2,03E-04$, 1 milyonda 203 kişinin kanser riski taşıdığı), sigara kullanmayan kişilerde sınır değerin 139 katı ($1,39E-04$, 1 milyonda 139 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. Her 2 grubun en yüksek konsantrasyonları göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda “En Kötü Senaryo” değerleri ise, sigara kullananlarda sınır değerin 928 katı ($9,28E-04$, 1 milyonda 928 kişinin kanser riski taşıdığı), sigara kullanmayanlarda sınır değerin 375 katı ($3,75E-04$, 1 milyonda 375 kişinin kanser riski taşıdığı) olduğu tespit edilmiştir. Hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo dikkate alındığında sigara kullanan kişilerin kullanmayanlara nazaran yaklaşık %50 daha fazla kanser riski taşıdıkları Tablo 9.7 ve Şekil 9.5’den görülmektedir. Bu durum sigara kullanımının kirletici bir kaynak olarak tek başına ne kadar önemli bir sağlık riski oluşturduğunu söyleyebiliriz.

Tablo 9.7. Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Kanseri Riski Değerlendirmesi

Bileşikler	SİGARA KULLANANLAR		SİGARA KULLANMAYANLAR	
	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo
Benzen	8,11E-05	2,82E-04	3,23E-05	7,37E-05
Stiren	1,63E-06	9,73E-06	7,63E-07	2,48E-06
Etilbenzen	1,60E-05	7,29E-05	6,65E-06	1,61E-05
Arsenik	1,66E-05	1,74E-04	1,23E-05	7,36E-05
Nikel	8,67E-05	3,84E-04	8,57E-05	2,05E-04
Krom	5,28E-07	2,65E-06	4,88E-07	1,47E-06
Kurşun	5,69E-07	4,00E-06	6,72E-07	2,51E-06
ΣKanseri Riski	2,03E-04	9,28E-04	1,39E-04	3,75E-04

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



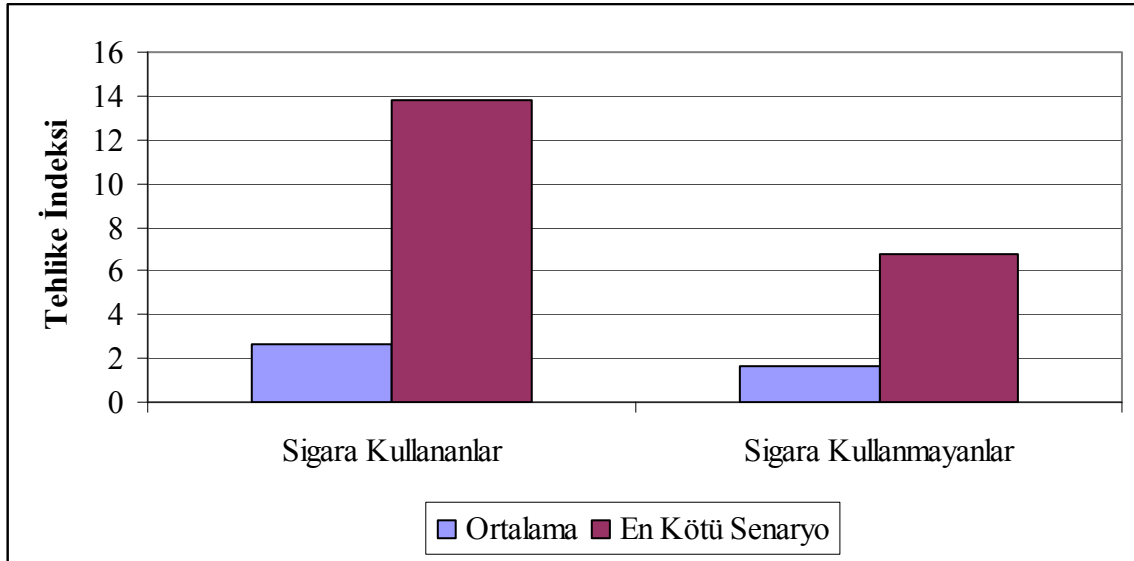
Şekil 9.5. Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Kanseri Riski Değerlendirmesi

Kanserojenik olmayan etkilerinin belirlenebilmesi için kullanılan ‘‘Toplam Tehlike İndeksi’’ değerlerine ortalama konsantrasyon değerleri göz önüne alınarak bakıldığında sigara kullananlarda sınır değeri olarak kabul ettiğimiz 1’in 2,68 katı, sigara kullanmayanlarda ise 1,65 katı olduğu tespit edilmiştir. Her 2 grubun da en yüksek konsantrasyonları göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda ‘‘En Kötü Senaryo’’ değerleri ise, sigara kullananlarda sınır değeri 13,8 katı, sigara kullanmayanlarda ise sınır değeri 6,79 katı olduğu tespit edilmiştir. Kanserojen olmayan kirleticiler için hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo dikkate alındığında yapılan hesaplamalarda ‘‘Toplam Tehlike İndeksi’’ sigara kullananlarda kullanmayanların yaklaşık 2 katı olduğu Tablo 9.8 ve Şekil 9.6’da görülmektedir.

Tablo 9.8. Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

Bileşikler	SİGARA KULLANANLAR		SİGARA KULLANMAYANLAR	
	Ortalama	En kötü senaryo	Ortalama	En kötü senaryo
Hegzan	2,10E-02	2,59E-01	6,56E-03	2,75E-02
Benzen	3,47E-01	1,20E+00	1,38E-01	3,15E-01
Stiren	9,97E-03	5,97E-02	4,68E-03	1,52E-02
Siklohegzan	1,29E-03	5,17E-03	6,47E-04	1,43E-03
Toluen	1,33E-02	7,52E-02	4,76E-03	1,14E-02
Etilbenzen	1,46E-02	6,62E-02	6,04E-03	1,46E-02
Ksilenler	3,05E-01	1,22E+00	1,61E-01	5,22E-01
Metilsiklohegzan	2,10E-03	6,31E-03	9,67E-04	3,03E-03
1,2,4-Trimetilbenzen	6,44E-01	4,96E+00	2,96E-01	1,64E+00
1,3,5-Trimetilbenzen	6,40E-01	2,49E+00	3,44E-01	9,49E-01
Mangan	6,00E-01	3,04E+00	6,11E-01	3,08E+00
Krom	7,22E-02	3,20E-01	7,13E-02	1,71E-01
Aluminyum	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
ΣTehlike İndeksi	2,68	13,8	1,65	6,79

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



Şekil 9.6. Sigara Kullanan ve Kullanmayan Kişilerde Tehlike İndeksi Değerlendirmesi

BÖLÜM 10. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

10.1. Değerlendirme

SO₂, NO₂, O₃ ve UOBler için aktif ve pasif örnekleme teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen konsantrasyonların birbirine çok yakın bulunması her 2 örnekleme tekniğinin de iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet örnekleme çalışmalarında güvenilir olarak kullanılabilceğini göstermektedir.

NO₂ için İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranlarının evlerde her 2 mevsimde de okullar ve ofislere nazaran yüksek bulunması evlerin iç ortamlarında NO₂ kirletici kaynaklarının ofis ve okullara oranla daha baskın olduğu göstermektedir. Bu oranın evlerde yüksek bulunmasına en büyük katkıyı mutfak'ta pişirme ocaklarında ağırlıklı olarak kullanılan doğalgaz sağlamaktadır. Ev, okul ve ofislerin iç ve dış ortamlarında NO₂ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranlarının 1,5'a yakın olması iç ortamlarda pişirme faaliyetlerinin dış ortamlarda da trafik yoğunluğunun etkisiyle NO₂ konsantrasyonları gündüz periyodunda yüksek olduğunu, gece periyodunda ise hem iç ortam faaliyetlerinin hem de trafiğin etkisinin azalması ile düştüğünü göstermektedir.

İkincil kirletici olan O₃'un dış ortam konsantrasyon değerlerinin iç ortamlara oranla oldukça yüksek olması bu kirleticilerin birer dış ortam kirleticisi olmasına işaret etmektedir. Ozon konsantrasyonları, NO konsantrasyonlarının yüksek olduğu trafiğin yoğun olduğu kentsel alanlarda NO'nin NO₂'ye yükseltgenmesi sırasında O₃'nun tüketilmesi nedeniyle düşük bulunurken, fotokimyasal reaksiyon süresinin tamamlandığı trafikten uzak alanlarda ise yüksek bulunmuştur. Fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle örneklenen mikroçevrelerin iç ortamlarında O₃ konsantrasyonları dış ortamlarla karşılaştırıldığında çok düşük seviyelerde seyretmektedir. Gündüz periyodunda güneş ışığının etkisiyle fotokimyasal reaksiyonların oluşumu gece periyoduna nazaran daha yüksek olduğundan O₃ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları yaz mevsiminde 5-8 aralığında, sıcaklıkların düşük seyrettiği kış mevsiminde ise 1-1,5 civarında bulunmuştur.

İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1'in çok altında bulunması SO₂'in dış ortam kaynaklı bir kirletici olduğunu ve iç ortamlarda önemli bir kaynağının bulunmadığını göstermektedir. Yaz mevsiminde özellikle trafiğin yoğun olduğu noktalarda dış ortam SO₂ konsantrasyonları yüksek bulunurken kış mevsiminde trafiğin yanısıra ısınma amaçlı olarak S içeren fosil yakıtların yakılması gözlenen SO₂ düzeylerine katkıda bulunmaktadır. Havaaların soğumasıyla fosil yakıtların ısınma amaçlı kullanılması nedeniyle kış mevsimi gece konsantrasyonları yaz

mevsimine nazaran daha yüksek bulunmuş ve SO₂ için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları kış mevsiminde 2'ye yakın bulunurken, yaz mevsiminde 5-8 aralığında bulunmuştur.

PM10 partikül fraksiyonunda belirlenen ağır metallerin büyük bir bölümü için İç Ortam/Dış Ortam oranlarının 1'den küçük bulunması dış ortam kirletici kaynaklarının iç ortam kirletici kaynaklarına daha baskın olduğunu göstermektedir. PM10 partikül fraksiyonu dikkate alındığında okulların ölçüm yapılan iç ortamlarında evler ve ofislere nazaran dış ortama açık olan yüzey alanlarının daha fazla olması, pencere ve giriş kapılarının genellikle açık tutulması nedeniyle elementlerin dış ortamlardan iç ortamlara taşınımı okullarda daha kolay olmaktadır. PM10 partikül fraksiyonunda Ni elementi için evlerin iç ortamlarında İç Ortam/Dış Ortam konsantrasyon oranlarının yaz mevsiminde 3,6 , kış mevsiminde 1,9 bulunması Ni elementinin ev iç ortamlarında önemli bir kaynağının bulunduğu işaret etmektedir.

PM2.5 fraksiyonundaki toprak kaynaklı major elementlerin iç ve dış ortam konsantrasyonlarının yüksek düzeylerde bulunması toprak kaynaklı elementlerin iç ortamlara taşınımının yüksek olduğunu göstermektedir. Ca, Si ve Al gibi toprak kaynaklı elementler PM10 partikül fraksiyonuna tutunma eğilimi gösterirken S, Pb, Zn, Cu gibi insan kaynaklı elementlerin toplam kütle içerisinde tutunma eğiliminin PM2.5 partiküllerinde ağırlık kazandığı söylenebilir. PM2.5 kişisel maruziyet düzeylerinin As, S, V, Cu ve Cr gibi yanma kaynaklı elementler için iç ortam maruziyet düzeylerinden 2–6 kat daha yüksek olması ve bazı mevsimsel farklılıklar bulunmasına rağmen İç Ortam/Dış Ortam oranlarının genellikle 0,3–0,7 aralığında bulunması gözlenen yüksek kişisel maruziyet düzeylerinde dış ortamların etkisini göstermektedir.

En yüksek UOB kirlilik düzeylerine örneklenen kişilerde rastlanırken bunu iç ortam ve dış ortam UOB kirlilik düzeyleri takip etmiştir. Her 2 mevsimde de toluen ev, ofis ve okullardaki UOB kirlilik düzeylerine en çok katkıda bulunan bileşik olurken onu etilbenzen, m,p-ksilen, stiren, nonan, hegzan, benzen, o-ksilen ve heptan bileşikleri takip etmektedir. Evlerin iç ortamlarında mutfak, oturma odası ve yatak odalarında gözlenen UOB düzeyleri birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Aynı evde yaşayan fakat biri çalışan diğeri ev kadını olan kişilerde elde edilen sonuçlar incelendiğinde çalışanların (ofis çalışanı) maruz kaldığı UOB konsantrasyonları çalışmayanların (ev kadınlarının) maruz kaldığı konsantrasyonlara nazaran oldukça yüksek bulunmuştur. Kentsel alanlarda elde edilen toplam UOB konsantrasyonlarının endüstriyel alanlarda elde edilen değerlerle uyum içinde bulunmuştur. Trafiğin belirteci olan bileşikler (BTEX, 1,2,4-trimetilbenzen) kentsel alanlarda yüksek bulunurken petrokimyanın belirteci olan hexane ve heptane bileşikleri endüstrinin yoğun olduğu alanlarda yüksek

bulunmuştur. Ayrıca kentsel ve endüstriyel alanlarda elde edilen UOB konsantrasyonlarının sanayii ve trafikten uzak alanlarda elde edilen konsantrasyonlardan yüksek olması trafik ve sanayiinin tesbit edilen UOBlere olan katkısının ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir.

Kişi/İç Ortam UOB oranlarının evler, ofisler ve okullarda 1'e yakinken İç Ortam/Dış Ortam ve Kişi/Dış Ortam UOB oranlarının 2'ye yakın olması dış ortamların iç ortam ve kişilerin maruz kaldıkları kirliliğe etkisinin olduğunu ancak iç ortamlardaki kirleticilerin tesbit edilen UOB'lerde daha baskın olduğunu göstermektedir. Ancak bu durumun oluşmasında, vaktinin büyük bir kısmını iç ortamlarda geçiren kişilerin iç ortam kirleticilerinin yanısıra dış ortamdan iç ortama taşınan kirleticilerin de katkısı olduğu unutulmamalıdır.

Yaz ve kış mevsimlerinde ev, ofis ve okulların iç ortamlarında UOBler için Gündüz/Gece konsantrasyon oranları 2 dolaylarındadır. Gerek evlerde gerekse çalışma ortamları olan ofis ve okulların iç ortamlarında gece periyoduna nazaran gündüz periyodunda daha yoğun faaliyetlerin yapılması nedeniyle gündüz UOB konsantrasyonları gece UOB konsantrasyonlarından oldukça yüksek bulunmuştur. Gündüz periyodunda araç trafiğinin de yoğun olması nedeniyle dış ortamdan iç ortama kirletici taşınımı da bu farkın meydana gelmesinde önemli bir etkidir. Evlerin iç ortamlarında gözlenen BTEX konsantrasyon düzeylerinin zamana bağlı değişimleri ofis ve okullarda gözlenen zamansal değişimlerden farklılıklar göstermektedir. Okul ve ofislerde sadece çalışma saatleri olan 08:00-18:00 arasında yoğunlaşan faaliyetler nedeniyle gündüz periyodunda yüksek UOB düzeyleri gözlenirken, evlerde faaliyetlerin geç saatlere kadar sürebilmesi nedeniyle gündüz ve gece periyotları arasında çok önemli bir değişim gözlenmemiştir. Bu nedenle pişirme faaliyetlerine, sigara kullanımına, trafiğin yoğunluğuna, pencerelerin açık olmasına ve iç ortam kirletici kaynaklarının çeşitliliğine bağlı olarak evlerde gündüz saatlerinde ani değişimler gözlenirken gece periyodunda ise gündüz düzeylerine yakın fakat daha durağan bir değişim gözlenmektedir.

NO₂ ve SO₂ için yaz/kış konsantrasyon oranları ev, ofis ve okulların iç ortam, dış ortam ve kişisel maruziyet örneklemelerinde 1'den küçük bulunması trafik yoğunluğunda ve ısınma amaçlı olarak fosil yakıtların kullanımındaki artışın kış mevsiminde NO₂ ve SO₂ konsantrasyonları üzerinde daha fazla bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Aynı durum O₃ için söz konusu olmamakta ve düşük dış ortam sıcaklıklarına bağlı olarak kış mevsiminde fotokimyasal reaksiyonların oluşmaması nedeniyle 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 bulunmuştur.

Yaz mevsiminde toprağın genellikle kuru olması nedeniyle rüzgar hızına bağlı olarak rahatlıkla taşınabilmesi, kış mevsiminde ise yağmur ve kar yağışı nedeniyle elementlerin süspansiyonunun zorlaşmasının sonucu olarak hem PM10 hem de PM2.5 partikül fraksiyonu için iç ve dış ortamlarda toprak kaynaklı elementlerin Yaz/Kış konsantrasyon oranları 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.

Evler ve ofislerde UOBler için Yaz/Kış konsantrasyon oranları iç ortam ve kişi örneklemelelerinde 1 dolaylarında bulunurken dış ortamlar için bu oran 3'e yakın bulunmuştur. Kişiler vaktinin büyük bir kısmını iç ortamlarda geçirdiklerinden birbirine yakın iç ortam ve kişisel maruziyet düzeyleri bulunurken ev ve ofislerin dış ortamlarında yaz ve kış mevsimlerinde görülen farklılığın iç ortamlarda görülmemesi ev ve ofislerin iç ortamlarında baskın UOB kirletici kaynakların bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca yaz mevsiminde dış ortam hava sıcaklıklarının daha yüksek olması nedeniyle UOBlerin daha kolay buharlaşması nedeniyle yaz mevsimi dış ortam UOB konsantrasyonları kış mevsiminden yüksek bulunmuştur. Okulların, evler ve ofislere nazaran dış ortamlara açık olan yüzey alanlarının daha fazla olması, özellikle yaz mevsiminde pencere ve kapıların daha fazla açık kalması nedeniyle dış ortam kirleticilerinin iç ortamlara rahatça taşınabilmesi ve okulların iç ortamlarında baskın bir kirletici kaynağı bulunmaması nedeniyle okul iç ortamlarında ve kişilerde gözlenen düzeyler üzerinde dış ortam kirleticilerinin etkisi büyük olmaktadır. Bunun sonucu olarak okullarda, evler ve ofislere göre daha yüksek dış ortam Yaz/Kış oranları elde edilmiştir.

Çalışmadan elde edilen NO₂, SO₂, O₃ ve PM2.5 ve PM10 partikül fraksiyonlarındaki eser elementler ve UOB düzeylerinin dünyada trafik ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerinde yapılan çalışmalarda raporlanan düzeyler ile kıyaslanabilir olduğu bulunmuştur.

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 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. Körfez bölgesinin Güneydoğu yönündeki en önemli nokta kaynak rafineri tesisidir. Benzin yapımında kullanılan kurşunlu bileşiklerin kullanımı tamamen kaldırılmasına rağmen 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 Güneydoğusunda bulunan tersane bir başka önemli nokta kaynaktır. 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 etmektedir.

Körfez Bölgesindeki örnekleme noktalarının doğu, güneydoğu yönlerinde bulunan rafineri, karbon siyahı ve LPG dolum tesisleri bu yöndeki en önemli UOB kaynakları olarak düşünülmektedir. Bu bölgedeki bir diğer hakim rüzgar yönü olan batı-kuzeybatı yönünde ise trafik dışındaki en önemli kaynak örnekleme noktalarına çok yakın mesafede bulunan motor ve sanayi yağları harmanlama ve depolama tesisidir. Körfez bölgesinde BTEX'ler dışında ağırlıklı olarak tespit edilen UOB'ler ise stiren, hegzan, siklohegzan ve nonandır.

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 çarpıcı bir şekilde görülmektedir.

İzmit şehir merkezinde yine yoğun trafiğin etkisine bağlı olarak tüm yönlerdeki baskın UOB'ler BTEX bileşikleri olarak görülmektedir. Bunların dışında özellikle hakim rüzgar yönü kuzey ve doğulu sektörler olduğunda BTEX dışında hegzan, nonan, dodekan ve siklohegzan en fazla görülen bileşiklerdir. Bu bileşiklerin kaynakları olarak bölgede yer alan üç büyük otomobil lastiği üretim tesisleri ve yan sanayileri, otomotiv sanayi, kimya sanayi ve

katı atık yakma ve depolama tesislerinin proses kaçaklarından oluşan emisyonlar olduğu düşünülmektedir.

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.

Uçucu organik bileşik kompozisyonuna bakıldığında endüstri ve trafikten nispeten uzak yerleşim bölgelerinde hakim rüzgar yönünde TEM otoyolu bulunmaktadır ve trafiğin iz bileşikleri olan BTEX ve hegzan bileşiklerinin baskın olarak yer aldığı görülmektedir. Güneydoğu yönünde TEM otoyolu, lastik üretimi ve kimya endüstrilerinin, doğu ve kuzeydoğusunda ise otomotiv endüstrisi ve katı atık yakma ve depolama tesisinin yer aldığı örnekleme noktalarında da BTEX bileşiklerinin yanısıra hegzan, nonan, dodekan ve 123-trimetilbenzen bileşikleri de dikkat çekmektedir.

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

PMF modellemesi sonucunda dış ortam kirlilik düzeylerine etki eden kaynak profilleri; 1-) Fosil yakıt yanması, 2-) Benzinli araç emisyonları, 3-) Demir-çelik, boya ve çimento endüstrileri, 4-) Rafineri ve LPG dolum tesisleri evaporatif emisyonları, 5-) Dizel araç emisyonları, 6-) Endüstriyel proses kayıpları ve 7-) Toprak olarak tanımlanmıştır.

PMF modellemesi sonucunda iç ortam kirlilik düzeylerine etki eden kaynak profilleri evler için; 1-) Toprak, 2-) Fosil yakıt yanması, 3-) Motorlu araç emisyonları, 4-) Endüstriyel proses kayıpları, 5-) Sigara kullanımı, 6-) Demir-çelik, boya ve çimento endüstrileri ve 7-) İç ortam kaynakları olarak tanımlanırken ofis ve okullar için; 1-) Sigara kullanımı, 2-) Toprak, 3-) İç ortam kaynakları, 4-) Fosil yakıt yanması, 5-) Demir-çelik, boya ve çimento endüstrileri, 6-) Motorlu araç emisyonları ve 7-) Endüstriyel proses kayıpları olarak tanımlanmıştır.

Kişisel Maruziyet veri setine uygulanan PMF modellemesi sonucunda kişisel maruziyet düzeylerine etki eden kaynak profilleri; 1-) Sigara kullanımı, 2-) Demir-çelik, boya ve çimento endüstrileri, 3-) Benzinli araç emisyonları, 4-) İç ortam kaynakları, 5-) Benzinli araç emisyonları ve 6-) Toprak olarak adlandırılmıştır.

İç ortam PMF sonuçlarında evler, ofisler ve okulların iç ortamlarında elde edilen kirliliğin yaklaşık %35'inin iç ortam, %65'lik dilimi ise dış ortam kaynaklı, kişisel maruziyet PMF sonuçlarında 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 sonucuna varılmaktadır.

Çalışma kapsamında kişisel maruziyet konsantrasyonları kullanılarak 1-) Ev, Ofis ve Okullar, 2-) Kentsel, Endüstriyel, Endüstri ve Trafikten Uzak Alanlar ve 3-) Sigara Kullanan ve Kullanmayan kişilerden oluşan gruplar için incelenen inorganik ve organik 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 3 grup için ayrı ayrı yapılmıştır.

Ev, ofis ve okullarda örneklenen kişiler için kanserojenik ve kanserojenik olmayan etkilerin belirlenebilmesi için hesaplanan "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 3 alanda da yaşayan kişilerin birbirine yakın ve yüksek kanser riski taşıdıkları söylenebilir. Hatta endüstri ve trafikten uzak alanlardan elde edilen kanser risklerinin diğer alanlardan yüksek olması dikkat çekicidir. Çok sayıda endüstri kuruluşu ile sanayileşme bakımından Türkiye'nin önde gelen bölgelerinden biri olan ve ayrıca D-100 karayolu ve TEM otoyolunun etkisi altında bulunan Kocaeli yüzölçümünün küçük olması konut alanlarının ağır trafik ve endüstri alanları ile çok yakın olması nedeniyle kentsel, endüstriyel ve kırsal alanlar arasında hesaplanan kanser riskleri bakımından önemli farklılıklar bulunmamıştır. Aynı durum kanserojenik olmayan etkilerinin belirlenebilmesi için hesaplanan "Toplam Tehlike İndeksi" değerlerinde de görülmüş ve her 3 alanda da birbirine yakın değerler bulunmuştur.

Sigara kullanan ve kullanmayan kişiler için "Toplam Kanser Riski" değerleri hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo dikkate alındığında sigara kullanan kişilerin kullanmayanlara nazaran yaklaşık %50 daha fazla kanser riski taşıdıkları gözlenmiştir. Bu durum sigara kullanımının kirletici bir kaynak olarak tek başına ne kadar önemli bir sağlık riski oluşturduğuna işaret etmektedir. Kanserojenik olmayan etkilerinin

belirlenebilmesi için hesaplanan “Toplam Tehlike İndeksi” değerleri, hem ortalama konsantrasyonlar hem de en kötü senaryo dikkate alındığında sigara kullanan kişilerde kullanmayanların yaklaşık 2 katı olduğu hesaplanmıştır.

10.2. Öneriler

Gelecekte yapılacak çalışmalar için, çalışma kapsamında temin edilecek meteoroloji istasyonu ile meteorolojik parametrelerin örneklenen her noktaya özel belirlenmesi ve böylece incelenen kirleticiler ile meteorolojik parametreler arasında daha anlamlı bir ilişkilendirme yapılması önerilmektedir.

Bu çalışmada PM2.5 kütlesinin sadece yaklaşık %30’unun analizlenebilmiştir. 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) metotlarının 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 (PM2.5, PM1.0, PM0.5 ve PM0.25) kullanılması önerilmektedir.

İç ortam ve dış ortamda yapılan örnekleme sürelerinin 1 günden 2 güne çıkarılması önerilmektedir. Bu sayede belirleme limitinin altında kalan örneklerin sayısı azalmış olacaktır. Kişisel örnekleme sürelerinin de 2 güne çıkarılması artırılması faydalı olacaktır. Yapılan çalışmadan elde edilen deneyimler ışığında kişisel örnekleyicileri 2 gün boyunca üzerlerinde bulunduracak deneklerin bulunması çok zor olacağından çalışma çok geniş bir kesime duyurularak aralarından bu işe gönül verenler seçilmelidir.

Çalışma sonucunda iç ve dış ortamlarda gözlenen kirlilik düzeylerinde en çok katkı sağlayan kaynakların endüstri ve trafik olduğu bulunmuştur. Özellikle yanma kaynaklı kirleticiler gözlenen kirlilikte ön plana çıkmaktadır. Uçucu organik bileşiklerin birçok çevresel kirletici içerisinde kirleticilerin sadece bir bölümünden meydana geldiği unutulmamalıdır. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda yanma kaynaklarından çok

miktarda atmosfere yayılan polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) bileşiklerinin de düzeylerinin belirlenmesi faydalı olacaktır.

Maruziyet değerlendirmesi için bu çalışmada yapılan sağlık risk değerlendirmesi ve kaynakların belirlenmesi model çalışmaları, gelecekte yapılacak çalışmalarda hastane kayıtlarını da içerisine alacak istatistik değerlendirme ile bütünleştirilirse çevresel kirleticilerin neden olduğu sağlık riskinin tam anlamıyla resmedileceği düşünölmektedir.

BOLUM 11. KAYNAKLAR

- 1- AAS (Austrian Academy of Science), Clean Air Commission, 2004. <http://www.oeaw.ac.at/krl/>.
- 2- Adgate, J.L., Church, T.R., Ryan, A.D., Ramachandran, G., Fredrickson, A.L., Stock, T.H., Morandi, M.T., Sexton K., 2004. Outdoor, indoor and personal exposure to VOCs in children. *Environmental Health Perspectives*, 112, 1386–1392.
- 3- Ahumada, H.T. and Whitehead, L., 2007. Personal exposures to volatile organic compounds among outdoor and indoor workers in two Mexican cities. *The Science of the Total Environment*, 376(1-3), 60–71.
- 4- Alexis, N.E., Becker, S., Bromberg, P.A., Devlin, R., Peden D.B., 2004. 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.
- 5- Anderson E.L. and Albert, R.E., 1999. *Risk Assessment and Indoor Air Quality*, Lewis Publishers, New York, USA.
- 6- Anttila, P., Paatero P., Tapper, U. and Jarvinen, O., 1995. Source identification of bulk wet deposition in Finland by positive matrix factorization. *Atmospheric Environment* 29, 1705–1718.
- 7- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), Department of Health and Human Services, 2003. Toxicological Profile Information Sheet, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>.
- 8- Baek, S-O., Kim, Y-S., Perry, R., 1997. Indoor air quality in homes, offices and restaurants in Korean urban areas-indoor/outdoor relationships. *Atmospheric Environment*, 31, 529–544.
- 9- Bakoğlu, M., Karademir, A., Ayberk, S., 2003. Partitioning characteristics of targeted heavy metals in IZAYDAS hazardous waste incinerator. *Journal of Hazardous Materials*, B99, 89–105.
- 10- Bardana, E.J. and Montanaro, A., 1996. *Indoor Air Pollution And Health*. Oregon Health Sciences University, Portland, Oregon, USA.
- 11- Barrefors, G. and Petersson, G. 1993. Assessment of ambient volatile hydrocarbons from tobacco smoke and from vehicle emissions. *Journal of Chromatography*, 643 (1-2), 71–76.
- 12- Baya, M.P., Bakeas, E.B., Siskos, P.A., 2004. Volatile organic compounds in the air of 24 Greek homes. *Indoor and Built Environment*, 13(1), 53–61.
- 13- Beauregard, D., 1994. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Toluene*. EPA-454/R-9, Final Report.

- 14- Bracho, L.R., Suh, H.H., Oyola, P., Koutrakis, P., 2002. Measurements of children's exposures to particles and nitrogen dioxide in Santiago, Chile. *The Science of the Total Environment*, 287, 249–264.
- 15- Breysse, 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., 2005. Indoor exposures to air pollutants and allergens in the homes of asthmatic children in inner-city Baltimore. *Environmental Research*, 98, 167–176.
- 16- Brunekreef, B. and Holgate, S.T., 2002. Air pollution and health. *Lancet*, 360, 1233–1242.
- 17- Bruno, P., Caselli, M., de Gennaro, G., Traini, A., 2001. 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.
- 18- Byrne, C. A., 2000. 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.
- 19- The Clean Air Act (amended through 31 December 1990) (CAA). (1991). 42 US Code 74.01-76.26. US Government Printing Office, Washington, DC.
- 20- Carlton, A.G., Turpin, J.B., Johnson, W., Buckley, B.T., Simcik, M., Eisenreich, S.J., 1999. Methods for characterization of personal aerosol exposures. *Aerosol Science and Technology*, 31, 66–80.
- 21- Chameides, W. and Walker, J.C.G., 1973. A photochemical theory of tropospheric ozone, *Journal of Geophysical Research*, 78, 8751–8760.
- 22- Chan, C.Y., Chan, L.Y., Wang, X.M., Liu, Y.M., Lee, S.C., Zou, S.C., Sheng, G.Y., Fu, J.M., 2002. Volatile organic compounds in roadside microenvironments of metropolitan Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 36, 2039–2047.
- 23- Chao, C.Y.H., Law, A., 2000. A study of personal exposure to nitrogen dioxide using passive samplers. *Building and Environment*, 35, 545–553.
- 24- Chao, C.Y.H., 2001, Comparison between indoor and outdoor air contaminant levels in residential buildings from passive sampler study. *Building and Environment* ,36, 999–1007.
- 25- Chao, C.Y., Wong, K.K.,2002. Residential indoor PM10 and PM2.5 in Hong Kong and the elemental composition, *Atmospheric Environment*, 36, 265–277.
- 26- Chatzis, C., Alexopoulos, E. C., Linos, A., 2005. Indoor and outdoor personal exposure to benzene in Athens, Greece. *The Science of the Total Environment*, 349(1-3), 72–80.
- 27- Choudhury, A.H., Gordian, M.E., Morris, S.S., 1997. Associations between respiratory illness and PM10 air pollution. *Archives of Environmental Health*, 52, 113–117.

- 28- Clayton, C.A., Perritt, R.L., Pellizzari, E.D., Thomas, K.W., Withmore, R.W., 1993. 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.
- 29- Crutzen, P.J., 1973. A discussion of the chemistry of some minor constituents in the stratosphere and troposphere, *Pure and Applied Geophysics*, 106, 1385–1399.
- 30- Curtis, I., Rea, W., Smith-Willis, P., Fenyves, E., Pan, Y., 2006. Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment International*, 32, 815–830.
- 31- Cox, R. M., 2003. 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.
- 32- De Nevers, N., 1995. *Air Pollution Control Engineering*, McGraw-Hill, Inc., New York, USA.
- 33- Denier van der Gon H.A.C., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Scaap, M., 2007. A revised estimate of copper emissions from road transport in UNECE-Europe and its impact on predicted copper concentrations. *Atmospheric Environment*, 41, 8697–8710.
- 34- Drakou, G., Zerefos C., Ziomas, I., Voyatzaki, M., 1998, Measurements and numerical simulations of indoor O₃ and NO_x in two different cases. *Atmospheric Environment*, 32, 595–610.
- 35- EU (European Union), Council Directive, 1999/30/EC
- 36- EU (European Union), Council Directive, 2002/3/EC
- 37- Finlayson-Pitts, B.J. and Pitts, Jr. J.N., 1997. Tropospheric air pollution: ozone, airborne toxics, polycyclic aromatic hydrocarbons, and particles. *Science*, 276, 1045–1052.
- 38- Gordon, G.E., 1980. Receptor models. *Environmental Science and Technology*, 14, 792–800.
- 39- Gordon, G.E., 1988. Receptor models. *Environmental Science and Technology*, 22(10), 1132–1142.
- 40- Gorecki, T. and Namiesnik, J., 2002. Passive sampling. *Trends in Analytical Chemistry*, 21(4), 276–290.
- 41- Guo, H., Lee, S.C., Li, W.M., Cao, J.J., 2003. Source characterization of BTEX in indoor microenvironments in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 37, 73–82.
- 42- Guo, H., Lee, S.C., Chan, L.Y., Li, W. M., 2004. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments, *Environmental Research*, 94, 57–66.

- 43- Güler Ç. ve Çobanoğlu Z., 1994. Kapalı Ortam Hava Kirlenmesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No:9, Ankara.
- 44- Hays, S.M., Gobbell, R.V., Ganick, N.R., 1995. Indoor Air Quality: Solutions and Strategies. McGraw-Hill, Inc., New York, USA.
- 45- Henry, R.C., Lewis, C.W., Hopke, P.K., Williamson, H.J., 1984. Review of receptor model fundamentals. Atmospheric Environment, 18(8), 1507–1515.
- 46- Ho, K.F., Lee, S.C., Chiu, G.M.Y., 2002. Characterization of selected volatile organic compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons and carbonyl compounds at a roadside monitoring station. Atmospheric Environment, 36, 57–65.
- 47- Hoddinott, K.B. and Lee, A.P., 2000. The use of environmental risk assessment methodologies for an indoor air quality investigation, Chemosphere 41, 77–84.
- 48- Ilgen, E., Karfich, N., Levsen, K., Angerer, J., Schneider, P., Heinrich, J., Wichmann, H.E., Dunemann, L., Begerow, J., 2001. Aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment: Part I. Indoor versus outdoor sources, the influence of traffic. Atmospheric Environment, 35, 1235–1252.
- 49- International Agency for Research on Cancer (IARC). (1986). Tobacco Smoking. As evaluated in IARC Monographs, Lyon, France 38, 1–421.
- 50- Jenkins, R., Gould, R.W., Gedeke D., 1981. Quantitative X- Ray Spektrometry. Marcel and Dekker Inc., New York–USA.
- 51- Jones A.P., 1999. Indoor air quality and health. Atmospheric Environment 33, 4535–4564.
- 52- Juntto, S., Paatero, P., 1994. Analysis of daily precipitation data by positive matrix factorization. Environmetrics 5, 127–144.
- 53- Kackstaetter, U.R. and Heinrichs, G., 1997. Validity of lowcost laboratory geochemistry for environmental applications. Water, Air and Soil Pollution, 95, 119–131.
- 54- Karaca, F., Alagha, O., Ertürk, F., 2005. Statistical characterization of atmospheric PM10 and PM2.5 concentrations at a non-impacted suburban site of Istanbul, Turkey. Chemosphere, 59 (8), 1183–1190.
- 55- Karpuzcu M., 2004. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Neşriyat, İstanbul.
- 56- Kousa, A., Monn, C., Rotko, T., Alm S., Oglesby L., Jantunen M.,J., 2001. 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.
- 57- Kuntasal Oğuz, Ö., 2005. 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.

- 58- Lagrega M.D., Buckingham, P.L., Evans, J.C., 1994. Hazardous Waste Management, 837–885. McGraw Hill, New York, USA.
- 59- 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., 2004. Personal exposures and microenvironment concentrations of PM_{2.5}, VOC, NO₂ ve CO in Oxford, UK, Atmospheric Environment, 38, 6399–6410.
- 60- Lee, H. S., Kang, B-W., Cheongs, J-P., Lee, S.-K., 1997, Relationships between indoor and outdoor air quality during the summer season in Korea, Atmospheric Environment, 31 (11), 1689–1693.
- 61- Lee, S.C., Chang, M., 2000. Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong, Chemosphere, 41, 109–113.
- 62- Lee, S.C., Li, W-M., Ao, C-H., 2002. Investigation of indoor air quality at residential Homes in Hong Kong–case study. Atmospheric Environment, 36(2), 225–237.
- 63- Lewne, M., Cyrus, J., Meliefste, K., Hoek, G., Brauer, M., Fischer, P., Gehring, U., Heinrich, J., Brunekreef, B., Bellander, T., 2004, Spatial variation in nitrogen dioxide in three European areas. The Science of the Total Environment 332, 217–230.
- 64- Li, W.M., Lee, S.C., Chan, L.Y., 2001. Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong. The Science of the Total Environment, 273, 27–40.
- 65- Lin, Y.P., Teng, T.P., Chang, T.K., 2002. Multivariate analysis of soil heavy metal pollution and landscape pattern in Changhua County in Taiwan. Landscape and Urban Planning, 62, 19–35.
- 66- Long, C.M., Sarnat, J.A., 2004. 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.
- 67- McDermott, H.J., 2004. Air Monitoring for Toxic Exposures. John Willey&Sons, Inc., 2nd Edition, New York, USA.
- 68- Meininghaus, R., Kouniali, A., Mandin, C., Cicolella, A., 2003. Risk assessment of sensory irritants in indoor air—a case study in a French School, Environmental International, 28, 553–557.
- 69- Miller, S.L., Anderson, M.J., Daly, E.P., Milford, J.B., 2002. Source apportionment of exposure to volatile organic compounds. I. Evaluation of receptor models using simulated exposure data. Atmospheric Environment, 36, 3629–3641.
- 70- Mirici, A. ve Tutar, Ü., 2002. İnhale edilen partikülün solunum sistemindeki serüveni. Toraks Dergisi, Cilt 3, Ek 2, 3–6.
- 71- Monn, C.H., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., Wanner, H.U., 1997. Particulate matter less than 10 µm (PM₁₀) and fine particles less than 2.5

- μm (PM_{2.5}): relationships between indoor, outdoor and personal concentrations. *The Science of the Total Environment*, 208, 15–21.
- 72- Monn, C., Brandli, O., Schindler C., Ackermann-Liebrich U., Leuenberger, P. 1998. Personal exposure to nitrogen dioxide in Switzerland. *The Science of the Total Environment*, 215, 243–251.
- 73- Monn C., 2001. 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.
- 74- Moriske, H.-J., Drews, M., Ebert, G., Menk, G., Scheller, C., Schondube, M., Konieczny, L., 1996. Indoor air pollution by different heating systems: coal burning, open fire place and central heating. *Toxicology Letters*, 88, 349–354.
- 75- Na, K., Sawant, A.A., Cocker, D.R., 2004. 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.
- 76- NJDEP (New Jersey Department of Environmental Protection), 1994. Guidance on Preparing a Risk Assessment for Air Contaminant Emissions. Available at <http://www.state.nj.us/dep/aqpp/downloads/techman/1003.pdf>.
- 77- Okamoto, S., Hayashi, M., Nakajima, M., Kainuma, Y., Shiozawa K., 1990. A factor analysis-multiple regression model for source apportionment of suspended particulate matter. *Atmospheric Environment*, 24A, 2089–2097.
- 78- Ölmez, I., Beal, J.W., Villaume, J.F., 1994. A new approach to understanding multiple-source groundwater contamination: factor analysis and chemical mass balances, *Water Research*, 28(5), 1095–1101.
- 79- Paatero, P. and Tapper, U., 1994. Positive matrix factorization: a nonnegative factor model with optimal utilization of error estimates of data values. *Environmetrics* 5, 111–126.
- 80- Paatero, P., 1997. Least square formulation of robust non-negative factor analysis. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 37, 23–35.
- 81- Paatero, P., 2000. User's guide for positive matrix factorization programs PMF2 and PMF3, Part 1: Tutorial.
- 82- Paatero, P., 2002. User's guide for positive matrix factorization programs PMF2 and PMF3, Part 2: Reference.
- 83- Park, E.S., 1997. *Multivariate Receptor Modeling from a Statistical Science Viewpoint*, Ph.D. Thesis, Texas A&M University, USA.
- 84- Pauluhn, J., 1999. Hazard identification and risk assessment of pyrethroids in the indoor environment. *Toxicology Letters* 107, 193–199.

- 85- Peden, D.B., 2001. Air pollution in asthma: effect of pollutants on airway inflammation. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*, 87(6), 12–17.
- 86- 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.
- 87- Pope, C.A III, 1991. Respiratory hospital admissions associated with PM10 pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys. *Archives of Environmental Health*, 46(2), 90–97.
- 88- Probert, S.M., 2000. Community Sampling of Volatile Organic Compounds in the Capital Health Region: A Health Perspective. Ms Thesis. Department of Civil and Environmental Engineering. University of Alberta, Alberta, Canada.
- 89- Rodrics, J.V., Brett, S.M., Wrenn, G.C., 1987. Significant risk decisions in Federal regulatory agencies, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 7, 307–320.
- 90- Quackenboss, J.J., Lebowitz, M.D., Crutchfield, C.D., 1989. Indoor-outdoor relationships for particulate matter: exposure classifications and health effects. *Environment International*, 15, 353–360.
- 91- Qin, Y., Oduyemi, K. and Chan, L. Y., 2002. Comparative testing of PMF and CFA models. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 61, 75–87.
- 92- Ragosta, M., Caggiano, R., Macchiato, M., Sabia, S., Trippetta, S., 2008. Trace Elements in daily collected aerosol: level, characterization and source identification in a four-year study. *Atmospheric Research*, doi: 10.1016/j.atmosres.2008.01.009.
- 93- RSHM, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı, Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü. 2004. Hava Kirliliğine Genel Bakış, 60 sayfa.
- 94- Sax, S.N., Bennet, D.H., Chillrud, S.N., Kinney, P.L., Spengler, J.D., 2004. 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.
- 95- Schauer, J.J., Rogge, W.F., Hildemann, L.M., Mazurek, M.A., Cass, G.R., Simoneit B.R.T., 1996. Source apportionment of airborne particulate matter using organic compounds as tracers. *Atmospheric Environment*, 30, 3837–3855.
- 96- Scheff, P.A., Wadden, R.A., Bates, B.A., Aronian, P.F. 1989. Source fingerprints for receptor modeling of volatile organics. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 39, 469–478.
- 97- Schneider, P., Gebefügi, I., Richter, K., Wölke, G., Scnelle, J., Wichmann, H.E., Heinrich, J., 2001. Indoor and outdoor BTX levels in German cities. *The Science of the Total Environment*, 267(1-3), 41–51.

- 98- Sheffield A.E., Gordon G.E., Currie L.A., Riederer G.E., 1994. Organic, elemental and isotopic tracers of air pollution sources in Albuquerque, NM. *Atmospheric Environment*, 28, 1371–1384.
- 99- Seaton, A., MacNee, W., Donaldson, K., Godden, D., 1995. Particulate air pollution and acute health effects. *Lancet*, 345, 176–178.
- 100- See, S.W. and Balasubramanian, R., 2006. Risk assessment of exposure to indoor aerosols associated with Chinese cooking. *Environmental Research*, 102, 197–204.
- 101- Son, B., Breyse, P., Yang, W., 2003. Volatile organic compounds concentrations in residential indoor and outdoor and it's personal exposure in Korea. *Environment International*, 29(1), 79–85.
- 102- Spengler, J., Sundell, J., Tanabe, S., Nazaroff, B., 2006. Editorial: Deadly household pollution: a call to action. *Indoor Air*, 16(1), 2–3.
- 103- Stranger, M., Potgieter-Vermaak, S.S., Grieken, R. V., 2007. Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium. *Environment International* 33, 789–797.
- 104- Tam, B.N. and Neumann, C.M., 2004. A human health assessment of hazardous air pollutants in Portland, OR. *Journal of Environmental Management*, 73, 131–45.
- 105- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 1986
- 106- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ozon kirliliği ve ozon tabakasındaki delinmeler. www.cevreorman.gov.tr/hava_05.htm
- 107- Thatcher, T.L. and Laytol, D.W., 1995. Deposition, re-suspension and penetration of particles within a residence. *Atmospheric Environment*, 29, 1487–1497.
- 108- Tovalin-Ahumada, H. and Whitehead, L., 2007. Personal exposures to volatile organic compounds among outdoor and indoor workers in two Mexican cities. *The Science of the Total Environment*, 376, 60–71.
- 109- Tünay, O. ve Alp, K., 1996. Hava Kirlenmesi Kontrolü, İstanbul Ticaret Odası, Ç.M.O.,Yayın no:1996-36, İstanbul.
- 110- UNFCCC (United Nations Framework Convencion of Climate Change), 2005. <http://unfccc.int/>
- 111- Unobe, M.O., 2003. Indoor Air Quality in Admonton Public Schools, Elk Island Public Schools and Elk Island Catholic Schools: Ventilation And Comfort Parameters. Ms Thesis. Department of Civil and Environmental Engineering. University of Alberta, Alberta, Canada.
- 112- USEPA (United States Environmental Protection Agency), <http://www.epa.gov/ttn/naaqs/>

- 113- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1989. 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.
- 114- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1991a. Indoor Air Quality: Sick Building Syndrome (EPA/402-F-94-004). Indoor Air Group, Research Triangle Park, North Carolina, USA.
- 115- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1991b. Risk Assessment for Air Pollutants: A Citizen's Guide. EPA-450/3-90-024. Air Risk Information Support Center, Research Triangle Park, NC, USA.
- 116- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1996. SW-846, Method 8000B Determinative Chromatographic Separations.
- 117- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2003. Integrated Risk Information System (IRIS), Available at <http://www.epa.gov/iriswebp/iris/>
- 118- USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2006. SPECIATE data-base, version 4.0. <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/speciate/index.html>.
- 119- Verschueren, K., 1977. Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Von Nostrand Reinhold Company, New York, USA.
- 120- Vega, E., Mugica, V., Carmona, R., Valencia, E., 2000. Hydrocarbon source apportionment in Mexico City using the chemical mass balance receptor model. Atmospheric Environment, 34, 4121–4129.
- 121- Wadden, W. A. and Scheff P. A., 1983. Indoor Air Pollution Characterization, Prediction and Control, John Willey & Sons, Inc., USA.
- 122- Wallace, L., 1996. Indoor Particles: A Review. Journal of the Air & Waste Management Association, 46(2), 98–126.
- 123- Watson, J.G., Chow, J.C., Fujita, E.M. 2001. Review of volatile organic compound source apportionment by chemical mass balance. Atmospheric Environment, 35, 1567–1584.
- 124- Watson, J.G., Zhu, T., Chow, J.C., Engelbrecht, J., Fujita, E.M., Wilson, W.E., 2002. Receptor modeling application framework for particle source apportionment, Chemosphere, 49, 1093–1136.
- 125- World Health Organization, WHO, <http://www.who.int/peh/>
- 126- World Health Organization, WHO, 1977. Oxides of Nitrogen, Environmental Health Criteria 4, Geneva.
- 127- World Health Organization, WHO, 1979. Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter, Environmental Health Criteria 8, Geneva.

- 128- World Health Organization, WHO, 1997. Nitrogen Oxides, Environmental Health Criteria 188, Geneva.
- 129- Yatın, M., Tuncel, S., Aras, N.K., Olmez, I., Aygun, S., Tuncel, G., 2000. Atmospheric trace elements in Ankara, Turkey: 1. factors affecting chemical composition of fine particles. *Atmospheric Environment*, 34 (8), 1305–1318.
- 130- Yatkin, S. ve Bayramoğlu, A., 2008. Determination of major natural and anthropogenic source profiles for particulate matter and trace elements in İzmir, Turkey. *Chemosphere*, 71, 685–696.
- 131- Zabiegala, B., Gorecki, T., Przyk, E., Namiesnik, J., 2002. Permeation passive sampling as a tool for the evaluation of indoor air quality. *Atmospheric Environment*, 36(17), 2907–2916.
- 132- Zhao, Z., Zhang, Z., Wang, Z., Ferm, M., Liang, Y., Norback, D., 2008. Asthmatic symptoms among pupils in relation to winter indoor and outdoor air pollution in schools in Taiyuan, China. *Environmental Health Perspectives*, 116, 90–97.
- 133- Zuraimi, M.S., Roulet, C.A., Tham, K.W., Sekhar, S.C., Cheong, D.K.W., Wong, N.H., Lee K.H., 2006. A comparative study of VOCs in Singapore and European office buildings. *Building and Environment*, 41, 316–329.

BOLUM 12. EKLER

EK 1. ANKET ÇALIŞMASI VE ZAMAN-AKTİVİTE ÇİZELGESİ - EVLER

EK 2. ANKET ÇALIŞMASI VE ZAMAN-AKTİVİTE ÇİZELGESİ – OFİSLER

EK 3. ANKET ÇALIŞMASI – OKULLAR

EK 4. PROJEDEN YAPILAN YAYINLAR

EK 1. ANKET ÇALIŞMASI VE ZAMAN-AKTİVİTE ÇİZELGESİ - 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 cevaplama dan 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					
5					
6					
7					

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 evinizdeki 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 belirtmişsiniz? .

.....

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 :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**KOCAELİ'DE EVLERDE, OFİSLERDE VE OKULLARDA İÇ ORTAM HAVA
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

ANKET ÇALIŞMASI

ZAMAN-AKTİVİTE ÇİZELGESİ - EV KATILIMCISI

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. Kimyasal 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 yaptığınız 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 kullandığınız 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						

EK 2. ANKET ÇALIŞMASI VE ZAMAN-AKTİVİTE ÇİZELGESİ - 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 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 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

Çalıştığınız ofis ile ilgili olarak eklemek istediğiniz diğer bilgiler ve yorumlarınız :

.....

.....

.....

.....

.....

**KOCAELİ'DE EVLERDE, OFİSLERDE VE OKULLARDA İÇ ORTAM HAVA
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

ANKET ÇALIŞMASI

ZAMAN-AKTİVİTE ÇİZELGESİ - OFİS KATILIMCISI

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. Kimyasal 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 yaptığınız 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 kullandığınız 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						

EK 3. 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 cevaplama 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 kutuyu 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 malzemedden 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 kaçar 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?.....

EK 4. PROJEDEN YAPILAN YAYINLAR

**TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje No: 104Y275
Proje Başlığı: Kocaeli’de evlerde, ofislerde ve okullarda iç ortam hava kalitesinin belirlenmesi
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Yrd.Doç.Dr. Hakan PEKEY (Proje Yürütücüsü), Prof.Dr. Gürdal TUNCEL, Yrd.Doç.Dr. Beyhan PEKEY, Dr. Öznur OĞUZ KUNTASAL, Dr. Abdullah ZARARSIZ, Dr.Nurettin EFE, Arş.Gör. Demet ARSLANBAŞ, Arş.Gör. Zehra BOZKURT, Arş.Gör. Güray DOĞAN, Arş.Gör. Mihriban CİVAN, Arş.Gör. Deniz GENÇ, Yrd.Doç.Dr. Aykan KARADEMİR, Yrd.Doç.Dr. Şenay ÇETİN (Araştırmacılar)
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İnönü Bulvarı, Çankaya-ANKARA
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.07.2005 – 01.01.2008
Öz (en çok 70 kelime) <p>Bu çalışmada, Kocaeli’de farklı bölgelerde ve farklı mikroçevrelerde (ev, okul, ofis), iç ve dış ortamda yapılan örneklemeler ile aktif ve pasif örnekleme ve ölçüm teknikleri kullanılarak 2 farklı partikül fraksiyonunda (PM2.5 ve PM10) 16 ağır metal (Al, As, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, S, Si, Ti, V ve Zn), uçucu organik bileşikler (UOB’ler), SO₂, NO₂ ve O₃ konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca, iç ortamda ölçülen konsantrasyonlarla maruziyet arasındaki ilişkiyi kurabilmek için, kişisel örnekleyiciler kullanılarak kişisel maruziyet düzeyleri de belirlenmiştir.</p>
Anahtar Kelimeler: İç ortam hava kalitesi , Kocaeli , Kişisel maruziyet , Sağlık risk değerlendirmesi , Uçucu organik bileşikler , PM2.5 , PM10 , Ağır metaller , Azotdioksit , Kükürtdioksit , Ozon
Projeden Yapılan Yayınlar: 1. Hakan Pekey, Demet Arslanbaş. The relationship between indoor, outdoor and personal VOC concentrations in homes, offices and schools in the metropolitan region of Kocaeli, Turkey. Water, Air, & Soil Pollution , 191 (1-4), 113-129, 2008. DOI: 10.1007/s11270-007-9610-y

2. Hakan Pekey, Beyhan Pekey, Zehra Bozkurt, Demet Arslanbaş, Güray Doğan, Gürdal Tuncel. Kocaeli İlinde Evlerin İç ve Dış Ortamlarında İnorganik Gaz Kirleticilerin Düzeylerinin Belirlenmesi. **Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu**, 30-31 Mayıs 2008.
3. Demet Arslanbaş, Hakan Pekey, Beyhan Pekey, Zehra Bozkurt, Güray Doğan, Mihriban Civan, Gürdal Tuncel. Kocaeli'nde Uçucu Organik Bileşiklerin Konsantrasyonları Üzerinde Meteorolojik Şartların Etkileri. **Çevre Sorunları Sempozyumu Kocaeli-2008**, 14-17 Mayıs 2008.
4. Zehra Bozkurt, Beyhan Pekey, Hakan Pekey, Demet Arslanbaş, Güray Doğan, Gürdal Tuncel. Aktif ve Pasif Örnekleme Teknikleriyle İnorganik Gaz Kirleticilerin İzlenmesi. **Çevre Sorunları Sempozyumu Kocaeli-2008**, 14-17 Mayıs 2008.
5. Zehra Bozkurt, Demet Arslanbaş, Hakan Pekey, Beyhan Pekey, Abdullah Zararsız, Güray Doğan, Yetkin Sönmez Dumanoglu, Abdurrahman Bayram, Nurettin Efe, Gürdal Tuncel. Kocaelinde Farklı Mikroçevrelerde Uçucu Organik Bileşikler, Ağır Metaller ve İnorganik Gaz Fazı Kirleticilerin İç ve Dış Ortam Seviyelerinin Belirlenmesi. **8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi**. 25-28 Ekim 2007. İzmir.
6. Zehra Bozkurt, Beyhan Pekey, Hakan Pekey, Güray Doğan, Gürdal Tuncel. İç Ortam Havasında İnorganik Gaz Kirleticilerin Belirlenmesi, **Ulusal Çevre Sempozyumu**, 18-21 Nisan 2007, Mersin.
7. Demet Arslanbaş, Hakan Pekey, Beyhan Pekey, Güray Doğan, Mihriban Civan, Gürdal Tuncel. Kocaelinde Farklı Mikroçevrelerde Uçucu Organik Bileşiklerin Belirlenmesi. **Ulusal Çevre Sempozyumu**. 18-21 Nisan 2007, Mersin.